

**KARLA MINACCA OSCO**

**ANÁLISE DE PARÂMETROS DE IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA,  
BIOQUÍMICOS, MORFOLÓGICOS E FUNCIONAIS EM IDOSOS  
SARCOPÊNICOS E NÃO SARCOPÊNICOS SUBMETIDOS A  
TREINAMENTO RESISTIDO CONVENCIONAL E COM  
RESISTÊNCIA ELÁSTICA: ENSAIO CLÍNICO ALEATÓRIO**

**Presidente Prudente**

**2019**

**KARLA MINACCA OSCO**

**ANÁLISE DE PARÂMETROS DE IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA,  
BIOQUÍMICOS, MORFOLÓGICOS E FUNCIONAIS EM IDOSOS  
SARCOPÊNICOS E NÃO SARCOPÊNICOS SUBMETIDOS A  
TREINAMENTO RESISTIDO CONVENCIONAL E COM  
RESISTÊNCIA ELÁSTICA: ENSAIO CLÍNICO ALEATÓRIO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e  
Tecnologia - FCT/UNESP, campus de Presidente  
Prudente, para obtenção do título de Mestre no  
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia.

**Orientador:** Prof. Dr. Luís Alberto Gobbo

**Presidente Prudente**

**2019**

O81a	<p>Oscó, Karla Minacca</p> <p>Análise de parâmetros de impedância bioelétrica, bioquímicos, morfológicos e funcionais em idosos sarcopênicos e não sarcopênicos submetidos a treinamento resistido convencional e com resistência elástica: ensaio clínico aleatório / Karla Minacca Oscó. -- Presidente Prudente, 2019 93 p.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente Orientador: Luis Alberto Gobbo</p> <p>1. Envelhecimento. 2. Ângulo de Fase. 3. Análise de vetores de impedância bioelétrica. 4. Inflamação. 5. Composição corporal. I. Título.</p>
------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

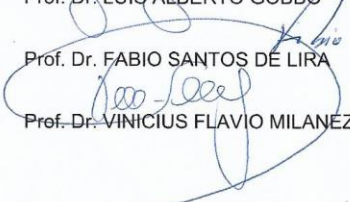
Essa ficha não pode ser modificada.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE KARLA MINACCA OSCO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE.**

Aos 13 dias do mês de fevereiro do ano de 2019, às 14:00 horas, no(a) Anfiteatro III, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. LUIS ALBERTO GOBBO - Orientador(a) do(a) Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - SP, Prof. Dr. FABIO SANTOS DE LIRA do(a) Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - SP, Prof. Dr. VINICIUS FLAVIO MILANEZ do(a) Departamento de Educação Física / UNIVERSIDADE DO OESTE PAULISTA, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de KARLA MINACCA OSCO, intitulada **Relação da análise vetorial de impedância bioelétrica com o quadro de inflamação em idosos sarcopênicos: efeito do treinamento resistido**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final:   Aprovado  . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

  
Prof. Dr. LUIS ALBERTO GOBBO

  
Prof. Dr. FABIO SANTOS DE LIRA

  
Prof. Dr. VINICIUS FLAVIO MILANEZ

*A minha mãe, Divina, minhas irmãs Juliana e Paloma e minha sobrinha Beatriz, por todo amor e carinho.*

## ***Agradecimentos***

---

*Não há palavras para descrever a alegria que venho hoje agradecer a todos que direta ou indiretamente fizeram parte nesta trajetória! Minha eterna gratidão por compartilharem esta realidade comigo.*

*Agradeço a Deus por ter me concedido saúde e força para superar as dificuldades.*

*A minha família, minhas irmãs Juliana e Paloma, minha sobrinha Beatriz, meus cunhados João Carlos e Deiwes, não menos importante minha cachorrinha Raquel, e principalmente minha mãe Divina, por todo amor, incentivo, apoio incondicional, mas que isso, nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente.*

*Ao meu orientador Prof. Dr. Luís Alberto Gobbo, pela paciência, generosidade, amizade, compreensão e acima de tudo, por acreditar no meu potencial onde muitas vezes eu mesma duvidei.*

*Aos meus amigos de Laboratório (LABSIM) por toda ajuda e companheirismo, Giovana Bertolini, Bruna Spolador, Bianca Correa, Brenda Oliveira, Carol Galan, Camila Becegato, Vanessa Santos e tantas outras pessoas com quem pude conviver nesses 4 anos de projeto. Em destaque a querida Daiane de Oliveira Macedo, pela motivação ao longo destes anos.*

*A Instituição FCT/UNESP, direção, administração, funcionários e seu corpo docente, por me proporcionarem todo conhecimento necessário no processo da minha formação profissional, em especial ao Prof. Dr. Fábio Santos Lira por todo apoio ofertado nesta trajetória.*

*A pessoas bondosas e generosas que tive sorte de ter conhecido, Eliseu, Adriene*

*e Adailton.*

*Por fim agradeço a escola Cleófano Mota, por torcerem sempre pelo meu sucesso.*

*O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.*

*Muito obrigada!*

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda  
pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”*

***Arthur Schopenhauer***



## SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	06
2. RESUMO.....	07
3. ABSTRACT.....	09
4. INTRODUÇÃO.....	11
5. REVISÃO DA LITERATURA .....	15
5.1 Avaliação da composição corporal em idosos .....	15
5.1.1 Impedância bioelétrica .....	16
5.1.1.1 Ângulo de fase .....	18
5.1.1.2 Análise de vetores .....	19
5.2 Treinamento resistido .....	22
5.3 Marcadores inflamatórios e metabólicos .....	24
6. MATERIAIS E MÉTODOS .....	28
6.1 População do estudo .....	28
6.2 Delineamento do estudo .....	29
6.3 Variáveis do estudo .....	30
6.3.1 Antropometria .....	30
6.3.2 Impedância bioelétrica e composição corporal .....	30
6.3.3 Força muscular .....	32
6.3.4 Qualidade muscular .....	32
6.3.5 Parâmetros bioquímicos .....	32
6.4 Programa de treinamento com pesos .....	33
6.4.1 Treinamento com tubos elásticos .....	34
6.4.2 Treinamento resistido em aparelhos convencionais (informações sobre volume e intensidade) .....	36
6.5 Análise estatística .....	36

7. RESULTADOS.....	38
8. DISCUSSÃO.....	55
9. CONCLUSÕES.....	60
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
11. ANEXOS.....	74

## Lista de Figuras

Figura	Título	Página
1	Representação gráfica de elipse de tolerância segundo proposta clássica	20
2	Representação gráfica de elipse de tolerância segundo proposta específica	21
3	Delineamento do estudo	30
4	Elipse de tolerância de homens e mulheres idosos Ítalo-Espanhóis	31
5	Elipses de confiança dos idosos nos momentos pré e pós-treinamento, segundo sexo e grupo geral	50
6	Elipses de confiança dos idosos nos momentos pré e pós-treinamento, segundo condição clínica e grupos de treinamento	51
7	Elipses de confiança dos idosos no momento inicial do programa de treinamento segundo grupos com valores altos ( $P > 50$ ) e baixos ( $P < 50$ ) dos marcadores TNF- $\alpha$ , IL-10 e IL-6	52
8	Elipses de confiança dos idosos no momento inicial do programa de treinamento segundo grupos com valores altos ( $P > 50$ ) e baixos ( $P < 50$ ) dos índices TNF- $\alpha$ /IL-10 e IL-6/IL-10	53
9	Elipses de confiança dos idosos no momento inicial do estudo segundo grupos classificados com valores de variação % altos ( $P > 50$ ) e baixos ( $P < 50$ ) para os marcadores inflamatórios TNF- $\alpha$ , IL-10 e IL-6	54

## Lista de Tabelas e Quadros

Tabela	Título	Página
1	Características descritivas da amostra (média e desvio-padrão) no momento inicial do programa de treinamento para variáveis idade, funcionais e de composição corporal	39
2	Características descritivas da amostra (média e desvio-padrão) no momento inicial do programa de treinamento para variáveis bioquímicas	40
3	Características descritivas da amostra no momento inicial do programa de treinamento para variáveis de impedância bioelétrica	40
4	Alteração dos valores (média e desvio-padrão) entre os momentos pré e pós-treinamento das variáveis morfológicas, funcionais, bioquímicas e de bioimpedância, segundo condição (sarcopênicos x não-sarcopênicos)	42
5	Alteração dos valores (média e desvio-padrão) entre os momentos pré e pós-treinamento das variáveis morfológicas, funcionais, bioquímicas e de bioimpedância, segundo grupo de treinamento (elástico x musculação convencional)	44
6	Análise de correlação entre variáveis de impedância bioelétrica e variáveis bioquímicas, funcionais e de composição corporal no momento inicial do estudo	46
7	Análise de correlação entre as variações percentuais entre os momentos inicial e final do estudo das variáveis de impedância bioelétrica e variáveis bioquímicas, funcionais e de composição corporal	47

## Lista de Abreviaturas e Símbolos

<b>Abreviatura/Sigla</b>	<b>Definição</b>
a	Área
ACSM	Colégio Americano de Medicina do Esporte
ACT	Água Corporal Total
AEC	Água Extracelular
AIC	Água Intracelular
arctan	Arco Tangente
BIA	Impedância Bioelétrica
BIVA	Análise de Vetores de Impedância Bioelétrica
CID	Classificação Internacional de Doenças
cm	Centímetro
DEXA	Absociometria Radiológica de Dupla Energia
DNA	Ácido Desoxirribonucléico
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
EDTA	Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético
ELISA	Ensaio de Imunoabsorção Enzimática
EST	Estatuta
FCT	Faculdade de Ciências e Tecnologia
FoxO	Fator de Transcrição Forkhead Box O
FoxO3A	Fator de Transcrição Forkhead Box O3A
FPM	Força de Prensão Manual

<b>Abreviatura/Sigla</b>	<b>Definição (cont.)</b>
GLUT	Transpostador de Glicose
GTC	Grupo de Treinamento Convencional
GTE	Grupo de Treinamento Elástico
H	Altura
HDL	Lipoproteínas de Alta Densidade
IL-10	Interleucina 10
IL-6	Interleucina 6
IMC	Índice de Massa Corporal
IMMA	Índice de Massa Muscular Apendicular
IMM	Índice de Massa Muscular
Kg	Quilo
kHz	Quilo-hertz
L	Comprimento
LABSIM	Laboratório de Avaliação do Sistema Musculoesquelético
LDL	Lipoproteínas de Baixa Densidade
LGI	Inflamação Crônica de Baixo Grau
m	Metro
M1	Momento 1 – inicial
M2	Momento 2 – final
MF-BIA	BIA Multifrequencial
MGC	Massa de Gordura Corporal
MIGO	Massa Isenta de Gordura e Osso
MLG	Massa Livre de Gordura
MME	Massa Músculo Esquelética

<b>Abreviatura/Sigla</b>	<b>Definição (cont.)</b>
mTOR	Proteína Alvo da Rapamicina em Mamíferos
NF- $\kappa$ B	Fator de Transcrição Nuclear Kappa B
Ohms	Resistência Elétrica
PhA	Ângulo de Fase
QM	Qualidade Muscular
R	Resistência
SF-BIA	BIA de Frequência Simples
sp	Específica
TAG	Triglicérides
TNF- $\alpha$	Fator de Necrose Tumoral
TR	Treinamento Resistido
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
VAAS	Estudo do Envelhecimento Ativo em Viena
Xc	Reatância
Z	Impedância

## **1. APRESENTAÇÃO**

Esta dissertação é composta de uma introdução, revisão da literatura, materiais e métodos, resultados, discussão e conclusão. Os dados foram originados de pesquisas realizadas no Laboratório de Avaliação do Sistema Musculoesquelético (LABSIM), do Departamento de Educação Física da FCT/UNESP – Presidente Prudente. A conclusão foi a partir dos dados obtidos na pesquisa. A dissertação foi redigida de acordo com as regras do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia.



## 2. RESUMO

**Introdução:** A população idosa com idade igual ou superior a 60 anos dobrou na última metade do século XX. O envelhecimento é um processo inevitável com consequências deletérias e progressivas para o corpo humano, comprometendo os seus diferentes sistemas, tais como o fisiológico, o morfológico, o funcional e o endócrino. A perda progressiva de massa e força muscular, associada à função é denominada sarcopenia, e como consequência, promove maior risco para incapacidade funcional, fragilidade, quedas, fraturas, hospitalizações, institucionalizações, óbito precoce e alterações imunológicas. Em idosos as alterações no sistema imunológico podem ocorrer devido ao aumento da concentração sanguínea de citocinas pró-inflamatórias que agrava o estado sarcopênico, acarretando um processo de inflamação crônica de baixo grau (LGI, low grade inflammation). Dentre os parâmetros observados na avaliação da sarcopenia, a análise de impedância bioelétrica (BIA) vem sendo utilizada há tempo para mensuração dos diferentes componentes corporais dentro do sistema morfológico, especialmente os tecidos adiposo e muscular. Mais recentemente, parâmetros brutos da BIA (R, resistência e Xc, reatância) têm sido utilizados para a avaliação da saúde celular (PhA, ângulo de fase e a análise de vetores de impedância bioelétrica (BIVA, bioimpedance vector analysis). Com a finalidade de reverter ou atenuar os efeitos deletérios do envelhecimento, programas de treinamento físico, mais especificamente o treinamento resistido (TR), tem sido proposto para promover sobretudo a funcionalidade e a independência dos idosos. Profissionais procuram com o avançar das pesquisas, propostas que possam ser ao mesmo tempo, simples, eficaz, segura e de baixo custo a este grupo etário. Neste sentido, a intervenção com resistência elástica aparece como uma boa alternativa para atingir tais objetivos. **Objetivos:** Desta forma, o objetivo do presente projeto foi analisar o efeito de diferentes programas de treinamento resistido sobre parâmetros brutos de impedância bioelétrica e marcadores inflamatórios em idosos sarcopênicos. **Métodos:** Para tanto, 66 idosos de ambos os sexos, divididos em sarcopênicos e não sarcopênicos, foram aleatoriamente distribuídos em dois grupos de treinamento: grupo de treinamento com resistência elástica (GTE) e grupo de treinamento resistido convencional (GTC). Os idosos foram avaliados em momentos pré e pós treinamento, com mensuração da composição corporal (tecido adiposo e muscular), saúde celular (PhA e BIVA), força, qualidade muscular (QM) e marcadores inflamatórios. O programa de treinamento (12 semanas, três sessões semanais) foi

composto por treino com resistência elástica (sete exercícios: abdução de ombro, flexão de cotovelo, extensão de cotovelo, flexão de ombro, extensão de ombro, flexão de joelho e extensão de joelho), e convencional (os mesmos grupos musculares em equipamentos e pesos livres). Análise estatística foi realizada em programa SPSS 22.0, com nível de significância adotado em 5%. **Resultados:** O programa de treinamento resistido convencional (musculação) e com resistência elástica apresentaram respostas similares especialmente a variável força de preensão manual (FPM) e a fração do colesterol HDL (lipoproteína de alta densidade). Idosos sarcopênicos tiveram maior aumento da massa muscular, representada pelo índice de massa muscular (IMM, em  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) ao longo do programa comparado aos pares não-sarcopênicos. Foram verificadas correlações positivas no momento inicial do estudo entre parâmetros de bioimpedância (R e PhA) com a FPM, e relação inversa entre a Xc e o índice de massa corporal (IMC). Ao longo do programa de treinamento, as alterações na variável R se correlacionaram positivamente com as triglicérides (TAG), e na variável PhA com glicemia e HDL, enquanto as reduções nos valores de R se correlacionaram aos aumentos nos valores da massa isenta de gordura e osso (MIGO). **Conclusão:** Os resultados apresentados são inéditos, e apontam para maiores investigações, especificamente para se entender a relação de causa e efeito das variáveis estudadas, a fim de elucidar melhor o papel da bioimpedância na avaliação da saúde celular de pessoas idosas, envolvidas em programa de treinamento resistido. Também, a utilização de tubos elásticos se apresentou de forma interessante e favorável, tendo em vista os resultados comparados ao método convencional (não superior, mas não inferior). A proposta pode ser implementada em diversos ambientes, de forma a auxiliar os idosos mais longevos e em situação de fragilidade.

**Palavras-chave:** Envelhecimento, ângulo de fase, análise de vetores de impedância bioelétrica, inflamação, composição corporal.

### 3. ABSTRACT

**Introduction:** The elderly population aged 60 or older doubled in the latter half of the 20th century. Aging is an inevitable process with deleterious and progressive consequences for the human body, compromising its different systems, such as physiological, morphological, functional and endocrine. The progressive loss of mass and muscle strength associated with the function is called sarcopenia, and as consequence it promotes a greater risk for functional disability, frailty, falls, fractures, hospitalizations, institutionalization, death and immunological changes. In the elderly the alterations in the immune system can occur due to the increase of the blood concentration of pro-inflammatory cytokines that aggravates the sarcopenic state, causing a process of chronic low-grade inflammation (LGI). Among the parameters observed in the assessment of sarcopenia, bioelectrical impedance analysis (BIA) has been used for measuring the different body components within the morphological system, especially the adipose and muscular tissues. More recently, BIA raw parameters (R, resistance and Xc, reactance) have been used for cellular health assessment (PhA, phase angle) and bioelectrical impedance vector analysis (BIVA). With the purpose of reversing or attenuating the deleterious effects of aging, physical training programs, more specifically resistance training (TR), have been proposed to promote primarily the functionality and independence of the elderly. Professionals seek to advance research, proposals that can be at the same time simple, effective, safe and low cost to this age group. In this sense, the elastic resistance intervention appears as a good alternative to reach such objectives. **Objective:** In this sense, the objective of the present project was to analyze the effect of different resistance training programs on raw parameters of bioelectrical impedance and inflammatory markers in sarcopenic elderly. **Methods:** For this purpose, 66 elderly men and women, divided into sarcopenic and non-sarcopenic were randomly distributed in two training groups: training group with elastic resistance (GTE) and conventional resistance training group (TGC). The elderly were evaluated at pre and post training times, measuring body composition (adipose and muscle tissue), cellular health (PhA and BIVA), strength, muscle quality (QM) and inflammatory markers. The training program (12 weeks, three weekly sessions) consisted of training with elastic resistance (seven exercises: shoulder abduction, elbow flexion, elbow extension, shoulder flexion, shoulder extension, leg flexion and leg extension), and conventional (the same muscle groups in equipment and free weights). Statistical analysis were performed in SPSS 22.0 program, with a level of

significance set at 5%. **Results:** The conventional resistance training program (bodybuilding) and elastic resistance presented similar responses especially to the manual grip strength variable (FPM) and the HDL (high density lipoprotein) cholesterol fraction. Sarcopenic elderly patients had a greater increase in muscle mass, represented by the muscle mass index (IMM, in  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) throughout the program compared to the non-sarcopenic pairs. Positive correlations were verified at the initial moment of the study between parameters of bioimpedance (R and PhA) with FPM, and inverse relationship between Xc and body mass index (IMC). Throughout the training program, changes in the R variable correlated positively with triglycerides (TAG), and in the variable PhA with glycemia and HDL, while reductions in R values correlated with increases in fat and bone free mass (MIGO). **Conclusion:** The results presented are unpublished, and point to further investigations, specifically to understand the cause and effect relationship of the variables studied, in order to better elucidate the role of bioimpedance in the assessment of the cellular health of elderly people involved in resistance training program. Also, the use of elastic tubes was presented in an interesting and favorable way, considering the results compared to the conventional method (not superior, but not inferior). The proposal can be implemented in several environments, in order to help older people who are older and in fragility situations.

**Keywords:** Aging, phase angle, bioimpedance vector analysis, inflammation, body composition.

#### 4. INTRODUÇÃO

A população idosa com idade igual ou superior a 60 anos aumentou significativamente, dobrando seu percentual na metade do século XX. Segundo a transição demográfica o Brasil deverá no ano de 2025 ser uma das dez nações mais envelhecidas do planeta<sup>1</sup>.

Para acompanhar as alterações nos diferentes tecidos corporais em função do envelhecimento, especialmente os componentes gordo e magro, diferentes métodos de avaliação da composição corporal têm sido utilizados. Destes, um método se destaca pelo bom custo benefício, tendo em vista sua validade para mensurar a gordura corporal e a massa livre de gordura (MLG), e seu custo relativamente baixo, comparado aos outros métodos com tecnologia mais avançadas: BIA<sup>2</sup>.

A BIA é uma técnica que emite uma corrente elétrica alternada para determinar os dois componentes de impedância ( $Z$ ) do corpo humano:  $R$  e a  $Xc$ <sup>3</sup>. Enquanto a  $R$  se correlaciona inversamente com a quantidade de água corporal total (ACT) e MLG, por onde a corrente passa, a  $Xc$  se correlaciona positivamente com a massa celular<sup>4</sup>.

As técnicas convencionais de avaliação por BIA de frequência simples proporcionam uma estimativa da ACT e da MLG por meio de modelos de regressão que consideram a  $Z$  e outras variáveis<sup>5</sup>, que podem levar a erros consideráveis, sobretudo se utilizados em grupos de pessoas com características diferentes da amostra utilizada para a validação do modelo<sup>6</sup>. Os erros desta avaliação podem ser potencializados se o grupo em questão for de pessoas idosas<sup>7</sup>, que apresentam diferenças ainda maiores na hidratação corporal.

Para tanto, a BIVA tem sido sugerida para atenuar esses erros<sup>8</sup>. A BIVA permite uma avaliação da massa celular corporal e da ACT usando uma abordagem empírica que, em vez de se referir às equações preditivas (com os seus erros preditivos inseridos), utiliza-se da comparação de valores bioelétricos, normalizado pela altura ( $H$ ), que representa o comprimento do condutor, com valores de referência padrão<sup>8</sup>. Este modelo de BIVA tem apresentado informações úteis na área clínica<sup>7,9,10</sup>, e na população idosa se apresenta como um indicador do estado nutricional<sup>9,11-13</sup> e da fragilidade<sup>14</sup>.

A população idosa, sobretudo com fragilidade, em grande parte apresenta redução considerável no componente magro (tecido muscular)<sup>15</sup>, caracterizando-os como sarcopênicos. Idosos sarcopênicos apresentam maior risco para incapacidade funcional, e conseqüentemente, maiores chances para quedas, fraturas, hospitalizações, morbidades e morte<sup>3</sup>.

Adicionalmente nas alterações morfofuncionais são observadas alterações nos eixos endócrinos e nas funções metabólicas durante o envelhecimento. Digno de nota ocorre aumento da concentração sanguínea de citocinas pró-inflamatórias que agrava a condição sarcopênica e alterações nas concentrações de HDL, colesterol total, glicose e TAG<sup>16</sup>.

Desta forma, uma cascata inflamatória é ativada envolvendo a produção de mediadores inflamatórios como o fator de necrose tumoral- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) e a interleucina 6 (IL-6)<sup>16</sup>. Em idosos, as alterações imunológicas devido ao aumento dessas citocinas acarretam um processo LGI.

Para atenuar os efeitos da LGI é necessário restabelecer o equilíbrio do sistema imunológico por meio da produção de mediadores anti-inflamatórios como interleucina 10 (IL-10) e adiponectina. Diante desta tentativa de normalização e remodelamento do sistema imunológico é um desafio compreender os mecanismos envolvidos em idosos saudáveis dos demais.

Em paralelo às alterações do sistema imunológico, a adiposidade em especial na região abdominal, tem sido estudada por suas características inflamatórias. Este órgão endócrino formado por adipócitos, é um importante regulador de diversas funções metabólicas. Sendo assim, está clara a relação entre este tecido adiposo secretor de diversas citocinas pró e anti-inflamatórias e a função imunológica e a homeostase glicêmica<sup>17</sup>.

Diante do exposto um estudo verificou em idosos com maior distribuição de gordura abdominal, com ou sem diabetes mellitus, a relação da inflamação e sarcopenia e foi evidenciado que a obesidade é um agravante dessa relação, uma vez que obtiveram valores plasmáticos elevados de IL-6 e TNF- $\alpha$  e em concentrações mais elevadas em idosos com menor massa magra, sugerindo que a doença não teria tanta influência em concentrações elevadas dessas citocinas como o tecido adiposo tem<sup>18</sup>.

Em se tratando do diabetes mellitus, o músculo tem um papel primordial na manutenção da glicemia (concentração normal em jejum <126 mg/dl), pois é no músculo que encontra-se presentes receptores de glicose, denominados transportadores de glicose (GLUT's), que transportam a glicose do sangue para dentro da célula<sup>19,20</sup>. Para que isso ocorra e esse receptor seja expresso para fora da célula há necessidade da ação da insulina. A sarcopenia presente no idoso, isto é, a redução da massa muscular, diminui o número de GLUT's. O aumento da glicose também é responsável por levar a resistência da ação dos receptores de insulina e conseqüentemente diminuir a expressão dos GLUT's. Estudos comprovam que a

atividade física aumenta a massa muscular, diminui a resistência insulínica e melhora a captação muscular de glicose<sup>21,22</sup>.

Outros fatores de riscos associados ao envelhecimento devido à modificação no perfil epidemiológico é a grande prevalência das doenças cardiovasculares<sup>23</sup>. As alterações vasculares têm clara associação com esses fatores de risco (hipertensão arterial, a dislipidemia, o diabetes mellitus, o fumo, o sedentarismo e a obesidade) e a aterosclerose<sup>24</sup>. A presença de lesões ateroscleróticas está associada, entre outros fatores de riscos, com as lipoproteínas de baixa densidade (LDL)  $\geq 100$  mg/dl (2,6 mmol/L) e HDL  $< 40$  mg/dl (1,04 mmol/L)<sup>25</sup>, enquanto, por outro lado, o papel do HDL, apesar de ainda não estar totalmente estabelecido, é atribuído a sua capacidade de mediação do transporte reverso do colesterol e ação anti-inflamatória<sup>26</sup>. A dislipidemia também pode influenciar no processo inflamatório do idoso, pois, as alterações no metabolismo dos lipídios que considera esses valores citados acima de HDL e LDL, além do colesterol total (concentração desejável  $< 200$  mg/dl) e TAG (concentração desejável  $< 150$  mg/dl) podem acarretar ao se aproximar do envelhecimento, no aumento da chance de ter aterosclerose devido à elevação do LDL e colesterol total.

Todos os mecanismos e causas que fazem com que a inflamação e sua relação com a saúde celular leve à incapacidade funcional ainda não foram esclarecidas. No entanto, sugere-se que essas citocinas pró-inflamatórias podem causar a perda da massa muscular esquelética (MME) devido a diminuição da síntese proteica, favorecida pela diminuição de hormônios anabólicos, que podem pelo menos em partes comprometer o sinal anabólico sobre o tecido muscular, aumentando consequentemente a degradação proteica em idosos sarcopênicos<sup>16,27</sup>.

Diferentes estratégias não farmacológicas são adotadas para amenizar e combater a inflamação e a redução de massa muscular. Há evidências de que a prática regular de programas de TR é benéfica para pessoas idosas, especialmente as sarcopênicas e/ou em estado de fragilização<sup>28</sup>.

Os efeitos do TR são indispensáveis para melhora ou manutenção da independência funcional, atuando na prevenção e no tratamento de idosos sarcopênicos<sup>29</sup>, e evidências sugerem que o treinamento com resistência elástica, uma proposta simples que se destaca por sua praticidade com possibilidade de realização em pequenos espaços, incluindo o âmbito domiciliar, com maior aderência, sendo fundamental de início e relativamente de baixo custo pode ser igualmente eficaz na promoção de benefícios para a funcionalidade e qualidade de vida de idosos.

A resistência elástica é recomendada pelo Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM, American College of Sports Medicine)<sup>30</sup>, uma vez que este método alternativo de TR é demonstrado em estudos prévios que a ativação muscular deste treinamento se assemelha ao treinamento resistido convencional<sup>31,32</sup>.

Entretanto, a literatura ainda carece de informações a respeito dos efeitos do TR, em especial da resistência elástica, sobre a BIVA e sua relação com a inflamação em idosos sarcopênicos.

Neste sentido, os objetivos do presente estudo foram: 1) analisar a correlação entre saúde celular e marcadores inflamatórios em idosos sarcopênicos e não sarcopênicos em momento inicial de treinamento resistido, e 2) analisar o efeito de programa de treinamento com resistência elástica e convencional sobre a saúde celular e marcadores inflamatórios em idosos sarcopênicos e não sarcopênicos.



## 5. REVISÃO DE LITERATURA

### 5.1 Avaliação da composição corporal em idosos

A análise da composição corporal vem evoluindo ao longo dos anos, sendo os únicos métodos diretos feitos através da dissecação de cadáveres. Atualmente várias técnicas foram elaboradas, mais eficazes, rápidas, não invasivas, indolor e de baixo custo.

A avaliação da composição corporal tem o objetivo de quantificar os principais componentes do corpo, como a massa de gordura corporal (MGC) e a MIGO. É de suma importância a avaliação da composição corporal para prescrição da dieta e atividade física, além de identificar possíveis riscos à saúde, como a sarcopenia.

O termo sarcopenia, derivado do grego “sarx” (carne) e “penia” (perda), foi utilizado pela primeira vez para descrever uma das alterações anatômicas mais drásticas que ocorre em função do envelhecimento: a redução involuntária da massa muscular e da força<sup>33</sup>. Esta redução se dá a partir da terceira década de vida para homens e mulheres, de diferentes etnias<sup>34</sup>. Entre os 25 e 30 anos de idade, aproximadamente, há perda gradual anual da massa muscular em cerca de 1%, com redução acentuada por volta dos 50 anos, e aos 80 anos, o idoso apresenta apenas 50% da massa muscular, comparada à idade adulta<sup>35</sup>.

Para obter informações importantes sobre a eficácia da estratégia utilizada seja na atividade física, nutricional ou intervenções clínicas, é necessário medir os parâmetros envolvidos na composição corporal, como massa de tecido adiposo, massa magra, massa celular, ACT e água extracelular (AEC).

Dois técnicas que atualmente tem sido consideradas pouco invasivas, de baixa complexidade e com boa validade são a absorciometria radiológica de dupla energia (DEXA) e a BIA.

A técnica de DEXA informa a distribuição dos diferentes tecidos no corpo, como a massa de tecido adiposo, MLG e conteúdo mineral ósseo no corpo. Essa técnica mensura pequenas diferenças que estão presentes em nosso corpo, através de duas fontes de raios X presentes no equipamento<sup>36</sup>. O indivíduo em decúbito dorsal sobre a mesa receberá a emissão de raio X emitido por uma fonte que passa por baixo do corpo e através de um detector discriminante de energia mensura os raios. O DEXA utiliza intervalos de 1 cm da cabeça aos pés do indivíduo, uma técnica não invasiva considerada segura. Alguns fatores limitantes do equipamento devem ser considerados como custo elevado e exposição à radiação.

O outro método que parece ser uma alternativa válida, simples, de fácil manuseio e baixo custo é a BIA, válido para a avaliação da massa magra, ACT, AEC, água intracelular (AIC) e massa gorda. A BIA se baseia na condução de uma corrente elétrica de baixa intensidade através do corpo. A impedância varia de acordo com o tecido que está sendo mensurado, sendo a massa magra um bom condutor de energia por possuir alta concentração de água e eletrólitos e a massa gorda um mau condutor de energia<sup>37</sup>. Assim como o DEXA a validade e a precisão do método da BIA é influenciado por vários fatores como a utilização da equação preditiva, o próprio instrumento, a concentração de água corporal, eletrodos devidamente íntegros e os requisitos que antecedem a avaliação para obtenção de resultados fidedignos, como por exemplo, urinar 30 minutos antes, não ingerir água até 4 horas antes do teste, não consumir café, fazer uso de medicamentos diurético dentro de 7 dias prévios ao teste, retirar todo acessório de metal do corpo e não realizar atividade física 24 horas antes<sup>38</sup>.

Tais técnicas de mensuração dos diferentes componentes corporais, em especial, os tecidos adiposos e musculares, são atualmente muito utilizados para a avaliação da composição corporal de pessoas idosas, sobretudo em condição de fragilidade e incapacidade funcional.

### **5.1.1 Impedância bioelétrica**

A técnica de BIA de eletrodo tetrapolar foi introduzida em 1969 e 1970, descrita primeiramente na década de 1970<sup>39,40,41</sup>. A partir deste momento, os fundamentos da BIA estavam bem estabelecidos, principalmente relacionados à variável de conteúdo de água corporal, e na década de 1990, uma variedade de analisadores de BIA de frequência simples e multifrequencial tornaram-se comercialmente disponíveis e amplamente vendidos, tendo em vista a sua portabilidade e segurança. Nos anos 2000, a BIA segmentada corrigiu inconsistências entre a R e a massa corporal da região do tronco<sup>42</sup>. Por fim, novas variáveis disponíveis de R e Xc foram propostas para avaliar a saúde celular, como o PhA, BIVA clássica<sup>43</sup> e específica (sp)<sup>44</sup>.

O princípio biofísico cujo qual considera o corpo como um cilindro, tendo uma relação entre o quociente de Z ( $\text{comprimento}^2 / R$ ) e o volume de ACT pode levar a um erro considerável já que o corpo humano não é um cilindro perfeito, e não possui sua condutividade constante no corpo.

As variações que compõem a razão entre altura e comprimento condutivo permite erros devido a essas alterações. Outro fator que o corpo oferece são dois tipos

de R para uma corrente elétrica: a resistiva (R) e a capacitiva (Xc). Enquanto R surge de fluidos extra e intracelular, a Xc surge das membranas celulares<sup>45</sup>.

A Z é o termo usado para descrever a combinação das duas. Sendo assim R e Xc podem ser mensuradas em uma faixa de frequências operando em até 50 kHz. Na frequência zero ou muito baixa, a corrente não penetra na membrana celular e, portanto, a corrente passa através do fluido extracelular, que é responsável pela R medido no corpo. Em frequência muito alta o capacitor se comporta como um capacitor perfeito (ou quase perfeito) e, portanto, a R de corpo total reflete a combinação do fluido intracelular e extracelular. A 50 kHz, a corrente passa pelo líquido intra e extracelular, embora a proporção varie de tecido para tecido<sup>46</sup>.

A relação entre Xc e R é interessante porque reflete diferentes propriedades elétricas de tecidos que são afetados de várias formas por doenças, estado nutricional e estado de hidratação.

Nesta frequência de 50 kHz, a BIA de frequência simples (SF-BIA), mede uma soma ponderada de AEC e AIC e permite estimar a MLG e ACT, mas não pode determinar diferenças em AIC. Os resultados da BIA baseiam-se em teorias de mistura e equações empíricas, derivadas em indivíduos saudáveis com homeostase biológica restrita. Embora o método de frequência simples não seja válido sob condições de hidratação significativamente alterada, isso não nega seu uso para prever MLG absoluta ou ACT em indivíduos normalmente hidratados<sup>46</sup>.

Assim como a SF-BIA, a BIA multifrequencial (MF-BIA) usa modelos de regressão linear empírica, mas inclui impedâncias em múltiplas frequências (0, 1, 5, 50, 100, 200 a 500 kHz ou superior) para avaliar a MLG, ACT, AIC e AEC. A MF-BIA é mais precisa e menos tendenciosa do que a SF-BIA para a predição da AEC, enquanto a SF-BIA, comparada à MF-BIA, é mais precisa e menos tendenciosa para ACT em pacientes criticamente doentes<sup>47</sup>. Além disso em idosos a MF-BIA é incapaz de detectar alterações na distribuição ou movimento de fluidos entre os espaços extracelular e intracelular<sup>48</sup>.

A BIA do corpo inteiro é influenciada por vários efeitos (hidratação, fração gordurosa, condições geométricas de contorno, etc.). Portanto, a validade de modelos simples de regressão empírica é específica da população. Por estas razões, a BIA localizada tem sido proposta, focada em segmentos corporais, para minimizar esses efeitos.

Considerando todos estes métodos a análise de BIA é considerada uma técnica válida, confiável, de baixo custo, além de ser um método portátil para avaliar a

composição corporal, mas na maioria dos casos, equações preditivas devem ser utilizadas para a determinação dessas variáveis.

As mensurações de BIA devem ser padronizadas para obter resultados reprodutíveis. A BIA deve ser realizada de forma que cada equação deva ser utilizada em uma população alvo adequadamente. A escolha de uma equação de BIA adaptada às populações estudadas continua sendo um fator limitante da técnica<sup>45</sup>.

Os modelos de regressão empírica são específicos de cada população, uma vez que a BIA integra vários segmentos corporais com efeitos físicos, hidratação, fração gorda, condições geométricas de contorno variáveis na condutividade do tecido. Além disso, a razão entre AIC e AEC é um fator conhecido por limitar a aplicabilidade de equações preditivas geradas pela BIA às populações com hidratação variável<sup>49</sup>.

Como a BIA é um método duplamente indireto, o uso de equações preditivas deve ser considerado. As dificuldades de validação da BIA em populações com diferentes faixas etárias e etnias e condições clínicas com estados de hidratação anormais resultaram em uma abundância de equações de BIA<sup>45</sup>. Nesse sentido, o uso da BIA deve ser feito considerando todas as especificidades de uma determinada amostra.

Uma vez devidamente utilizada, este método pode ser extremamente útil para a avaliação, não só da composição corporal, mas também do estado de saúde em populações saudáveis ou doentes.

### **5.1.1.1 Ângulo de fase**

Atualmente os índices bioelétricos tem sido associados à sarcopenia em idosos, sendo assim novas variáveis disponíveis de R e Xc foram propostas para avaliar a saúde celular. Em particular, o parâmetro de impedância mais clinicamente estabelecido é o PhA considerado altamente preditivo de desfecho clínico<sup>9,43</sup>.

A Xc reflete a capacitância produzida pelas membranas celulares dos tecidos moles, e está positivamente relacionada com a massa celular do corpo, ou seja, é quantidade de energia que pode ser acumulada no tecido, enquanto a R está negativamente relacionada com a proporção de água no corpo<sup>50</sup>, através da qual a corrente flui, uma vez que R determina o estado de hidratação do tecido, de tal forma que quanto maior o teor de água, menor a R.

Enquanto a Z é afetada principalmente pelos valores de R, o PhA é influenciado pela Xc e R que está positivamente relacionada à massa celular corporal<sup>50</sup> e negativamente relacionada à relação AEC e AIC<sup>51</sup>.

O PhA ( $\Phi$ , em graus) é expresso pela soma vetorial do ângulo e da Z, calculado usando a equação:

- $\Phi = \arctan (Xc / R) \times (180/\pi)$

E a impedância (Z, em  $\Omega$ ) por:

- $Z = (R^2 + Xc^2) \times 0,5$

Adota-se a frequência de 50 kHz, devido ao PhA ser maior nessa frequência, e pelo fato de, nesta frequência, ser possível a mensuração de fluídos e sólidos intra e extracelulares concomitantemente<sup>9,52</sup>.

Considerando um estado nutricional e funcional adequado para indivíduos saudáveis, o PhA varia entre 5 e 7<sup>9,52</sup>. Diante disso é sugerido que altos valores de PhA permite determinar um bom marcador de maior celularidade, integridade da membrana celular e melhor função celular.

Além disso outros índices estão inter-relacionados ao PhA, incluindo R em frequências baixas e altas, usados para prever resultados clínicos<sup>53,54</sup> como a massa gorda abdominal<sup>55</sup> e a resistividade dos membros<sup>56</sup>, que podem ser determinados pela BIA localizada, com a colocação dos eletrodos em regiões específicas, conforme o objetivo estudo.

Com o avanço da idade o PhA tende a diminuir devido a diminuição natural da massa muscular, uma vez que o músculo é um tecido composto por muita água e é discriminado facilmente de outros tecidos como osso e gordura que possui baixa quantidade de água, sendo assim baixos valores do PhA é sugerido como um marcador ruim de saúde e função celular<sup>9,52</sup>.

Dessa forma, o PhA é uma variável importante preditora da sarcopenia e estado nutricional<sup>57</sup>, e baixos valores do PhA acarretam no aumento do risco de mortalidade<sup>58</sup> e diagnóstico de sarcopenia em idosos<sup>59</sup>.

#### **5.1.1.2 Análise de vetores**

A análise de vetores é uma abordagem alternativa, sensível a variações de força muscular<sup>9</sup> e se dá quando a R e a Xc são plotados graficamente após a padronização para a H, diferentes doenças e/ou condições parecem formar clusters distintos<sup>43</sup>. A análise da BIVA pode ter valor potencial em relação ao diagnóstico e prognóstico.

Ultimamente, foi proposto a BIVA sp que considera possível erro metodológico do princípio biofísico da análise de BIA que considera o corpo humano como um cilindro perfeito. Tendo em vista variações na razão entre a H e o comprimento

condutivo, bem como na forma dos segmentos corporal (que não é na verdade um perfeito cilindro), o controle das variáveis R e Xc por perímetros segmentares (braço relaxado, cintura e panturrilha) proporcionará uma aproximação dos valores de R e Xc muito mais próxima aquilo que se espera ser de fato real<sup>44</sup>. Sendo assim a análise da BIVA é realizada para permitir uma representação sintética da variabilidade bioelétrica.

A análise clássica<sup>52</sup> é baseada na projeção de valores normalizados pela H do corpo (H, em metros, m) no plano cartesiano que é definido pelos eixos R/H e Xc/H (em ohms/m), no gráfico R/Xc, no qual as elipses de tolerância representam os percentis bivariados de uma população de referência (Figura 1). Diferentes regiões das elipses têm significados específicos em termos de composição corporal. Os indivíduos desidratados estão em direção ao polo superior da elipse, aqueles com edema em direção ao polo inferior; indivíduos caracterizados por baixa massa de tecido mole encontram-se no lado direito da elipse, aqueles com alta massa de tecido mole no lado esquerdo.

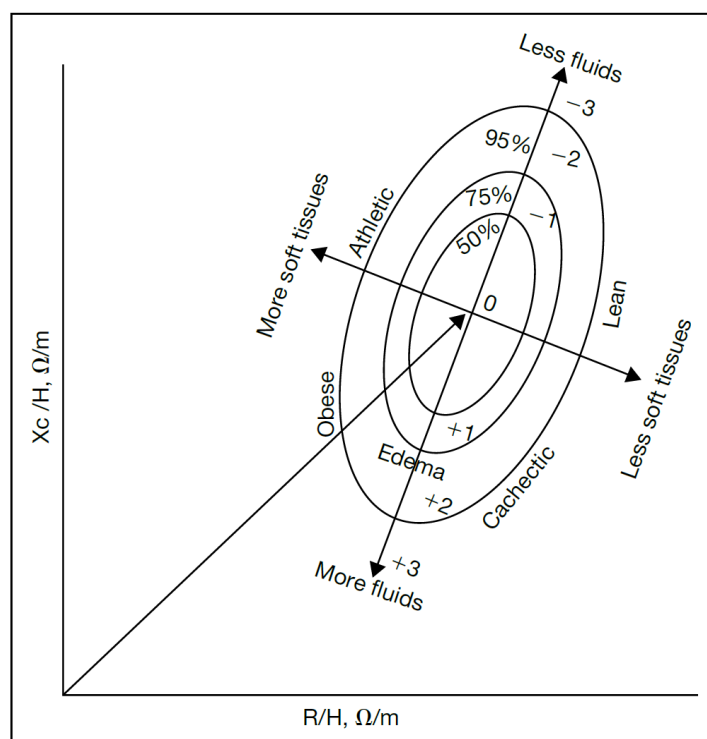


Figura 1. Representação gráfica de elipse de tolerância segundo proposta clássica.

Na análise específica, por outro lado, os valores são normalizados pelas medidas de circunferências dos segmentos corporais (braço relaxado, cintura e panturrilha, em cm) no plano cartesiano, que é definido pelos eixos R.sp (Rsp em ohms/cm) e Xc.sp (Xcsp, em ohms/cm), no gráfico R/Xc, no qual as elipses de tolerância representam os percentis bivariados de uma população de referência (Figura

2). Na análise da elipse, diferentes regiões têm significados específicos em termos de composição corporal, onde, em termos de hidratação, a correspondência se aproxima da análise clássica (indivíduos desidratados estão em direção ao polo superior da elipse e aqueles com edema em direção ao polo inferior. Entretanto, em termos de massa celular, indivíduos caracterizados por baixa massa celular encontram-se no lado direito da elipse, e aqueles com alta massa celular, no lado esquerdo (Figura 2)<sup>44</sup>.

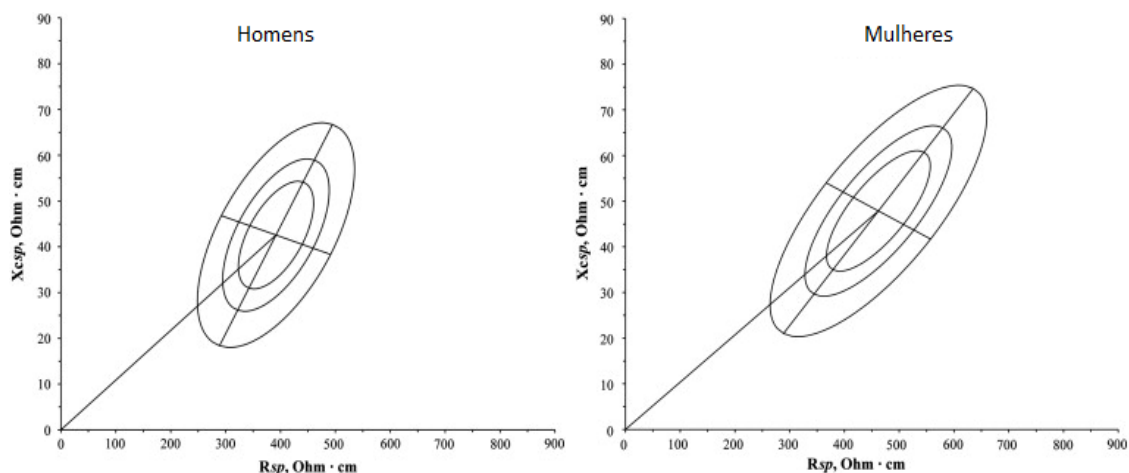


Figura 2. Representação gráfica de elipse de tolerância segundo proposta específica.

A BIVA, por meio da BIA, é um método portátil, não invasivo e de baixo custo para avaliar a composição corporal e a hidratação do corpo<sup>50,60</sup>. A BIVA analisa os valores bioelétricos diretamente sem referir-se à equação preditiva o que difere da análise tradicional da BIA.

Para atenuar os erros que a BIA possui utilizando equação preditiva, a BIVA considera as mudanças fisiológicas do corpo do idoso e permite resultados mais precisos quanto a isso<sup>61,62</sup>. Dessa forma, a BIVA é utilizada para avaliar o estado hídrico<sup>9,63</sup>, nutricional e na prática clínica<sup>9</sup>.

A abordagem recentemente proposta com capacidade de avaliar com precisão as variações da proporção de massa gorda (FM%) é a BIVA sp, aplicada na população idosa italiana<sup>64</sup> e adultos americanos<sup>65</sup>, que diferentemente da BIVA clássica observou-se uma limitação quanto ao reconhecimento de diferentes tecidos referente a composição corporal total quando comparado ao DEXA<sup>64,65</sup>.

Sendo assim a utilização da H e área transversal permite que a BIVA sp seja um instrumento preciso influenciado pelas propriedades dos tecidos, comprovado em estudo que discriminou indivíduos sarcopênicos de indivíduos obesos sarcopênicos<sup>44</sup>.

Os valores de referência específicos tanto de  $R / H$ ,  $Xc / H$ ,  $PhA$  e impedância adquiridos através desta análise poderiam ser usados para prevenir a desnutrição e

sarcopenia em idosos, porém estudos são necessários para verificar se os padrões italianos são referências para outras populações, como a brasileira que ainda não possui padrão de referência.

## 5.2 Treinamento resistido

Muitas estratégias de intervenção, sejam elas clínicas, nutricionais ou de exercício, estão sendo desenvolvidas para atenuar os efeitos deletérios do envelhecimento, uma vez que a pirâmide demográfica sofreu alterações quanto a expectativa de vida aumentada consideravelmente<sup>1</sup>.

Já está estabelecido os efeitos causados pela inatividade física em idosos, o desuso muscular é um forte preditor de mortalidade<sup>66</sup> e da incapacidade física<sup>67</sup>. Por outro lado, os efeitos benéficos da atividade física relacionam-se à redução de quedas e fraturas<sup>68</sup>, de doenças crônico-degenerativas<sup>69</sup> e do estresse oxidativo<sup>70</sup>.

A inatividade física promove diminuição da massa musculoesquelética, força muscular e funcionalidade, condição esta denominada sarcopenia. Recentemente, a sarcopenia foi definida como uma doença (Classificação Internacional de Doenças - CID 10 M.62.84)<sup>71</sup>, que corresponde a transtornos musculares especificados. Tal doença está altamente associada com a incapacidade funcional, dependência e aumento do risco de quedas, responsáveis por grande parte dos óbitos em pessoas idosas<sup>72</sup>.

Com essa definição a um interesse acelerado tantos por médicos, empresas farmacêuticas e métodos alternativos como o TR para tratar a sarcopenia, tendo em vista que já tem disponível ferramentas diagnósticas para reconhecer a sarcopenia<sup>73</sup>. Para aqueles que trabalham na área de doença muscular é um momento crucial e estimulante<sup>74</sup> com expectativas de inovação no tratamento de pessoas, sejam idosas ou não, com sarcopenia.

Considerando as consequências da sarcopenia, o TR adequado para esses idosos é recomendado para reduzir as características que engloba o estado, inclusive promovendo o aumento do PhA com consequente melhora da saúde celular de idosos<sup>75</sup>.

Dessa forma, com a finalidade de reduzir os efeitos inerentes à idade, estudos apontam que o TR acarreta numa melhor qualidade de vida, sendo a melhor intervenção para reverter este estado adquirido ao longo da vida e de prevenção a sarcopenia<sup>76</sup>.



O TR vem sendo proposto como uma ferramenta não farmacológica de baixo efeito colateral, que permite aos idosos terem a manutenção ou melhora da sua funcionalidade e autonomia, bem como o aumento de tecidos corporais importantes, como massa muscular<sup>77</sup>.

Estudos apresentam resultados positivos do TR para redução da fragilidade, aumento a capacidade funcional e força em idosos<sup>78,79</sup>, e ainda alterações positivas no PhA referente ao TR podem refletir mudanças de hidratação celular e permeabilidade da membrana celular<sup>9</sup>, além do estresse metabólico que altera a integridade da membrana celular<sup>80</sup>, promovendo, direta ou indiretamente, melhoras na funcionalidade do idoso.

O ACMS em 2009, sua recomendação apresenta o TR para idosos como uma alternativa para aumento da qualidade e potência muscular, com significantes aumentos da força, entre 25 a 100%, e com processos hipertróficos sobretudo para fibras do tipo II<sup>30</sup>.

Neste sentido, os efeitos do TR provam ser benéficos para o tratamento e prevenção da sarcopenia e indispensável para manutenção da funcionalidade da população idosa<sup>81</sup>, observando também melhora da força muscular e velocidade de caminhada<sup>82</sup>.

Outra medida de intervenção clínica que vem sendo adotada recentemente é o treinamento resistido utilizando a resistência elástica como meio de reabilitação e prevenção não só da saúde, mas também da sarcopenia, pois é considerado um meio seguro para o fortalecimento muscular em idosos<sup>83</sup> devido ao seu baixo custo, fácil acesso, e à sua fácil utilização, tendo seus efeitos semelhantes ao TR com pesos livres e aparelhos convencionais<sup>84</sup>.

No Estudo do Envelhecimento Ativo em Viena (VAAS) demonstraram que seis meses de TR com bandas elásticas proporcionaram um aumento na funcionalidade de membros superiores e inferiores e uma melhora na estabilidade do genoma e a resistência contra o dano do ácido desoxirribonucléico (DNA, deoxyribonucleic acid) em idosos, indicando sua eficácia no tratamento da sarcopenia<sup>85,86</sup>.

Em outro estudo também perceberam um aumento significativo na QM e na funcionalidade de idosas institucionalizadas depois de seis meses de treinamento utilizando a resistência elástica<sup>87</sup>, e em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) esta modalidade de treino promoveu melhoras sobre a qualidade de vida e força muscular, inclusive com efeitos maiores sobre a funcionalidade em comparação ao treino convencional<sup>88</sup>.

O treinamento com resistência elástica, portanto, pode vir a produzir efeitos tão esperados quanto o TR convencional. Por outro lado, ao contrário do treinamento convencional, não há, até o presente momento, registros na literatura de estudos que analisaram os efeitos do treinamento com resistência elástica sobre a saúde celular.

### **5.3 Marcadores inflamatórios e metabólicos**

Dentre os agravos da sarcopenia além da perda progressiva de força e massa muscular e/ou funcionalidade, a inflamação é um processo que causa alterações nas funções imunológicas de idosos. Este processo inflamatório é responsável pela produção de citocinas que estão relacionadas com o envelhecimento<sup>89</sup>.

Essa produção de citocinas de caráter pró-inflamatório causam um desequilíbrio entre a quebra e a síntese de proteína, primordial para o metabolismo das proteínas musculares, sendo essencial para manutenção da força e massa muscular<sup>90</sup>.

Quando esta inflamação se estabelece de forma crônica as concentrações de citocinas pró-inflamatórias se tornam mais evidentes no envelhecimento<sup>91</sup>, sendo sugerida como uma síndrome geriátrica<sup>92</sup>.

Desta forma, atualmente o foco no processo inflamatório em idosos está no aumento das concentrações de citocinas pró-inflamatórias como TNF $\alpha$  e IL-6, atuante no metabolismo das proteínas musculares.

Neste processo inflamatório envolvido no envelhecimento o músculo exerce função endócrina e também produz citocinas como a IL-6 durante<sup>93</sup> o exercício físico e imediatamente após em concentrações elevadas<sup>94,95</sup>. A concentração plasmática e muscular de IL-6 também é elevada quando a intensidade do exercício físico é alta e o período de recuperação curto, resultando no comprometimento os conteúdos de glicogênio muscular<sup>96</sup>. Essa citocina é produzida e liberada no músculo esquelético e pode ser chamada de “miocina”<sup>97,98</sup>. Neste sentido, o termo miocina pode ser utilizado para citocinas que são produzidas e liberadas pelas fibras musculares<sup>99</sup>.

Essas substâncias podem desempenhar um efeito anti-inflamatório influenciando o metabolismo em outros órgão e tecidos, acarretando no aumento da síntese proteica<sup>100,101</sup>. Diante do exposto a IL-6 mostrou ter participação no controle de vias metabólicas durante o exercício físico<sup>102</sup> e que não é apenas secretada pelas células do sistema imunológico durante condições inflamatórias, mas é também liberada do tecido adiposo denominada adipocinas<sup>103</sup> e miocinas pela contração muscular na ausência de inflamação<sup>104</sup>.

Já na presença de inflamação este estado é dito como uma LGI que age nas células que migram do ciclo celular e entram no estado de senescência celular, causando por exemplo a estimulação do fator de transcrição nuclear kappa B (Nuclear factor-kappaB - NF-κB)<sup>105</sup>, um complexo proteico envolvido no processo de atrofia por desuso e o aumento dessas citocinas já citadas<sup>106</sup>.

Foi constado em estudo o aumento de citocinas como IL-6 e TNFα na população idosa sarcopênica<sup>107</sup>, mostrando acelerar o envelhecimento em geral<sup>108</sup>. A correlação entre esses marcadores inflamatórios e a sarcopenia relacionada à idade é difícil estabelecer, porém podem estar parcialmente envolvidas na LGI, tanto no início quanto na progressão da perda muscular em idosos<sup>109</sup>.

Foi observado que o aumento das concentrações desses marcadores inflamatórios age negativamente no metabolismo do musculoesquelético através do catabolismo, isto é, aumento da degradação proteica e a redução na produção e na disponibilidade de hormônios anabólicos<sup>89,110</sup>.

Apesar do interesse nos mediadores inflamatórios que norteiam o estado sarcopênico que afeta o metabolismo das proteínas musculares<sup>111</sup>, ainda não está claro através de que vias de sinalização induz essa redução mais acentuada de massa muscular e o quanto isso é maléfico a saúde do idoso.

Além dos mediadores inflamatórios, os metabólicos também influenciam o estado inflamatório dos idosos. Baixas concentrações de HDL na população idosa pode ser mais preditora de mortalidade por doença arterial coronariana do que o colesterol total<sup>112</sup>. Alguns autores apontam ainda que a HDL elevada está associada com riscos reduzidos de acidente vascular encefálico em idosos, considerando a HDL um importante e modificável fator de risco para essa população<sup>113,114</sup>.

Outro agravante do estado sarcopênico são os mecanismos de controle glicêmico, onde os riscos de complicações cardíacas e vasculares são maiores em idosos. Os mecanismos ainda não estão totalmente esclarecidos, mas estudos têm identificado um maior declínio da massa muscular em idosos com diabetes, quando comparados com idosos sem a patologia. Especificamente em relação ao diabetes mellitus, parece que a hiperglicemia tanto aumenta o risco quanto acelera e agrava a sarcopenia, enquanto o controle glicêmico adequado seria um fator de proteção<sup>115</sup>.

Entre os principais aspectos que influenciam a diminuição de estímulos anabólicos e aumento de estímulos catabólicos musculares, o aumento das citocinas pró-inflamatórias, relacionadas ao aumento da massa gorda, induz a elevação das adipocinas, atuante no desenvolvimento do quadro de resistência à insulina, levando

ao aparecimento do diabetes mellitus tipo 2, sendo este um dos mais importantes responsáveis pelo agravamento da sarcopenia em idosos<sup>116</sup>.

Sendo assim a hiperglicemia provocada por uma insuficiência na produção e/ou atividade da insulina é um fator de risco para massa muscular associada à idade e redução funcional. A resistência à insulina está envolvida em um dos vários mecanismos subjacentes da indução de sarcopenia, pois os defeitos na sinalização de insulina podem levar a síntese muscular reduzida, devido ela ser responsável por estimular a síntese proteica, incluindo a síntese do músculo. Assim sendo, uma redução da sinalização da insulina gera à diminuição da síntese proteica e ao aumento da degradação proteica, estando envolvida na incapacidade funcional e nas limitações de mobilidade em pacientes com Diabetes Mellitus mais velhos, por exemplo<sup>117</sup>.

Dentre elas, a adequação calórico-proteica da alimentação, somada em especial ao exercício resistido, tem sido a mais promissora estratégia para atenuar esses efeitos<sup>118,119</sup>.

Dessa forma mecanismos e causas que fazem com que a inflamação influencie no estado sarcopênico de idosos prejudicando sua capacidade funcional ainda não foram elucidados.

Os resultados decorrentes dessa condição são inúmeros assim como as estratégias para atenuar este quadro, seja com alternativas clássicas ou intervenções novas.

No entanto, sugere-se que essas citocinas pró-inflamatórias podem agravar a funcionalidade de idosos por meio dos seus efeitos catabólicos no músculo, uma vez que essas substâncias diminuem a síntese proteica<sup>120</sup>.

Tendo em vista que o músculo esquelético exerce um papel fundamental em resposta à estimulação mecânica, pouco se sabia sobre a maneira como aumenta sua massa para responder a está estimulação mecânica. Estudos evidenciaram que o alvo de rapamicina em mamíferos da proteína quinase (mammalian target of rapamycin - mTOR) é um regulador chave do músculo submetido à estimulação mecânica<sup>121</sup>.

A via do mTOR pode ser ativada quase imediatamente após a estimulação da sobrecarga muscular<sup>122</sup> podendo ser ativada por estímulos nutricionais, químicos e mecânicos<sup>123</sup> e parece controlar os mecanismos de síntese proteica.

Em estudo foi sugerido que o aumento da expressão basal de NF-κB, bem como TNFα e IL-6, em indivíduos mais velhos, são inibidores do anabolismo muscular por interferência da sinalização mTOR, prejudicando o remodelamento muscular desses idosos<sup>124</sup>.

Outra via envolvida no envelhecimento é o fator de transcrição forkhead box O (Forkhead Transcription Factors - FoxO), que têm papel crítico no desenvolvimento da atrofia muscular que leva a ativação dos fatores de transcrição<sup>125</sup>. A inibição desses fatores é uma atrativa abordagem para combater o processo de atrofia induzida pelo desuso. Uma revisão recente sugeriu que níveis elevados de mediadores pró-inflamatórios (devido a LGI), como TNF $\alpha$  e IL-6, poderiam regular positivamente esta via proteolítica através da ativação do fator de transcrição forkhead box O3A (FOXO3A), que regula o sistema ubiquitina-proteassoma o principal mecanismo para o catabolismo de proteínas<sup>126</sup>. Em estudos foi relatado que esta via FOXO3 demonstra estar associada à longevidade em humanos e encontra-se na maioria dos centenários através de uma variedade de grupos étnicos em todo o mundo<sup>127,128</sup>.

Embora tenha sido sugerido que os mediadores inflamatórios afetam o metabolismo das proteínas musculares<sup>129</sup>, não é totalmente compreendido até que ponto e através do qual as vias de sinalização induzem a perda de massa muscular. Dados baseados em população sugerem que as concentrações circulantes de IL-6 e TNF $\alpha$  são significativamente elevadas em idosos sarcopênicos<sup>130</sup>.

Por outro lado, a contração muscular, advinda do exercício físico, pode elevar a produção de miocinas (tais como miostatina, IL-6, IL-10) e ativar células do sistema imunológico (monócitos/macrófagos, neutrófilos), a fim de direcionar células satélites para o local do dano muscular com o objetivo de iniciar o processo de remodelamento e reparação tecidual<sup>131</sup> e, desta forma, reverter e equilibrar o possível quadro inflamatório devido sua potente ação anti-inflamatória<sup>132</sup>. Além disso, o gene da miostatina não ativado pode resultar no aumento da hipertrofia muscular e talvez contribuir para a redução da gordura corporal<sup>133</sup>.

## 6. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo trata de um ensaio clínico randomizado e controlado, com cegamento por parte dos avaliadores, quanto aos programas de treinamento e às condições, e dos monitores do treinamento, quanto à condição dos idosos. A intervenção ocorreu por meio de diferentes propostas de treinamento resistido (com resistência elástica e equipamentos convencionais e pesos livres) em pessoas idosas de ambos os sexos, em período de 12 semanas.

### 6.1 População do estudo

A amostra do presente estudo foi composta por amostra por conveniência, com randomização aleatória, de idosos, voluntários, com idade igual ou superior a 60 anos. O recrutamento dos voluntários ocorrerá a partir de amostra pré-existente, do projeto intitulado “Influência da prática de atividades físicas sobre a composição corporal e força muscular de indivíduos com idade superior a 50 anos: coorte de 24 meses”. Nos anos 2015 a 2017, foram avaliados, respectivamente, 310, 240 e 180 idosos e idosas no primeiro projeto, e 60 e 22 idosos e idosas no segundo projeto (68% de idosas).

Para a entrada no presente estudo, foram consideradas as avaliações realizadas de DEXA de todos os idosos e idosas no ano de 2015 para a classificação de massa muscular. A partir da mensuração do tecido mole e magro (MIGO) apendicular (pelo DEXA), foi calculado o índice de massa muscular apendicular (IMMA), por meio da razão entre o MIGO apendicular e a estatura (EST), em metros ao quadrado. Com os valores de IMMA (em  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ), foram calculados os escores z individuais segundo sexo, e após os idosos (homens e mulheres) foram classificados dos menores para os maiores valores dos escores z de IMMA.

Foram convidados a participar do estudo, na ordem do menor valor de escore z para o maior (sarcopênicos) e na ordem do maior para o menor valor (não-sarcopênicos), os 30 idosos em cada condição (60 no total) dentre aqueles que aceitarem participar e que se enquadrarem nos seguintes critérios de inclusão: não ter doenças crônicas incapacitantes; não serem acamados institucionalizados ou hospitalizados; terem mobilidade própria, sem auxílio de pessoas, mesmo que tenham auxílio de aparelhos como muletas, andadores, etc.; sem amputações. Como critérios de exclusão, o uso de marcapasso e presença de doenças crônicas e metabólicas não controladas. Após o aceite, os participantes foram submetidos a entrevista individual e anamnese clínica. Os participantes somente foram incluídos no estudo após serem

avaliados por médico e liberados (por meio de atestado médico) sem restrição para participação em programas de exercícios físicos.

Para o cálculo do tamanho da amostra, foram considerados valores de desvio padrão e diferença a ser detectada para o IMM entre idosos sarcopênicos e não sarcopênicos do Estudo SABE, realizado em São Paulo, com 799 idosos sobreviventes em 2006, do estudo realizado em 2000<sup>134</sup>. Considerando nível de significância ( $\alpha$ ) de 5% e poder amostral ( $\beta$ ) de 80%, desvio padrão de IMM de 1,6235 kg.m<sup>-2</sup> e diferença a ser detectada em teste de hipótese bicaudal, entre as duas amostras, de 1,7222 kg.m<sup>-2</sup>, a amostra foi composta por 14 idosos em cada grupo, sendo considerado dois grupos para sarcopênicos (treinamento resistido convencional e elástico), e dois para não sarcopênicos, totalizando 56 idosos, com acréscimo de 20% para perda amostral, compondo uma amostra total de 66 idosos.

Este estudo foi encaminhado e aprovado ao Comitê de Ética local, de acordo com as normas da Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos (Anexo 1) e ao Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (Trial nº RBR-2624R4). Todos os participantes, após serem convenientemente informados sobre a proposta do estudo e procedimentos aos quais foram submetidos, assinarão o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 2).

O programa de treinamento resistido foi planejado por professores do Departamento de Educação Física (DEF) da FCT/UNESP, e os idosos foram acompanhados ao longo das sessões por profissionais e alunos de graduação e pós-graduação do DEF e Departamento de Fisioterapia da FCT/UNESP.

## **6.2 Delineamento do estudo**

Após entrevista e anamnese com os participantes selecionados, o estudo teve início com divisão aleatória conforme o grupo de treinamento, para cada condição (sarcopênica e não-sarcopênica): GTC e GTE. Antes do início do treinamento (M1), todos foram submetidos às avaliações de composição corporal (DEXA, BIA), funcionalidade (força isométrica e QM) e parâmetros bioquímicos. Na sequência, os grupos de treinamentos (GTC – sarcopênicos e não sarcopênicos e GTE – sarcopênicos e não sarcopênicos) foram submetidos ao programa de treinamento resistido, durante 12 semanas, com frequência de três sessões semanais, com aumento da sobrecarga. Ao término do treinamento, os idosos foram reavaliados (M2) para as mesmas variáveis do M1 (Figura 3).



Figura 3. Delineamento do estudo.

Notas: M1 = momento 1; M2 = momento 2.

## 6.3 Variáveis de Estudo

### 6.3.1. Antropometria

A massa corporal foi mensurada em uma balança de leitura digital, da marca Urano, modelo PS 180A, com precisão de 0,1 kg, ao passo que a EST foi determinada em um estadiômetro de madeira com precisão de 0,1 cm, de acordo com os procedimentos descritos na literatura<sup>135</sup>. A partir dessas medidas, foi calculado o IMC, por meio da relação entre a massa corporal e o quadrado da EST, sendo a massa corporal expressa em quilogramas (kg) e a EST em metros (m).

### 6.3.2. Impedância bioelétrica e composição corporal

A ACT e suas frações intra e extracelular, MGC e MLG foram estimadas por bioimpedância, utilizando um analisador ocotopolar multifrequencial InBody 720 (InBody Korea, Seoul, South Korea).

Adicionalmente, medidas de R e Xc também foram obtidas de segmentos (braços e pernas direita e esquerda e tronco). Valor segmentado foi convertido para valor de corpo inteiro a partir das seguintes equações:

- $R_{ci}$ , em ohms =  $R_{bd} + R_{pd} + (R_{tr} \times 0,5)$
- $Xc_{ci}$ , em ohm =  $Xc_{bd} + Xc_{pd} + (Xc_{tr} \times 0,5)$

Onde  $R_{ci}$  = resistência de corpo inteiro;  $R_{bd}$  = resistência de braço direito;  $R_{pd}$  = resistência de perna direita;  $R_{tr}$  = resistência de tronco;  $Xc_{ci}$  = reatância de corpo inteiro;  $Xc_{bd}$  = reatância de braço direito;  $Xc_{pd}$  = reatância de perna direita;  $Xc_{tr}$  = reatância de tronco.

Subsequentemente o PhA (em graus) foi calculado (arco-tangente  $(Xc/R) \times 180^\circ/\pi$ ).



Adicionalmente, elipses de confiança (Figura 4) foram desenvolvidas para comparar os parâmetros de saúde celular (impedância) entre os diferentes grupos, estabelecidos a partir das variáveis independentes (grupos conforme sexo, momentos pré e pós treinamento, grau de inflamação).

Na tentativa de minimizar possíveis erros de estimativa, os participantes foram orientados a urinar cerca de 30 min antes da realização das medidas, absterem-se da ingestão de alimentos ou bebidas nas últimas 4 horas, evitar a prática de exercícios físicos vigorosos por pelo menos 24 h, absterem-se do consumo de álcool e bebidas cafeinadas por no mínimo 48 h, além de evitar o uso de diuréticos ao longo dos últimos 7 dias precedentes às coletas.

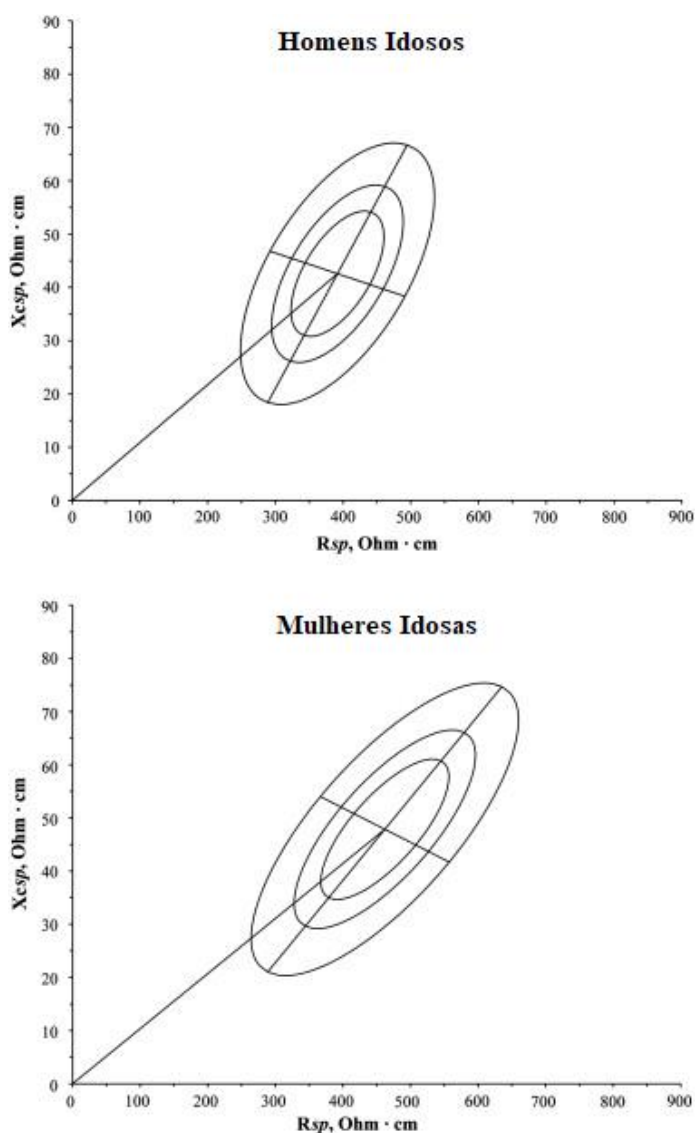


Figura 4. Elipse de tolerância de homens e mulheres idosos Ítalo-Espanhóis. Proposta de Ibáñez et al., 2015<sup>18</sup>.

Para avaliação da composição corporal, foi utilizado DEXA. As medidas de DEXA foram realizadas em equipamento (Lunar, modelo G.E. PRODIGY – LNR 41.990), mediante escaneamento de corpo inteiro. A calibragem do equipamento seguiu as recomendações do fabricante e, tanto a calibragem quanto as análises foram realizadas por um técnico do laboratório com experiência nesse tipo de avaliação. Os participantes vestiram shorts e camiseta, sem calçados e sem portar qualquer objeto metálico móvel ou outro acessório junto ao corpo. Os participantes permaneceram deitados e imóveis sobre a mesa do equipamento, até a finalização da medida, em decúbito dorsal, com pés unidos e braços levemente afastados do tronco, à lateral do corpo.

No programa do equipamento, os membros foram demarcados e separados do tronco e da cabeça por linhas padrões gerados pelo próprio equipamento. As linhas foram ajustadas pelo mesmo técnico, por meio de pontos anatômicos específicos, determinados pelo fabricante. Após os ajustes, foram determinados a massa gorda (em kg), a MIGO apendicular (em kg), e a massa muscular total (em kg) a partir da equação descrita em 2004<sup>136</sup>.

### **6.3.3. Força muscular**

A resistência muscular isométrica dos participantes foi estimada por dinamômetro manual (EH101, Camry, Guangdong Province, China) para flexão de punho (força de preensão manual – FPM). Duas mensurações foram realizadas com intervalo de um minuto entre uma e outra. O maior valor registrado, em kg.f, foi utilizado para fins de análise.

Para o teste de FPM, o sujeito permaneceu sentado, com o membro dominante sobre a mesa, e ângulo de flexão de cotovelo entre 120° e 150°, segurando o dinamômetro com a mão dominante.

### **6.3.4. Qualidade Muscular**

A QM foi calculada pelo valor da divisão da FPM pela MIGO do membro superior dominante, obtido por DEXA.

### **6.3.5. Parâmetros Bioquímicos**

As coletas sanguíneas foram realizadas em sala adaptada para este fim, na própria universidade, para a determinação de IL-6, IL-10, TNF- $\alpha$ , HDL, colesterol total, triglicérides e glicose. As dosagens foram determinadas em laboratório especializado

de Presidente Prudente, SP. Para tanto, um técnico de laboratório de análises clínicas coletou amostras de 15 ml de sangue venoso na prega do cotovelo, respeitando jejum de 12 horas com as coletas realizadas no período matutino. As amostras de sangue foram imediatamente armazenadas em dois tubos vacutainers de 5 ml (Becton Dickinson, BD, Juiz de Fora, MG, Brazil) contendo ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) para separação do plasma e um tubo dry vacutainer para separação de soro.

Os tubos foram centrifugados a 3500 rpm, durante 15 minutos à 4 °C. A seguir, o plasma e o soro foram armazenados em tubos plásticos eppendorfs e estocados à -20 °C para posterior análise.

As citocinas IL-6 (sensibilidade 2 pg/ml), IL-10 (sensibilidade 2 pg/ml) e TNF- $\alpha$  (sensibilidade 4 pg/ml) foram avaliadas em amostras de soro usando kit ELISA Ready-Set-go (eBioscience® Viena, Áustria), glicose (mg/dl), colesterol total (mg/dl), triglicérides (mg/dl) e HDL (mg/dl) foram avaliados em amostras plasmáticas utilizando kits comerciais (Labtest® São Paulo, Brasil). A razão IL-10/TNF- $\alpha$  foi calculada pela divisão de IL-10 (pg/ml) por TNF- $\alpha$  (pg/ml).

#### **6.4. Programa de treinamento com pesos**

Os participantes foram submetidos a um programa de TR com duração total de 12 semanas. O programa teve como finalidade o processo de força e hipertrofia muscular e foi realizado em três sessões semanais, em dias alternados (segundas, quartas e sextas-feiras, no período da manhã), composto por sete exercícios específicos para o treino convencional e com resistência elástica.

Tanto as cargas iniciais quanto os reajustes periódicos nas cargas a serem utilizados nos diferentes exercícios foram estabelecidos com base nos resultados obtidos mediante a aplicação de testes de peso por repetições máximas. Vale ressaltar que o intervalo de recuperação estabelecido entre as séries, em cada exercício, foi de 60 a 90 segundos, e entre os exercícios de dois a três minutos. Ao final de cada sessão, que terá duração total aproximada de 60 minutos, aproximadamente dez minutos foram destinados à realização de exercícios de alongamento para os grupamentos musculares trabalhados.

Os idosos foram ainda orientados para não participarem de nenhum outro tipo de programa de treinamento durante o período do estudo. As cargas utilizadas foram reajustadas individualmente durante o período de TR, na tentativa de que a intensidade inicial do treinamento fosse preservada ao longo do período experimental. Foram

considerados elegíveis a participarem do estudo como amostra válida idosos e idosas com frequência superior a 75% no programa de treinamento.

#### **6.4.1. Treinamento resistido com tubos elásticos**

O treinamento com resistência elástica foi realizado em cadeiras preparadas especialmente para os exercícios. As referências dos tubos elásticos utilizados foram: 200, 201, 202, 203, 204 e 205 (Anexo 3).

No início, todos os participantes iniciaram o programa com a realização de duas séries de 15 repetições para cada exercício, com avanço no número de séries para três a partir da terceira semana. As repetições foram ajustadas, obedecendo a progressão de cada participante, e respeitando a relação volume x intensidade. Ao fim do programa, os participantes terminaram os exercícios com aproximadamente 6 a 8 repetições.

Para a execução do treino resistido de flexão e abdução de ombro, flexão de cotovelo e extensão de joelhos, o idoso permaneceu sentado em uma cadeira previamente elaborada seguindo os padrões da cadeira utilizada para o teste de dinamometria. Para o movimento de flexão de joelhos o idoso ficou em posição ortostática, em frente à cadeira.

A cadeira (Anexo 4) apresenta medida de 72 cm de altura e 52cm de largura, possui suporte de encaixe do tubo elástico para cada grupo muscular a ser trabalhado.

Para tanto, uma extremidade do tubo (Anexo 5 - a) ficou fixa ao segmento do corpo que realizou o arco do movimento e a outra (Anexo 5 - b) fixa no suporte da cadeira.

Para o treino de membros inferiores esteve fixo em uma haste regulável posicionada na região posterior da cadeira permitindo seu ajuste ao tamanho do membro de cada idoso (Anexo 6 - a). O suporte de encaixe do tubo elástico para o treino de membros superiores foi fixado na extremidade inferior da cadeira (Anexo 6 - b).

Os exercícios com resistência elástica foram realizados na cadeira exercícios para flexão de ombro, flexão de cotovelo, abdução de ombro, extensão de joelho e flexão de joelho (Anexo 7), conforme descritos a seguir.

- Extensão de ombro (deltóide anterior, peitoral maior – porções claviculares e toracobraquial): o idoso permaneceu sentado adequadamente na cadeira. Uma extremidade do tubo ficou fixo no suporte da cadeira e a outra a um puxador, onde o idoso segurou para realizar o movimento, enquanto a parte central do

tubo ficou fixa no suporte, e as duas extremidades ficaram presas às mãos do idoso. Inicialmente o idoso manteve o braço fixo em extensão ao lado do corpo e a seguir, elevou o braço anteriormente até atingir o ângulo de 90°.

- Flexão de cotovelo (bíceps, braquial, braquiorradial): o idoso permaneceu sentado na cadeira. A fixação do tubo elástico segue os mesmos critérios descritos acima. Inicialmente o braço ficou fixo e estendido ao lado do corpo e antebraço supinado e a seguir flexionou o cotovelo.

- Extensão de cotovelo (tríceps): o idoso permaneceu sentado na cadeira. Uma extremidade do tubo elástico ficou fixado na parte de trás da cadeira, em apoio próprio. A outra extremidade ficou presa à mão do idoso, por cima dos ombros, em ação muscular similar ao exercício de tríceps francês. Inicialmente o cotovelo ficou flexionado, com a mão apoiada sobre o ombro, e o movimento de flexão do cotovelo foi realizado com o avanço do antebraço à frente.

- Flexão de ombro (grandes dorsais): com o idoso na posição de pé, e com uma das extremidades do elástico presa ao suporte ao lado da cadeira, e a outra extremidade junto à mão do idoso, o mesmo, com a mão oposta apoiada no encosto da cadeira para estabilização do movimento, e com o cotovelo do membro em execução do movimento fletido em aproximadamente 90°, realizou o movimento de flexão de ombro, com movimento do cotovelo para a posição posterior do corpo.

- Abdução de ombro (deltóide médio e supraespinhoso): o idoso permaneceu sentado. Uma extremidade do tubo ficou fixa no suporte da cadeira e a outra a um puxador, onde foi realizado o movimento, enquanto a parte central do tubo se manteve fixa no suporte, e as duas extremidades presas às mãos do idoso. Inicialmente o braço permaneceu fixo em extensão ao lado do corpo e a seguir então foi elevado lateralmente até o ângulo de 90°.

- Extensão de joelho (quadríceps femoral): o idoso, sentado, flexionou os joelhos a 90°. A fixação do tubo foi na perna 5 cm acima do maléolo lateral; a altura do suporte da cadeira para fixação da outra extremidade do tubo foi regulada perpendicularmente ao membro do idoso. Para o tubo, considerando o mesmo ajuste de H do suporte da cadeira, a parte central passou pelo suporte, e as extremidades foram atadas na perna, 5 cm acima do maléolo lateral. O idoso foi orientado a realizar a extensão total de joelho e retornar à posição inicial para nova sequência.

- Flexão de joelho (semitendíneo, semimembráceo, bíceps femoral): o idoso, em posição ortostática em frente à cadeira, com a fixação do tubo seguindo os

mesmos critérios descritos acima, foi orientado a realizar a flexão total de joelhos e retornar a posição inicial para nova sequência.

#### **6.4.2. Treinamento Resistido em Aparelhos Convencionais (informações sobre volume e intensidade)**

Para o treino de força convencional foram utilizados equipamentos de musculação. Para o treino de membros superiores (flexão e abdução de ombro e flexão de cotovelo) foi utilizado equipamento de polia simples, e para o treino de membros inferiores (flexão e extensão de joelho), foi utilizada a cadeira flexora e extensora, com os exercícios realizados com um membro de cada vez. O protocolo de treinamento seguiu a mesma metodologia que o de tubos elásticos, porém como foi realizado em equipamento de musculação os incrementos foram realizados com os pesos fixos do equipamento.

O reajuste das cargas foi realizado sempre que o número previsto de repetições para a primeira série foi superado em duas repetições, em duas sessões de treinamento consecutivas (incremento de 2 a 5% para os exercícios de tronco e membros superiores e de 5 a 10% para os exercícios de membros inferiores). O programa de treinamento resistido contemplou grupos de treinamento com resistência elásticas e treinamento convencional.

O treinamento resistido convencional foi realizado em academia de musculação do Departamento de Educação Física da FCT/UNESP, em aparelhos específicos, ou com pesos, barras, anilhas e caneleiras.

#### **6.5. Análise estatística**

Inicialmente, o teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para a análise da distribuição dos dados. Informações sobre tendência central e dispersão dos dados foram apresentadas em média e desvio-padrão. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram tratados por meio da respectiva estatística não-paramétrica.

Teste t de Student para amostras dependentes foi utilizada para comparação dos valores entre os momentos pré e pós treinamento, para cada grupo (sarcopênicos e não-sarcopênicos; em treinamento com resistência elástica e convencional).

Teste t de Student para amostras independentes foi utilizado para comparação das variáveis (variações entre os momentos pré e pós treinamento) quando os grupos foram separados ou segundo condição clínica (sarcopênicos e não-sarcopênicos) ou treinamento (resistência elástica e convencional). Análise de correlação de Pearson foi

realizada para analisar a força e direção das correlações entre as variáveis de saúde celular (R, Xc e PhA) com as variáveis bioquímicas. Segundo estudo<sup>137</sup>, correlações acima de  $\pm 0,9$  são consideradas muito fortes, entre  $\pm 0,7$  e  $\pm 0,9$  forte, entre  $\pm 0,5$  e  $\pm 0,7$  moderada e entre  $\pm 0,3$  e  $\pm 0,5$  fraca.

Os vetores de Z média dos grupos estabelecidos para as elipses de confiança (95% da elipse de confiança) foram comparados por meio do teste T2 de Hotelling's. Para todas as análises estatísticas foi aceita significância de  $P < 0,05$ . Os dados foram registrados e analisados nos pacotes estatísticos SPSS para Windows, versão 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## 7. RESULTADOS

O estudo realizado em 12 semanas, contou com 30 idosos inicialmente convidados a participarem do programa de treinamento resistido (convencional e elástico). Os dados antropométricos, funcionais e de composição corporal no momento inicial, de mulheres (N=18) e homens (N=12), estão apresentados na Tabela 1. Nota-se que com distribuição segundo sexo no momento inicial do programa de treinamento, houve diferença nas variáveis avaliadas de FPM, MME, MLG, MIGO, IMM e QM ( $p < 0,05$ ).

A amostra apresenta valores médios de IMC, tanto para homens quanto para mulheres, altos, com índices superiores aos pontos de corte para sobrepeso (valores superiores a  $28 \text{ kg.m}^{-2}$ ), embora os valores de IMM serem também superiores aos pontos de corte para sarcopenia (homens  $> 8,5 \text{ kg.m}^{-2}$ ; mulheres  $> 5,75 \text{ kg.m}^{-2}$ ). Quanto à força muscular (FPM), os valores são levemente superiores aos pontos de corte para força normal (homens  $> 30 \text{ kg}$ ; mulheres  $> 20 \text{ kg}$ ), tanto para homens quanto para mulheres (Tabela 1).

Na Tabela 2 para variáveis bioquímicas e na Tabela 3 para as variáveis de impedância bioelétrica não foram verificadas diferenças estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ). Os valores bioquímicos, apresentados na Tabela 2, demonstram que as mulheres apresentam maiores valores de colesterol, superiores inclusive ao valor recomendado ( $190 \text{ mg/dl}$ ). Os valores de glicemia e HDL são normais, por outro lado ( $< 126 \text{ mg/dl}$  e  $> 45 \text{ mg/dl}$ , respectivamente).

Para as variáveis de impedância bioelétrica, valores relativamente baixos de PhA foram observados ( $\sim < 5$  graus), tanto para homens quanto para mulheres (Tabela 3).



Tabela 1. Características descritivas da amostra (média e desvio-padrão) no momento inicial do programa de treinamento para variáveis idade, funcionais e de composição corporal.

Variável	Amostra Completa (N = 30)	Mulheres (N = 18)	Homens (N = 12)	p
Idade, em anos	70,9 ± 7,6	69,7 ± 7,0	72,6 ± 8,4	0,319
Estatura, em cm	160,6 ± 8,1	155,1 ± 5,0	168,7 ± 4,0	0,000
Peso, em kg	75,3 ± 18,2	71,4 ± 17,9	81,0 ± 17,8	0,161
FPM, em kg	26,9 ± 10,1	21,3 ± 5,9	36,1 ± 9,0	0,000
Velocidade, em m/s	1,1 ± 0,2	1,0 ± 0,3	1,1 ± 0,1	0,242
MME, em kg	25,2 ± 6,1	22,0 ± 4,3	29,9 ± 5,2	0,000
MGC, em kg	29,0 ± 11,3	30,5 ± 12,3	26,8 ± 9,7	0,390
IMC, em kg.m <sup>-2</sup>	29,0 ± 6,4	29,5 ± 6,8	28,3 ± 5,9	0,627
MLG, em kg	46,2 ± 10,0	40,9 ± 6,9	54,1 ± 8,6	0,000
MIGO, em kg	42,9 ± 11,4	36,7 ± 7,8	52,0 ± 9,7	0,000
IMM, em kg.m <sup>-2</sup>	9,7 ± 1,7	9,1 ± 1,5	10,5 ± 1,7	0,023
QM	1,1 ± 0,2	1,0 ± 0,2	1,2 ± 0,2	0,015

Notas: FPM = força de prensão manual; MME = massa muscular esquelética; MGC = massa de gordura corporal; IMC = índice de massa corporal; MLG = massa livre de gordura; MIGO = massa isenta de gordura e osso; IMM = índice de massa muscular; QM = qualidade muscular.

Tabela 2. Características descritivas da amostra (média e desvio-padrão) no momento inicial do programa de treinamento para variáveis bioquímicas.

Variável	Amostra Completa (N = 30)	Mulheres (N = 18)	Homens (N = 12)	p
TNF, em pg/ml	61,4 ± 42,5	55,3 ± 41,5	70,5 ± 44,0	0,344
IL10, em pg/ml	3,9 ± 1,3	3,6 ± 1,3	4,3 ± 1,3	0,137
IL6, em pg/ml	2,8 ± 3,3	2,9 ± 4,1	2,7 ± 1,5	0,833
Colesterol, em mg/dl	188,1 ± 67,3	194,7 ± 82,1	179,8 ± 44,5	0,593
Glicemia, em mg/dl	97,0 ± 22,8	97,3 ± 24,6	96,7 ± 20,9	0,941
TAG, em mg/dl	149,4 ± 79,5	156,7 ± 97,9	138,5 ± 40,7	0,549
HDL, em mg/dl	40,8 ± 12,7	41,7 ± 15,1	39,7 ± 9,1	0,705
TNF / IL10	16,8 ± 14,3	16,7 ± 16,2	16,8 ± 11,4	0,983
IL6 / IL10	0,9 ± 1,3	1,0 ± 1,6	0,8 ± 0,7	0,608

Notas: TNF- $\alpha$  = fator de necrose tumoral; IL-10 = interleucina 10; IL-6 = interleucina 6; TAG = triglicérides; HDL = lipoproteínas de alta densidade; TNF- $\alpha$ /IL-10 = razão entre TNF- $\alpha$  e IL-10; IL-6/IL-10 = razão entre IL-6 e IL-10.

Tabela 3. Características descritivas da amostra no momento inicial do programa de treinamento para variáveis de impedância bioelétrica.

Variável	Amostra Completa (N = 30)	Mulheres (N = 18)	Homens (N = 12)	p
Resistência, em ohms	587,2 ± 101,7	615,0 ± 97,7	545,6 ± 96,7	0,066
Reatância, em ohms	49,0 ± 5,5	49,7 ± 5,7	47,9 ± 5,3	0,393
Ângulo de fase, em ohms	4,85 ± 0,65	4,68 ± 0,58	5,10 ± 0,69	0,079

Na Tabela 4 entre os momentos pré e pós-treinamento das variáveis morfológicas, funcionais, bioquímicas e de impedância bioelétrica, segundo condição (sarcopênicos x não-sarcopênicos), quando comparados observa-se diferença intragrupo para variáveis de FPM ( $7,8 \pm 11,8$ ;  $9,9 \pm 13,4$  kg), respectivamente e QM ( $9,9 \pm 13,4$ ) para o grupo não-sarcopênico.

A comparação entre os grupos no momento inicial do estudo ocorreu diferença para as variáveis de peso ( $61,0 \pm 9,3$ ;  $89,6 \pm 12,8$  kg), IMM ( $8,4 \pm 1,0$ ;  $10,9 \pm 1,2$  kg.m<sup>-2</sup>), R ( $655,1 \pm 86,2$ ;  $519,4 \pm 64,3$  ohms) e PhA ( $4,39 \pm 0,28$ ;  $5,31 \pm 0,58$  graus), bem como diferença entre grupos e momentos na variável IMM ( $1,5 \pm 3,7$ ;  $-1,2 \pm 2,9$  kg.m<sup>-2</sup>), respectivamente.

A relação entre os grupos e intragrupos entre momentos pré e pós treinamento para as demais variáveis, não foram verificadas diferenças estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ). Embora tenha sido verificado uma tendência para maiores valores de glicemia ( $-12,2 \pm 38,0$  %) e TAG ( $-7,5 \pm 26,8$  %) para o grupo sarcopênico, o PhA ( $5,43 \pm 0,64$  graus) dos não sarcopênicos pós treinamento foi superior aos idosos sarcopênicos ( $4,40 \pm 0,52$  graus), porém não significativa.

Tabela 4. Alteração dos valores (média e desvio-padrão) entre os momentos pré e pós-treinamento das variáveis morfológicas, funcionais, bioquímicas e de bioimpedância, segundo condição (sarcopênicos x não-sarcopênicos).

Variáveis	Sarcopênicos (N = 15)			Não-sarcopênicos (N = 15)		
	Pré-treino	Pós-treino	Variação (%)	Pré-treino	Pós-treino	Variação (%)
Peso, em kg	61,0 ± 9,3 <sup>#</sup>	62,8 ± 9,8	1,0 ± 2,8	89,6 ± 12,8 <sup>#</sup>	90,5 ± 15,8	0,2 ± 2,5
FPM, em kg	24,3 ± 7,2	26,4 ± 7,4	7,8 ± 11,8*	29,4 ± 12,1	33,4 ± 11,5	9,9 ± 13,4*
IMM, em kg.m-2	8,4 ± 1,0 <sup>#</sup>	8,5 ± 1,0	1,5 ± 3,7 <sup>\$</sup>	10,9 ± 1,2 <sup>#</sup>	10,9 ± 1,4	-1,2 ± 2,9 <sup>\$</sup>
QM	1,1 ± 0,2	1,2 ± 0,2	6,1 ± 13,6	1,0 ± 0,3	1,1 ± 0,2	12,3 ± 14,8*
TNF, em pg/ml	68,1 ± 49,5	69,6 ± 48,5	1,2 ± 38,0	54,6 ± 34,5	56,5 ± 21,6	69,6 ± 193,5
IL10, em pg/ml	3,8 ± 1,4	4,3 ± 1,7	25,8 ± 82,1	3,9 ± 1,3	3,7 ± 1,1	-4,6 ± 24,7
IL6, em pg/ml	1,7 ± 1,0	1,8 ± 1,3	22,5 ± 87,2	3,8 ± 4,2	2,3 ± 1,4	17,4 ± 93,9
Colesterol, em mg/dl	175,0 ± 46,4	211,5 ± 76,1	29,5 ± 48,9	198,4 ± 80,3	200,3 ± 38,7	14,0 ± 45,6
Glicemia, em mg/dl	90,5 ± 17,9	78,3 ± 33,5	-12,2 ± 38,0	103,6 ± 25,8	93,9 ± 30,4	-6,7 ± 36,9
TAG, em mg/dl	147,3 ± 68,5	122,9 ± 20,4	-7,5 ± 26,8	151,5 ± 91,6	145,2 ± 30,2	15,6 ± 66,7
HDL, em mg/dl	43,6 ± 16,4	58,3 ± 9,7	63,1 ± 68,4*	38,5 ± 8,4	63,1 ± 3,1	74,4 ± 33,9*
TNF / IL10	19,1 ± 16,5	16,9 ± 11,6	-1,2 ± 66,0	14,4 ± 11,7	18,8 ± 18,9	68,8 ± 150,9
IL6 / IL10	0,5 ± 0,5	0,5 ± 0,4	18,1 ± 75,3	1,2 ± 1,7	0,7 ± 0,7	36,1 ± 127,0
R, em ohms	655,1 ± 86,2 <sup>#</sup>	626,9 ± 74,7	-5,4 ± 5,2	519,4 ± 64,3 <sup>#</sup>	507,1 ± 69,5	-1,2 ± 7,6
Xc, em ohms	50,0 ± 5,1	48,1 ± 7,0	-5,1 ± 10,0	48,0 ± 5,9	48,2 ± 9,3	0,2 ± 13,5
PhA, em ohms	4,39 ± 0,28 <sup>#</sup>	4,40 ± 0,52	0,2 ± 7,8	5,31 ± 0,58 <sup>#</sup>	5,43 ± 0,64	1,2 ± 8,0

Notas: FPM = força de prensão manual; IMM = índice de massa muscular; QM = qualidade muscular; TNF- $\alpha$  = fator de necrose tumoral; IL-10 = interleucina 10; IL-6 = interleucina 6; TAG = triglicérides; HDL = lipoproteínas de alta densidade; TNF- $\alpha$ /IL-10 = razão entre TNF- $\alpha$  e IL-10; IL-6/IL-10 = razão entre IL-6 e IL-10; R = resistência; Xc = reatância; PhA = ângulo de fase.

# diferença entre os grupos no momento inicial do estudo.

\* diferença intragrupo entre pré e pós treinamento.

\$ diferença entre grupos e momentos.

Na tabela 5 entre os momentos pré e pós-treinamento, segundo grupo de treinamento (elástico x musculação convencional), houve diferença estatisticamente significantes intragrupo entre pré e pós treinamento no grupo elástico para variáveis de FPM ( $9,9 \pm 12,4$  %), QM ( $9,8 \pm 14,1$  %) e R ( $-4,3 \pm 5,8$  %), para ambos os grupos na variável HDL ( $60,7 \pm 35,5$ ;  $81,4 \pm 71,4$  %), respectivamente e no grupo convencional para a variável glicemia ( $-26,5 \pm 45,0$  %).

Houve diferença entre grupos e momentos para as variáveis de IL-6 ( $55,6 \pm 97,6$ ;  $-26,1 \pm 50,7$  %) e glicemia ( $4,3 \pm 21,7$ ;  $-26,5 \pm 45,0$  %), respectivamente. Os altos desvios padrões apresentados nas variações bioquímicas (TNF- $\alpha$ , IL-10 E IL-6) identifica uma grande variabilidade dos valores individuais e dos coeficientes de variação.

Tabela 5. Alteração dos valores (média e desvio-padrão) entre os momentos pré e pós-treinamento das variáveis morfológicas, funcionais, bioquímicas e de bioimpedância, segundo grupo de treinamento (elástico x musculação convencional).

Variáveis	Elástico (N = 16)			Convencional (N = 14)		
	Pré-treino	Pós-treino	Variação %	Pré-treino	Pós-treino	Variação %
Peso, em kg	77,8 ± 18,3	81,6 ± 17,2	0,7 ± 3,0	72,3 ± 18,4	71,5 ± 20,9	0,4 ± 2,3
FPM, em kg	29,5 ± 11,0	31,8 ± 10,1	9,9 ± 12,4*	23,2 ± 7,7	28,2 ± 10,4	7,4 ± 12,9
IMM, em kg.m-2	9,8 ± 1,5	9,8 ± 1,4	0,4 ± 3,9	9,5 ± 1,9	9,3 ± 2,1	-0,1 ± 3,2
QM	1,1 ± 0,2	1,2 ± 0,2	9,8 ± 14,1*	1,1 ± 0,2	1,2 ± 0,2	8,3 ± 15,4
TNF, em pg/ml	62,5 ± 42,6	61,4 ± 38,1	64,8 ± 181,5	60,0 ± 43,9	65,4 ± 38,1	-3,8 ± 32,8
IL-10, em pg/ml	4,1 ± 1,2	4,1 ± 0,7	4,1 ± 25,6	3,6 ± 1,4	4,0 ± 2,0	19,8 ± 90,0
IL-6, em pg/ml	2,9 ± 4,2	2,3 ± 1,2	55,6 ± 97,6\$	2,7 ± 1,9	1,8 ± 1,5	-26,1 ± 50,7\$
Colesterol, em mg/dl	199,4 ± 74,2	217,3 ± 63,4	21,1 ± 47,5	173,7 ± 57,6	192,3 ± 55,3	21,2 ± 48,2
Glicemia, em mg/dl	98,1 ± 24,5	98,6 ± 13,5	4,3 ± 21,7\$	95,9 ± 21,6	70,0 ± 41,7	-26,5 ± 45,0*,\$
TAG, em mg/dl	147,5 ± 87,0	135,5 ± 28,2	3,6 ± 25,6	151,6 ± 73,3	131,4 ± 27,7	3,8 ± 71,8
HDL, em mg/dl	40,3 ± 9,3	60,1 ± 8,1	60,7 ± 35,5*	41,6 ± 16,8	61,4 ± 7,1	81,4 ± 71,4*
TNF / IL-10	15,2 ± 10,7	14,7 ± 8,1	56,8 ± 149,0	18,5 ± 17,8	21,9 ± 21,5	3,1 ± 55,5
IL-6 / IL-10	0,9 ± 1,6	0,6 ± 0,3	61,3 ± 123,8	0,9 ± 0,8	0,7 ± 0,8	-14,0 ± 58,0
R, em ohms	586,7 ± 105,9	558,8 ± 85,9	-4,3 ± 5,8*	587,8 ± 100,6	584,3 ± 105,9	-2,2 ± 8,0
Xc, em ohms	49,5 ± 5,9	48,1 ± 8,0	-2,8 ± 10,9	48,4 ± 5,1	48,2 ± 8,5	-2,1 ± 13,6
PhA, em ohms	4,88 ± 0,53	4,96 ± 0,71	1,3 ± 7,7	4,81 ± 0,78	4,80 ± 0,88	-0,2 ± 8,2

Notas: FPM = força de prensão manual; IMM = índice de massa muscular; QM = qualidade muscular; TNF- $\alpha$  = fator de necrose tumoral; IL-10 = interleucina 10; IL-6 = interleucina 6; TAG = triglicérides; HDL = lipoproteínas de alta densidade; TNF- $\alpha$ /IL-10 = razão entre TNF- $\alpha$  e IL-10; IL-6/IL-10 = razão entre IL-6 e IL-10; R = resistência; Xc = reatância; PhA = ângulo de fase.

\* diferença intragrupo entre pré e pós treinamento.

\$ diferença entre grupos e momentos.

A análise de correlação de Pearson, exposta na tabela 6, entre as variáveis de impedância bioelétrica e variáveis bioquímicas, funcionais e de composição corporal no momento inicial do estudo, foi verificada correlações positivas significantes entre R e FPM (correlação fraca  $r = 0,42$ ;  $p = 0,040$ ), PhA e FPM (correlação moderada  $r = 0,51$ ;  $p = 0,011$ ) e negativo para Xc e IMC (correlação fraca  $r = -0,38$ ;  $p = 0,037$ ), sem separação segundo grupo de treinamento e condição clínica.

Já a análise de correlação entre as variações percentuais entre os momentos inicial e final do estudo, na Tabela 7, das variáveis de impedância bioelétrica e variáveis bioquímicas, funcionais e de composição corporal, sem divisão entre grupo de treinamento e condição clínica, houve correlações positivas significantes entre PhA e glicemia (correlação fraca  $r = 0,40$ ;  $p = 0,037$ ), R e TAG (correlação fraca  $r = 0,37$ ;  $p = 0,056$ ), PhA e HDL (correlação fraca  $r = 0,41$ ;  $p = 0,044$ ) e negativo para R e MIGO (correlação fraca  $r = -0,44$ ;  $p = 0,027$ ).

Tabela 6. Análise de correlação entre variáveis de impedância bioelétrica e variáveis bioquímicas, funcionais e de composição corporal no momento inicial do estudo.

Variável	Resistência		Reatância		Ângulo de Fase	
	Correlação	p	Correlação	p	Correlação	p
TNF- $\alpha$	0,08	0,684	0,18	0,334	0,06	0,769
IL-10	0,00	0,991	0,00	0,989	0,07	0,701
IL-6	-0,20	0,317	-0,22	0,266	0,04	0,847
Colesterol	-0,04	0,851	0,26	0,216	0,23	0,278
Glicemia	-0,27	0,153	-0,18	0,345	0,21	0,267
TAG	-0,01	0,966	0,03	0,887	0,06	0,772
HDL	0,27	0,192	-0,05	0,820	-0,36	0,069
TNF-/IL-10	0,15	0,422	0,23	0,223	-0,01	0,958
IL-6 / IL-10	-0,16	0,423	-0,20	0,304	0,00	0,999
FPM	-0,42	0,040	-0,02	0,942	0,51	0,011
Velocidade	-0,18	0,359	0,21	0,290	0,36	0,063
MME	-0,74	0,000	-0,19	0,320	0,83	0,000
MGC	-0,59	0,000	-0,29	0,116	0,52	0,003
IMC	-0,74	0,000	-0,38	0,037	0,63	0,000
MLG	-0,74	0,000	-0,22	0,254	0,82	0,000
MIGO	-0,70	0,000	-0,19	0,309	0,80	0,000
IMM	-0,87	0,000	-0,30	0,105	0,90	0,000
QM	0,05	0,828	0,12	0,563	0,04	0,838

Notas: TNF- $\alpha$  = fator de necrose tumoral; IL-10 = interleucina 10; IL-6 = interleucina 6; TAG = triglicérides; HDL = lipoproteínas de alta densidade; TNF- $\alpha$ /IL-10 = razão entre TNF- $\alpha$  e IL-10; IL-6/IL-10 = razão entre IL-6 e IL-10; FPM = força de prensão manual; MME = massa musculoesquelética; MGC = massa de gordura corporal; IMC = índice de massa corporal; MLG = massa livre de gordura; MIGO = massa isenta de gordura e osso; IMM = índice de massa muscular; QM = qualidade muscular;.



Tabela 7. Análise de correlação entre as variações percentuais entre os momentos inicial e final do estudo das variáveis de impedância bioelétrica e variáveis bioquímicas, funcionais e de composição corporal.

Variável	Resistência		Reatância		Ângulo de Fase	
	Correlação	p	Correlação	p	Correlação	p
TNF- $\alpha$	-0,05	0,797	-0,05	0,797	-0,02	0,916
IL-10	0,20	0,323	0,03	0,902	-0,11	0,575
IL-6	0,09	0,699	0,25	0,242	0,34	0,112
Colesterol	-0,12	0,574	-0,06	0,802	0,03	0,895
Glicemia	-0,01	0,963	0,24	0,231	0,40	0,037
TAG	0,37	0,056	0,36	0,064	0,19	0,344
HDL	0,20	0,352	0,38	0,066	0,41	0,044
TNF-/IL-10	-0,15	0,471	-0,13	0,530	-0,07	0,746
IL-6 / IL-10	-0,06	0,804	0,20	0,354	0,38	0,075
FPM	0,18	0,424	-0,07	0,774	-0,29	0,191
Velocidade	0,20	0,353	0,16	0,459	0,07	0,758
MME	-0,69	0,000	-0,54	0,004	-0,23	0,241
MGC	-0,01	0,974	0,01	0,956	0,02	0,924
IMC	-0,63	0,000	-0,49	0,009	-0,22	0,274
MLG	-0,77	0,000	-0,63	0,000	-0,31	0,122
MIGO	-0,44	0,027	-0,32	0,114	-0,09	0,669
IMM	-0,69	0,000	-0,54	0,004	-0,23	0,241
QM	0,35	0,106	0,11	0,638	-0,18	0,437

Notas: TNF- $\alpha$  = fator de necrose tumoral; IL-10 = interleucina 10; IL-6 = interleucina 6; TAG = triglicérides; HDL = lipoproteínas de alta densidade; TNF- $\alpha$ /IL-10 = razão entre TNF- $\alpha$  e IL-10; IL-6/IL-10 = razão entre IL-6 e IL-10; FPM = força de prensão manual; MME = massa musculoesquelética; MGC = massa de gordura corporal; IMC = índice de massa corporal; MLG = massa livre de gordura; MIGO = massa isenta de gordura e osso; IMM = índice de massa muscular; QM = qualidade muscular;.

Nas análises da BIVA, segundo as elipses de confiança, divididos em pré e pós-treino (Figura 5A) nota-se que idosos apresentaram maiores valores de R e Xc no pré-treino, comparado ao pós-treino (Pré-treino: R =  $604,3 \pm 107,0$  ohms e Xc =  $50,1 \pm 5,4$  ohms; Pós-treino: R =  $584,8 \pm 102,0$  ohms e Xc =  $48,3 \pm 7,9$  ohms), entretanto, sem diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). Da mesma forma, quando separados segundo sexos (Figura 5B), não foram observadas diferenças ( $p > 0,05$ ) entre os momentos para cada sexo, embora tenha sido verificada tendência para maiores valores de PhA para os homens ( $p = 0,07$ ) em ambos os momentos (homens  $\approx 5,1$  graus; mulheres  $\approx 4,6$  graus), representado sobretudo pelos menores valores de R apresentado pelos homens.

Quando classificados segundo condição clínica (sarcopênico e não-sarcopênico) e grupo de treinamento (elástico e musculação), na análise da BIVA (Figura 6A e 6B), não foram verificadas diferenças significativas entre os momentos pré e pós-treinamento ( $p > 0,05$ ).

Entretanto, vale destacar as diferenças ( $p < 0,05$ ) tanto no momento inicial do estudo quanto no momento final, entre os grupos de idosos sarcopênicos (com maiores valores de R e menores valores de Xc) e não-sarcopênicos (Figura 6A), o que os colocaram com PhA diferentes (sarcopênicos  $\approx 4,4$  graus; não-sarcopênicos  $\approx 5,4$  graus).

Na análise dos vetores para marcadores inflamatórios (Figuras 7A, 7B e 7C), no momento inicial do estudo, foi possível verificar uma tendência de melhores (maiores) valores de PhA para os idosos menos inflamados, quando utilizado o marcador TNF- $\alpha$  como critério para a inflamação (Figura 7A). Idosos com valores de TNF- $\alpha$  abaixo do P50 apresentaram menores PhA, representado especialmente pelos menores valores de R. Para os demais marcadores, não foram identificadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ), nem tampouco tendências (Figura 7B para IL-10 e Figura 7C para IL-6).

Quando os índices foram calculados, com a razão entre TNF- $\alpha$ /IL-10 e IL-6/IL-10, na análise dos vetores (Figuras 8A e 8B), nenhuma diferença estatisticamente significativa foi observada ( $p > 0,05$ ).

Finalmente, quando foram analisadas as variações dos marcadores inflamatórios entre os momentos pré e pós-treinamento com os vetores de impedância bioelétrica no momento inicial do estudo (o que aconteceu com os valores bioquímicos de acordo com as condições iniciais dos sujeitos em relação aos parâmetros de bioimpedância), não foram observadas diferenças estatisticamente significantes para a variação do TNF- $\alpha$  (Figura 9A), IL-10 (Figura 9B) e IL-6 (Figura 9C).

Mas pode-se chamar a atenção para a Figura 9B, onde é possível perceber uma leve tendência nos vetores para IL-10, com aqueles idosos com menores valores de PhA no momento inicial do estudo apresentando maiores aumentos no marcador IL-10 ao longo do programa de treinamento ( $\Delta\% \approx 25\%$ ) em relação ao grupo que já apresentava valores mais altos de PhA ( $\Delta\% \approx -4\%$ ).

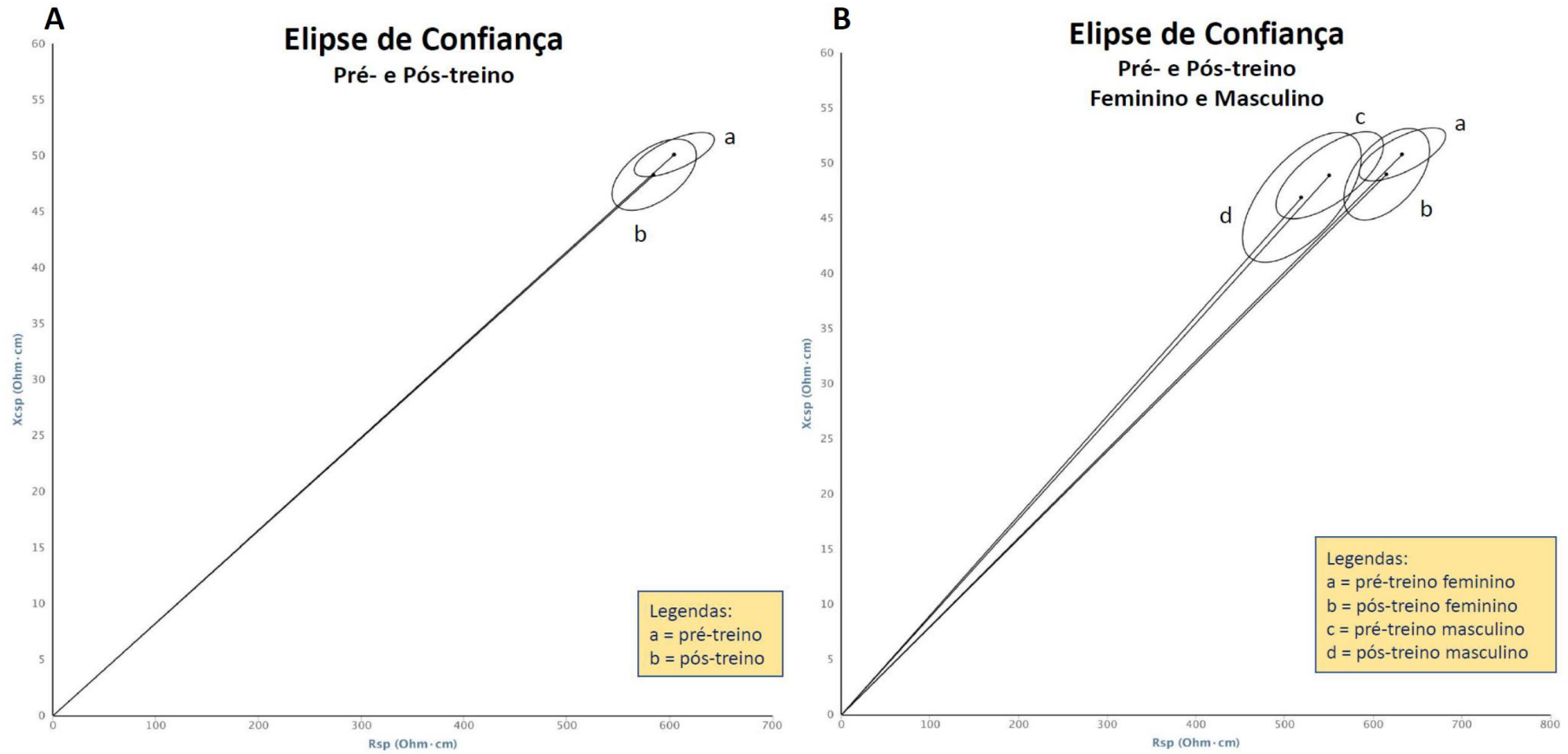


Figura 5. Elipses de confiança dos idosos nos momentos pré e pós-treinamento, segundo sexo (B) e grupo geral (A).

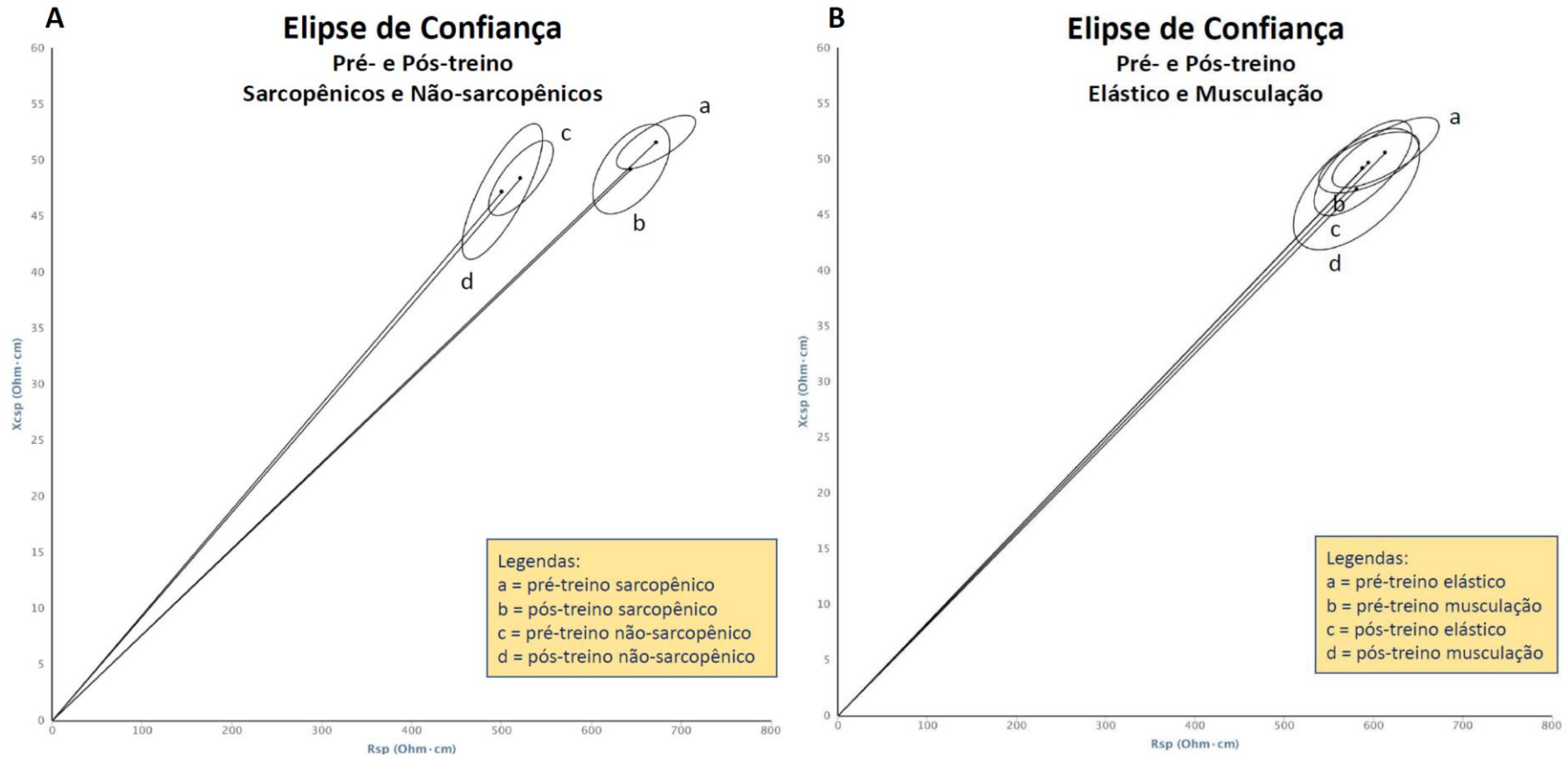


Figura 6. Elipses de confiança dos idosos nos momentos pré e pós-treinamento, segundo condição clínica (A) e grupos de treinamento (B).

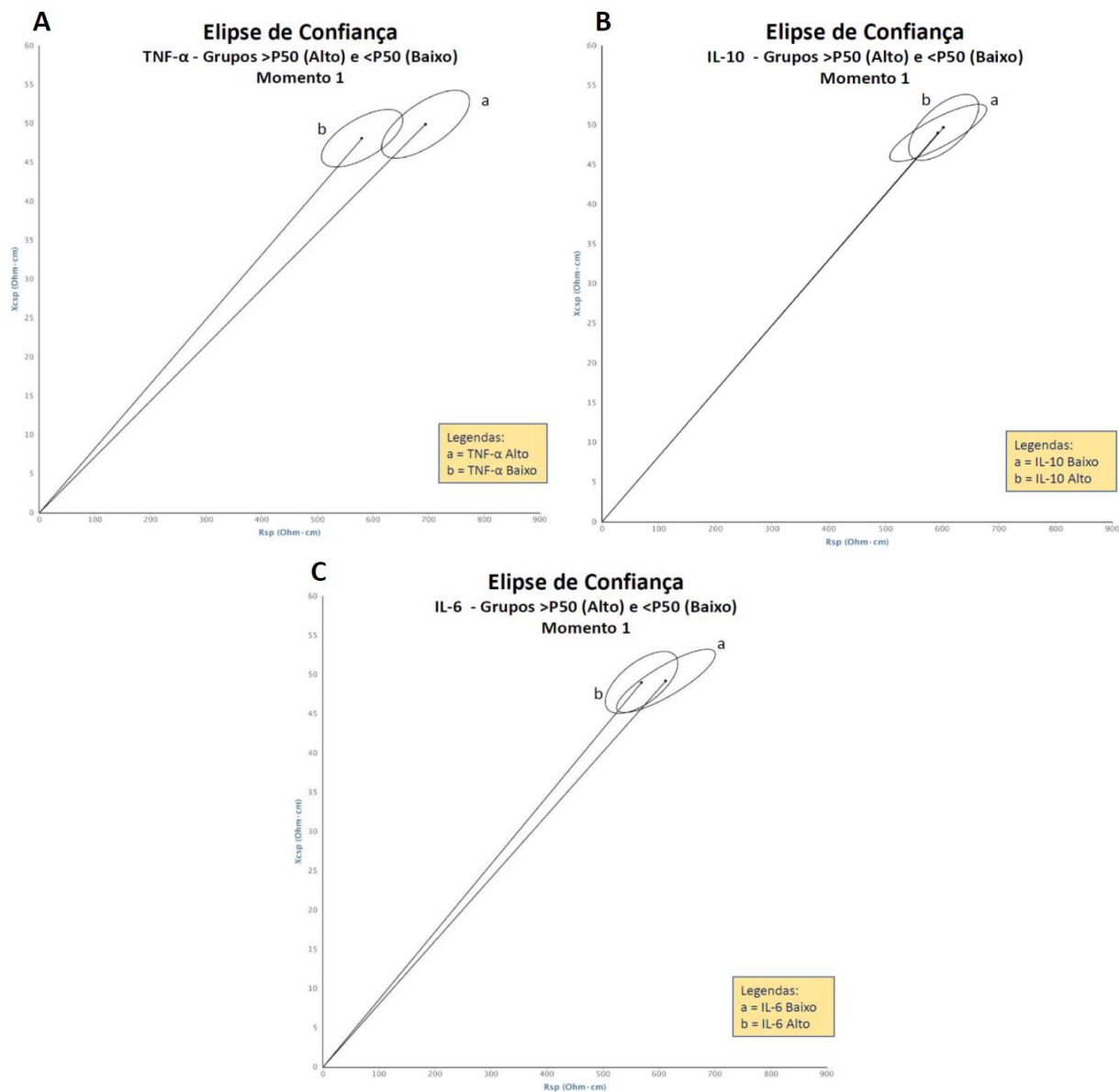


Figura 7. Elipses de confiança dos idosos no momento inicial do programa de treinamento segundo grupos com valores altos ( $P > 50$ ) e baixos ( $P < 50$ ) dos marcadores TNF- $\alpha$  (A), IL-10 (B) e IL-6 (C).

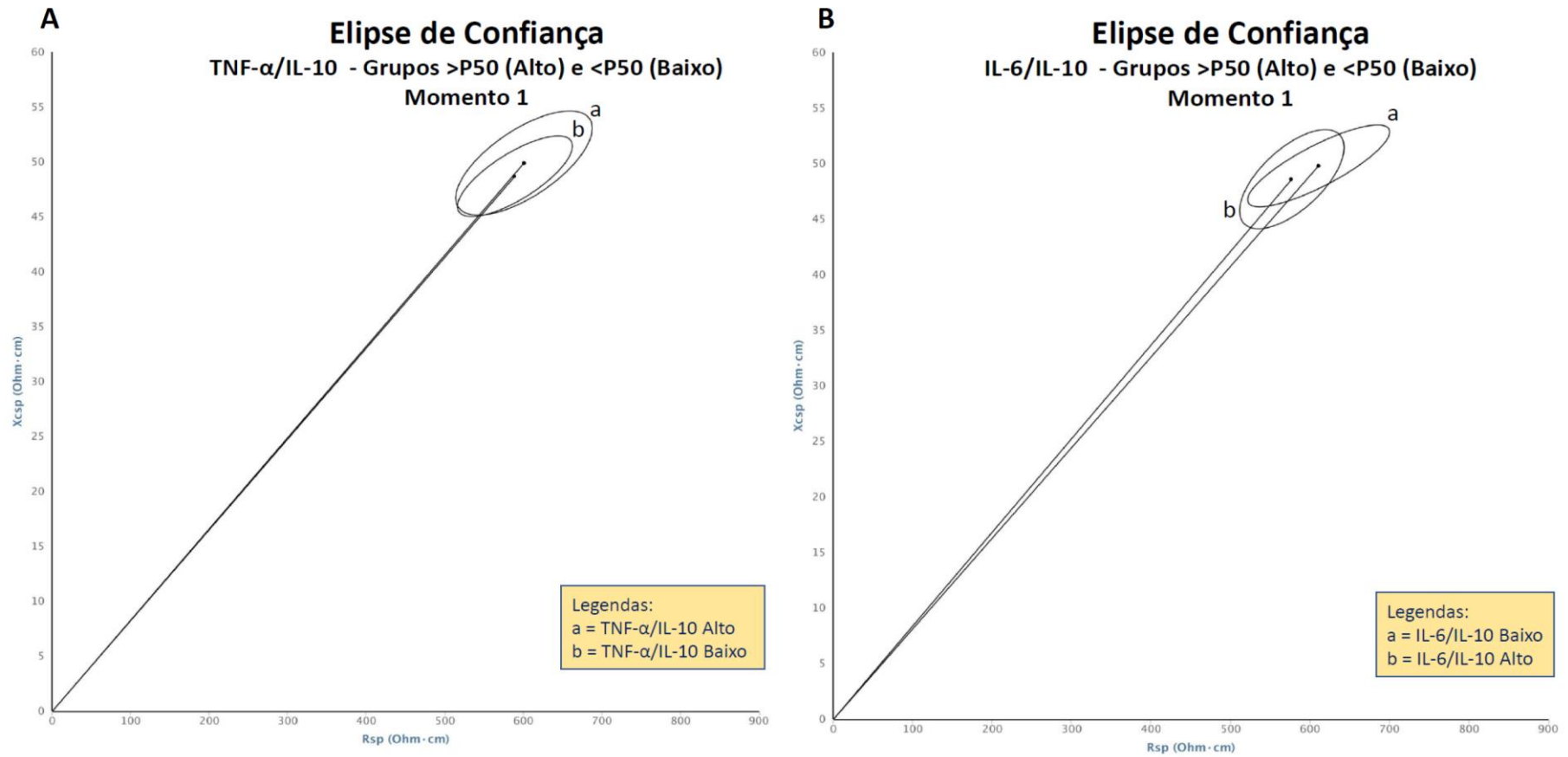


Figura 8. Elipses de confiança dos idosos no momento inicial do programa de treinamento segundo grupos com valores altos ( $P > 50$ ) e baixos ( $P < 50$ ) dos índices TNF- $\alpha$ /IL-10 (A) e IL-6/IL-10 (B).

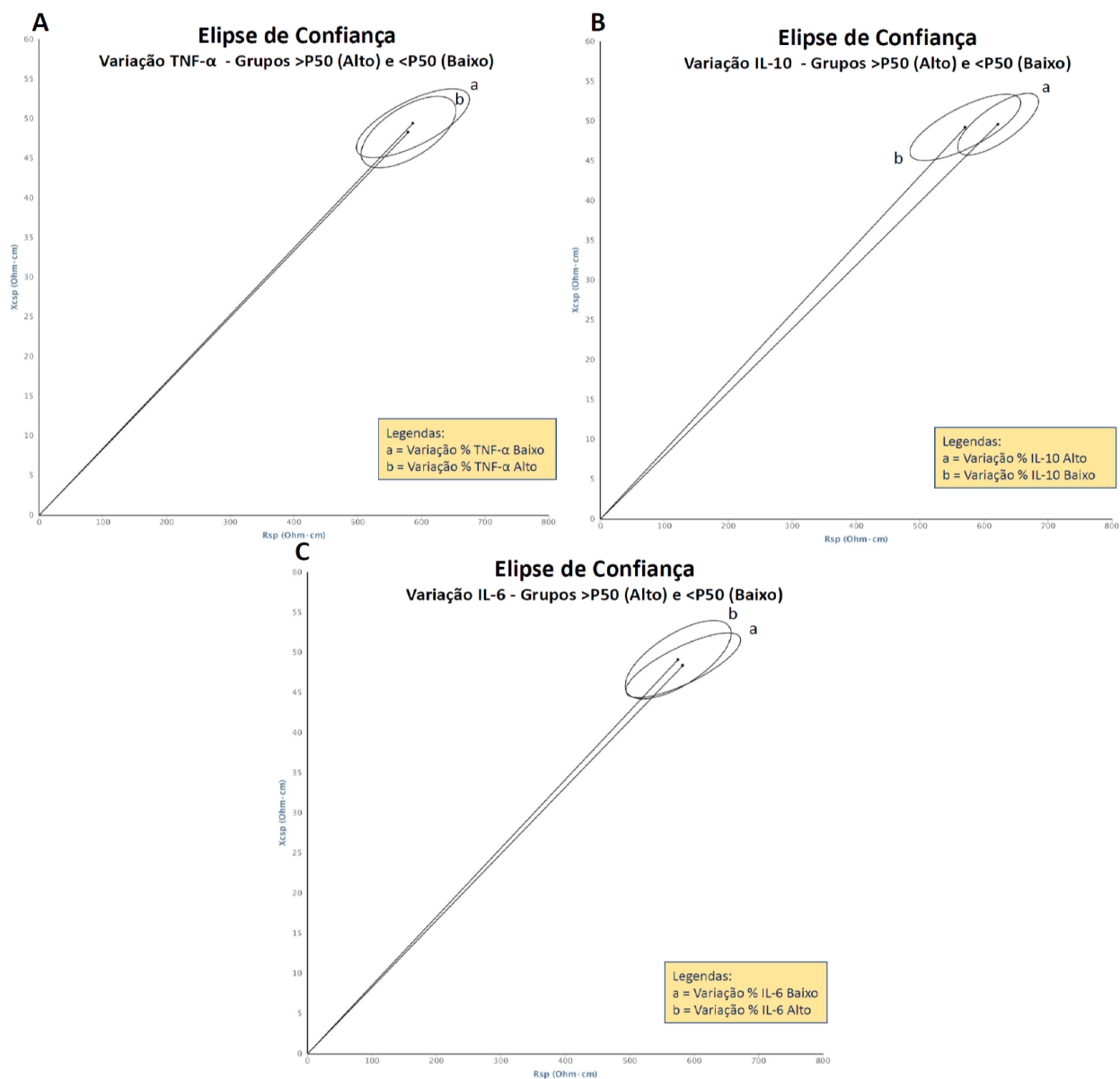


Figura 9. Elipses de confiança dos idosos no momento inicial do estudo segundo grupos classificados com valores de variação % altos ( $P > 50$ ) e baixos ( $P < 50$ ) para os marcadores inflamatórios TNF- $\alpha$  (A), IL-10 (B) e IL-6 (C).



## 8. DISCUSSÃO

O presente estudo trata-se de um ensaio clínico randomizado e controlado, com quatro grupos, mas com aleatorização entre as duas condições clínicas (dois grupos de treinamento – elástico e musculação convencional – para sarcopênicos e dois grupos de treinamento para os não-sarcopênicos). O objetivo principal foi comparar os efeitos dos dois modelos de treinamento resistido, ao longo do período de 12 semanas, sobre variáveis de marcadores inflamatórios e a BIVA, em idosos sarcopênicos e não sarcopênicos. Paralelamente, procurou se estabelecer relações entre parâmetros de impedância bioelétrica e variáveis inflamatórias, de composição corporal e funcionais em um corte transversal.

Os estudos sobre sarcopenia ganham destaque nos anos 2000, com aumento considerável do número de publicações relacionados a temática nos últimos vinte anos, o que nos remete a importância de tratar esta condição classificada atualmente como uma doença, segundo o CID 10 M.62.84, para um envelhecimento saudável e com maior qualidade de vida, através de estratégias simples, não farmacológicas de fácil aplicabilidade. Assim, estudos a respeito da sarcopenia, considerando ainda o treinamento resistido com tubos elásticos, sendo ensaios clínicos randomizados e controlados, este índice de estudos se torna extremamente escasso.

Desta forma, a comparação dos resultados obtidos neste estudo, especialmente com idosos sarcopênicos submetidos a programa de treinamento resistido com tubos elásticos, torna-se dificultoso, uma vez que poucos estudos delimitam os temas.

Diante do exposto, os principais achados do presente estudo foram identificados em especial para as análises comparativas pré e pós-treinamento, segundo grupos distintos: treinamento com resistência elástica (maior FPM, maior QM, menor R e maior HDL), treinamento resistido convencional (maior HDL e menor glicemia), sarcopênicos (maior FPM e maior HDL) e não sarcopênicos (maior FPM, maior QM e maior HDL). Na análise comparativa das alterações ao longo do programa de treinamento entre os grupos estudados, foram verificadas diferenças superiores para a variável IMM para o grupo de idosos sarcopênicos, comparados aos idosos não-sarcopênicos e na comparação entre os tipos de treino, maiores reduções para as variáveis IL-6 e glicemia para o grupo de treinamento convencional (musculação), comparado ao grupo de treinamento com resistência elástica.

As variações citadas acima podem ser justificadas diante das diferenças ocorridas dos resultados entre os grupos no momento inicial do estudo, onde o grupo não-sarcopênico apresentou maior peso corporal, IMM, PhA ( $89,6 \pm 12,8$  kg;  $10,9 \pm 1,2$

kg.m<sup>-2</sup>; 5,31 ± 0,5 graus), e menor R (519,4 ± 64,3 ohms), comparando com o grupo sarcopênico (61,0 ± 9,3 kg; 8,4 ± 1,0 kg.m<sup>-2</sup>; 4,39 ± 0,28 graus; 655,1 ± 86,2 ohms), respectivamente. Estes resultados apontam que a perda da massa muscular e força muscular resultam nos valores de R maiores e PhA menores. O estudo constatou também diferença estatística entre grupos e momentos na variação de IMM, evidenciando um aumento maior novamente para o grupo não-sarcopênico (-1,2 ± 2,9 % contra 1,5 ± 3,7 % para o grupo sarcopênico).

Alguns estudos relatam esses resultados em suas pesquisas, considerando ambas condições clínicas, onde idosos com melhores índices de R e Xc obtiveram PhA maiores, conseqüentemente possuem uma melhor qualidade na integridade da membrana celular, com ressalva da importância do aumento das variáveis IMM, FM e QM quando comparados aos idosos com menor PhA<sup>75</sup>.

Algumas dessas variáveis no momento inicial do programa de treinamento, quando divididos segundo sexo (mulheres e homens), ocorreu diferença significativa no IMM e QM (0,023% e 0,015%, respectivamente) e para variáveis bioquímicas e de impedância bioelétrica não houveram diferenças estatísticas.

Considerando os resultados apresentados, uma alternativa de treinamento resistido utilizado no presente estudo na tentativa de aumentar a qualidade de vida, principalmente dos idosos sarcopênicos, são com tubos elásticos, dispositivos de fácil manuseio, eficaz, viável<sup>138</sup> e acessíveis a um maior número de pessoas, independente da classe social, sobretudo a pacientes crônicos e pessoas idosas, com a possibilidade de realizar os exercícios em nível domiciliar<sup>139</sup> e institucional<sup>88</sup>, o que pode favorecer pessoas sarcopênicas incorporando supervisão parcial a nível domiciliar. Sabe-se também que o treinamento resistido convencional é eficaz no tratamento e prevenção de doenças, bem como na melhora da performance física, e saúde<sup>140,141</sup>.

Um estudo realizado em paciente com DPOC apresentou melhorias sobre a qualidade de vida e força muscular e com efeitos maiores sobre a capacidade de exercício funcional no GTE em comparação com o GTC, no entanto uma limitação do estudo era que os treinamentos possuíam protocolos distintos<sup>88</sup>. Dessa forma, outro estudo optou por realizar um protocolo de treinamento que pudesse ser realizado igualmente em ambos os grupos, somente os diferindo quanto a ferramenta utilizada, tubos elásticos ou aparelho de musculação ainda com pacientes com DPOC e concluíram que o GTE apresentou melhora na força muscular periférica e capacidade funcional<sup>142</sup>.

Em outro estudo houve melhora na força muscular em adultos com idade superior a 65 anos após treinamento resistido, utilizando faixas elásticas em ambiente domiciliar, porém os autores concluíram que é necessário comparações do treinamento com resistência elástica aos modos convencionais visto que os mesmos realizaram comparações somente com um grupo controle<sup>139</sup>.

Os efeitos positivos obtidos do treinamento com tubos elásticos englobam maior ativação muscular devido a sensibilidade do reflexo de estiramento do sistema nervoso central, promovendo assim maior recrutamento de unidades motoras, inclusive quando comparada a aparelhos de exercícios isotônicos<sup>143</sup>.

Esse tipo de treinamento oferece resistência não apenas no plano vertical, mas em todo arco de movimento, aumentando a tensão linearmente a partir do início da contração até completar toda amplitude. Esta característica tende a exigir uma adaptação constante da modulação da força de forma mais fina comparado ao uso de pesos<sup>144</sup>. Esta condição pode ser considerada uma vantagem em relação ao treinamento convencional, pois quanto maior a quantidade formada de pontes cruzadas de actina e miosina, maior a quantidade de força gerada<sup>144</sup>.

Em estudos prévios demonstram por meio da eletromiografia que a ativação muscular de MMSS<sup>145</sup> e MMII<sup>146</sup> ao realizar o exercício utilizando resistência elástica é semelhante ao exercício realizado isotonicamente com halteres e aparelhos de musculação. Outros autores encontraram melhoras na força muscular de MMII em adultos idosos sedentários comparados ao grupo controle utilizando tubos elásticos<sup>138</sup>.

Além disso, o estudo evidenciou correlações significativamente positivas no momento inicial entre as variáveis de R e FPM, PhA e FPM, e correlação negativa entre Xc e IMC, sem separação segundo grupo de treinamento e condição clínica. Estes resultados são semelhantes aos estudos encontrados, que reforçam a ideia de quanto maior o PhA conseqüentemente o índice de FPM tende a ser maior. Outro estudo também revelou a relação da Xc e IMC, uma vez que a Xc se correlaciona positivamente com a massa celular, o estudo observou que uma Xc melhor mais baixo tenderia ser o IMC, resultados que vão de encontro com os apontados no estudo.

Já as correlações entre as variações percentuais entre os momentos inicial e final do estudo, houve correlações positivas significantes entre PhA e glicemia, R e TAG, PhA x HDL e correlação negativa entre R e MIGO.

Atendendo a um segundo objetivo específico, análise de vetores de impedância bioelétrica com abordagem clássica foi realizada, para verificar primeiro, possíveis diferenças entre os momentos iniciais e finais do programa de treinamento, frente a

esta metodologia de análise, e segundo, verificar possíveis diferenças entre grupos de idosos classificados por marcadores bioquímicos inflamatórios (IL-6, IL-10 e TNF- $\alpha$ ) e índices entre os marcadores, em uma análise transversal, considerando o início do treinamento como momento de avaliação.

Na análise longitudinal, o programa de treinamento resistido (ambos os modelos adotados) e tempo (12 semanas) não foram suficientes para repercutirem alterações nos vetores ( $p > 0,05$ ), seja na classificação segundo sexo, grupo de treinamento ou condição clínica. Destaca-se apenas uma tendência para maiores valores de ângulo de fase para os homens ( $p = 0,07$ ) em ambos os momentos comparados às mulheres, representado sobretudo pelos menores valores de resistência apresentado pelos homens.

Na análise transversal dos vetores para marcadores inflamatórios, também uma tendência para maiores valores de ângulo de fase para os idosos menos inflamados, ou seja, idosos com valores de TNF- $\alpha$  abaixo do P50 apresentaram menores ângulos de fase, representado especialmente pelos menores valores de resistência.

Finalmente, foi possível perceber uma leve tendência nos vetores para as alterações do IL-10 ao longo do estudo. Idosos com menores valores de ângulo de fase no momento inicial do estudo apresentaram maiores aumentos no marcador IL-10 ao longo do programa de treinamento em relação ao grupo que já apresentava valores mais altos de ângulo de fase.

Nenhum estudo, considerando a busca na literatura até o presente momento, demonstra as análises efetuadas no presente estudo, no que diz respeito aos vetores de bioimpedância em momentos pré e pós-treinamento, isoladamente ou com divisão dos grupos segundo os grupos divididos por níveis de inflamação, de acordo com marcadores específicos.

Neste caso, chamamos a atenção para o fato de que idosos sarcopênicos apresentam piores vetores em relação aos idosos não sarcopênicos, mas quando analisados os marcadores inflamatórios, estes apresentam, ainda que não significativo a alteração, melhores respostas em função do programa de treinamento. Também, homens tendem a apresentar maiores valores de ângulo de fase, representado no vetor, comparados às mulheres. As respostas observadas são biologicamente plausíveis, considerando os efeitos do treinamento sobre o sistema musculoesquelético, sobretudo nas células musculares, e as diferenças morfológicas entre os sexos.

O presente estudo teve como principais limitações, o fato de não ter sido quantificado o torque (em Newtons) da resistência dos tubos elásticos, com a finalidade de se ter mais exatidão na sobrecarga ao longo do programa de treinamento. Em relação aos parâmetros de impedância bioelétrica, medidas de circunferências de braço e panturrilha não foram realizadas, e conseqüentemente, a análise específica da BIVA não pode ser considerada, sendo adotada para o projeto, a análise clássica. Finalmente, a avaliação por impedância bioelétrica nos idosos no momento final logo após a finalização do programa de treinamento (até 24 horas depois) pode ter afetado nos resultados de  $X_c$ , tendo em vista os efeitos tardios do treinamento sobre as células musculares.

Independentemente das limitações, sobretudo pelo fato de não ter sido utilizada a BIVA específica, os resultados são originais e podem auxiliar em novos estudos e principalmente novos profissionais na adoção de medidas para a evolução do programa de treinamento.

## 9. CONCLUSÃO

Programas de treinamento resistido convencional (musculação) e com resistência elástica apresentam respostas positivas e similares especialmente sobre a força muscular e a fração do colesterol HDL, evidenciando ambos os treinos como estratégias não farmacológicas importantes na prevenção de várias doenças (doença arterial coronariana, aterosclerose, diabetes mellitus, acidente vascular encefálico), atenuando assim os fatores de riscos envolvidos no envelhecimento. Idosos sarcopênicos tiveram maior aumento da massa muscular ao longo do programa comparado aos pares não-sarcopênicos, um achado importante visto a relevância da ação do músculo e sua influência direta com aumento da síntese proteica.

Foram verificadas correlações fracas a moderadas e positivas no momento inicial do estudo entre parâmetros de bioimpedância (R e PhA) com a FPM, indo de encontro com outros estudos que evidenciam o PhA como um bom marcador de saúde celular em idosos, a partir das variáveis disponíveis de R e Xc, considerado altamente preditivo de desfecho clínico<sup>9,43</sup>, e relação inversa entre a Xc e o IMC justificada pela pouca variação de massa muscular entre os idosos não-sarcopênicos no momento inicial do estudo.

Ao longo do programa de treinamento, houve correlações fracas e positivas entre as alterações na variável R com os TAG, indicando a influência do tecido gordo nesta variável e o quanto esse tecido pode promover malefícios aos idosos, como o agravamento da LGI. Na análise de correlação da variável PhA com HDL, ficou evidenciado a importância dos altos valores de PhA para o envelhecimento, relacionado positivamente às concentrações de HDL, uma vez que ambos diminuem progressivamente, além do PhA apresentar características promissoras como preditor de mortalidade cardiovascular em idosos.

Adicionalmente, o PhA se correlacionou inversamente com a glicemia, enquanto as alterações dos valores de R se correlacionaram positivamente com as alterações dos valores da MIGO ao longo do programa de treinamento, apontando a relação que o aumento ou não da massa muscular interfere diretamente nos valores de R.

Os resultados apresentados são inéditos, e apontam para maiores investigações, especificamente para se entender a relação de causa e efeito das variáveis estudadas, a fim de elucidar melhor o papel da bioimpedância na avaliação da saúde celular de pessoas idosas, envolvidas em programa de treinamento resistido.

Também, a utilização de tubos elásticos se apresentou de forma interessante e favorável, tendo em vista os resultados comparados ao método convencional (não

superior, mas não inferior). A proposta pode ser implementada em diversos ambientes, de forma a auxiliar os idosos mais longevos e em situação de fragilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <sup>1</sup> IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censos demográficos, 1970-1996. Rio de Janeiro; 1997.
- <sup>2</sup> Gonzalez MC, Heymsfield SB. Bioelectrical impedance analysis for diagnosing sarcopenia and cachexia: What are we really estimating? *J. Cachexia Sarcopenia Muscle* 2017, 8, 187-189.
- <sup>3</sup> Dittmar M. Reliability and variability of bioimpedance measures in normal adults: effects of age, gender, and body mass. *Am J Phys Anthropol.* 2003;122:361-70.
- <sup>4</sup> Marini E, et al. Efficacy of specific bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for assessing body composition in the elderly. *J Nutr Health Aging.* 2013;17(6):515-21.
- <sup>5</sup> Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: national institutes of health technology assessment conference Statement. *Am J Clin Nutr.* 1996;64:524S-532S.
- <sup>6</sup> Piccoli A, et al. Asymmetry of the total body water prediction bias using the impedance index. *Nutrition.* 1997 May;13(5):438-41.
- <sup>7</sup> Barbosa-Silva MC, Barros AJ. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2005;8(3):311-7.
- <sup>8</sup> Piccoli A, et al. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the rXc graph. *Kidney Int* 1994;46:534-539.
- <sup>9</sup> Norman K, et al. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis - clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin Nutr.* 2012.
- <sup>10</sup> Kyle UG, et al. ESPEN. Bioelectrical impedance analysis - Part ii: utilization in clinical practice. *Clin Nutr.* 2004;23:1430-1453.
- <sup>11</sup> Buffa R, et al. Bioelectrical impedance Vector analysis in the assessment of nutritional status in the elderly. *Nutr Ther Metabol.* 2009;27:175-182.
- <sup>12</sup> Norman K, et al. Is bioelectrical impedance vector analysis of value in the elderly with malnutrition and impaired functionality? *Nutrition.* 2007;23:564-9.
- <sup>13</sup> Santomauro F, et al. Bioelectrical impedance Vector analysis and Mini nutritional assessment in elderly nursing home residents. *J Nutr Health Aging.* 2011;15:163-167.
- <sup>14</sup> Kehayias JJ, et al. Water homeostasis, frailty and cognitive function in the nursing home. *J Nutr Health Aging.* 2012;16:35-39.
- <sup>15</sup> Fried LP, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2001 Mar;56(3):M146-56.
- <sup>16</sup> Michaud M, et al. Proinflammatory Cytokines, Aging, and Age-Related Diseases.



Journal of American Medical Directors Association 2013; 20.

<sup>17</sup> Kewalramani G, et al. Muscle insulin resistance: assault by lipids, cytokines and local macrophages. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2010;13(4):382-90.

<sup>18</sup> Pedersen BK, et al. Searching for the exercise factor: is IL-6 a candidate? *J Muscle Res Cell Motil*. 2003;24(2-3):113-9.

<sup>19</sup> Smith AG, Muscat GE. Skeletal muscle and nuclear hormone receptors: implications for cardiovascular and metabolic disease. *Int J Biochem Cell Biol*. 2005;37(10):2047-63.

<sup>20</sup> Nuutila P, Koivisto VA, Knuuti J, Ruotsalainen U, Teras M, Haaparanta M, et al. Glucose-free fatty acid cycle operates in human heart and skeletal muscle in vivo. *The J Clin Invest*. 1992;89(6):1767-74.

<sup>21</sup> Kennedy JW, Hirshman MF, Gervino EV, Ocel JV, Forse RA, Honig SJ, et al. Acute exercise induces GLUT4 translocation in skeletal muscle of normal human subjects and subjects with type 2 diabetes. *Diabetes*. 1999;48(5):1192-7.

<sup>22</sup> Luciano E, Carneiro EM, Carvalho CR, Carvalheira JB, Peres SB, Reis MA, et al. Endurance training improves responsiveness to insulin and modulates insulin signal transduction through the phosphatidylinositol 3-kinase/Akt-1 pathway. *Eur J Endocrinol*. 2002;147(1):149-57.

<sup>23</sup> Chaimowicz F. Epidemiologia e o envelhecimento no Brasil. In: Freitas EV, Py L, Cançado FAX (eds). *Tratado de geriatria e gerontologia*. 2<sup>a</sup>. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 2006.

<sup>24</sup> Bilato C, Crow MT. Atherosclerosis and the vascular biology of aging. *Aging (Milano)*. 1996; 8 (4): 222-4.

<sup>25</sup> Aronow WS. Cholesterol and coronary artery disease- do we treat low HDL cholesterol or high triglycerides?. *Geriatrics Aging*. 2002; 5 (2): 24-6.

<sup>26</sup> Mackness MI, Durrington PN, Mackness B. How high-density lipoprotein protects against the effect of lipid peroxidation. *Curr Opin Lipidol*. 2000; 11 (4): 383-8.

<sup>27</sup> Morley JE, et al. Frailty. *Med Clin North Am*. 2006 Sep;90(5):837-47.

<sup>28</sup> Candow DG, et al. Short-term heavy resistance training eliminates age-related deficits in muscle mass and strength in healthy older males. *J Strength Cond Res*. 2011;25:326-333.

<sup>29</sup> Burton LA, Sumukadas D. Optimal management of sarcopenia. *Clin Interv Aging*. 2010; 5: 217-228.

<sup>30</sup> American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. (2009). *Med Sci Sports Exerc*, 41(3), 687-708. doi:10.1249/MSS.0b013e3181915670.

- <sup>31</sup> Brandt M, Jakobsen MD, Thorborg K, et al. Perceived loading and muscle activity during hip strengthening exercises: comparison of elastic resistance and machine exercises. *Int J Sports Phys Ther.* 2013; 8: 811-9.
- <sup>32</sup> Jakobsen MD, Sundstrup E, Andersen CH, et al. Muscle activity during kneeextension strengthening exercise performed with elastic tubing and isotonic resistance. *Int J Sports Phys Ther.* 2012; 7: 606–16.
- <sup>33</sup> Rosenberg IH, Summary comments. *Am J Clin Nutr.* 1989;50:1231-3.
- <sup>34</sup> Silva AM, et al. Ethnicity-related skeletal muscle differences across the lifespan. *Am J Hum Biol.* 2010;22:76-82.
- <sup>35</sup> Doherty TJ. Invited review: Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol.* 2003;95:1717-27.
- <sup>36</sup> Paiva CR, Gaya AC, Bottaro M, Bezerra RF. Assessment of the body composition of brazilian boys: the bioimpedence method. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2002;4:37-45.
- <sup>37</sup> Wagner DR, Heyward VH. Techniques of body composition assessment: a review of laboratory and field methods. *Res Q Exerc Sport.* 1999;70:135-49.
- <sup>38</sup> Heyward VH, Stolarczyk LM. *Avaliação da composição corporal.* São Paulo: Manole; 2000.
- <sup>39</sup> Hoffer EC, Clifton KM, Simpson DC, (1969). Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *Journal of Applied Physiology*, 27(4), PP:531–534.
- <sup>40</sup> Nyboer J, (1970). *Electrical impedance plethysmograph*, 2nd ed. Springfield, IL: CC Thomas.
- <sup>41</sup> Hermann L, (1871). Ueber eine Wirkinggalvanischer Strome auf Muskeln und Nerven. *Pflugers Archgesamte Physiol*, 5(1), PP: 223–275.
- <sup>42</sup> Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gomez JM, Pichard C. (2004). Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and metroads. *Clin Nutr*, 23(5), 1226-1243. doi:10.1016/j.clnu.2004.06.004.
- <sup>43</sup> Piccoli A, Pittoni G, Facco E, Favaro E, Pillon L. Relationship between central venous pressure and bioimpedance vector analysis in critically ill patients. *Crit Care Med.* 2000 Jan;28(1):132-7.
- <sup>44</sup> Marini E, Buffa R, Saragat B, Coin A, Toffanello ED, Berton L, Manzato E, Sergi G. The potential of classic and specific bioelectrical impedance vector analysis for the assessment of sarcopenia and sarcopenic obesity. *Clin Interv Aging.* 2012;7:585-9.
- <sup>45</sup> Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gomez JM, Pichard C. (2004). Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*, 23(5), 1226-1243. doi:10.1016/j.clnu.2004.06.004.

- <sup>46</sup> Gudivaka R, Schoeller DA, Kushner RF, Bolt MJ. Single- and multifrequency models for bioelectrical impedance analysis of body water compartments. *J Appl Physiol.* 1999;87:1087–96.
- <sup>47</sup> Patel RV, Peterson EL, Silverman N, Zarowitz BJ. Estimation of total body and extracellular water in post-coronary artery bypass surgical patients using single and multiple frequency bioimpedance. *Crit Care Med.* 1996;24:1824–8.
- <sup>48</sup> Olde Rikkert MGM, Deurenberg P, Jansen RWMM, van't Hof MA, Hoefnagels WHL. Validation of multifrequency bioelectrical impedance analysis in detecting changes in geriatric patients. *J Am Geriatr Soc.* 1997;45:1345–51.
- <sup>49</sup> Heitmann B. Impedance: a valid method in assessment of body composition. *Eur J Clin Nutr.* 1994;48:228–40.
- <sup>50</sup> Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante G. A new method for monitoring body-fluid variation by bioimpedance analysis—the RXc graph. *Kidney Int.* 1994;46: 534–539. [PubMed].
- <sup>51</sup> Chertow GM, Lowrie EG, Wilmore DW, Gonzalez J, Lew NL, Ling J, et al. Nutritional assessment with bioelectrical-impedance analysis in maintenance hemodialysis-patients. *J Am Soc Nephrol.* 1995;6: 75–81.[PubMed].
- <sup>52</sup> Piccoli A, Rossi B, Pillon L. Is 50 kHz the optimal frequency in routine estimation of body water by bio-electrical impedance analysis? *Am J Clin Nutr.* 56:1069, 1992.
- <sup>53</sup> Schwenk A, Beisenherz A, R.omer K, Kremer G, Salzberger B, Elia M. Phase angle from bioelectrical impedance analysis remains an independent predictive marker in HIV-infected patients in the era of highly active antiretroviral treatment. *Am J Clin Nutr.* 2000;72:496–501.
- <sup>54</sup> Toso S, Piccoli A, Gusella M, et al. Altered tissue electric properties in lung cancer patients as detected by bioelectric impedance vector analysis. *Nutrition.* 2000;16:120–4.
- <sup>55</sup> Scharfetter H, Schlager T, Stollberger R, Felsberger R, Hutten H, Hinghofer-Szalkay H. Assessing abdominal fatness with local bioimpedance analysis: basics and experimental findings. *Int J Obesity Rel Metab Disord.* 2001;25:502–11.
- <sup>56</sup> Rutkove SB, Aaron R, Shiffman CA. Localized bioimpedance analysis in the evaluation of neuromuscular disease. *Muscle Nerve* 2002;25:390–7.
- <sup>57</sup> Zhang G, Huo X, Wu C, Zhang C, & Duan Z. (2014). A bioelectrical impedance phase angle measuring system for assessment of nutritional status. *Biomed Mater Eng.*24(6), 3657-3664. doi: 10.3233/bme-141193.

- <sup>58</sup> Genton L, Herrmann FR, Sporri A, & Graf CE. (2017). Association of mortality and phase angle measured by different bioelectrical impedance analysis (BIA) devices. *Clin Nutr*. doi: 10.1016/j.clnu.2017.03.023.
- <sup>59</sup> Kilic MK, Kizilarlanoglu MC, Arik G, Bolayir B, Kara O, Dogan Varan H, Ulger Z. (2017). Association of Bioelectrical Impedance Analysis-Derived Phase Angle and Sarcopenia in older Adults. *Nutr Clin Pract*, 32(1), 103-109. doi: 10.1177/08845336166664503.
- <sup>60</sup> Goldberg LR, Heiss CJ, Parsons SD, Foley AS, Mefferd AS, Hollinger D, Patterson J. (2014). Hydration in older adults: the contribution of bioelectrical impedance analysis. *Int J Speech Land Pathol*, 16(3), 273-281. doi: 10.3109/17549507.2014.882989.
- <sup>61</sup> Baumgartner RN, et al. Sarcopenic obesity predicts instrumental activities of daily living disability in the elderly. *Obes Res*. 2004;12(12):1995-2004.
- <sup>62</sup> Lupoli L, Sergi G, Coin A, Perissinotto E, Volpato S, Busetto L, et al. (2004). Body composition in underweight elderly subjects: reliability of bioelectrical impedance analysis. *Clin Nutr*. 6 (23), 1371-1380. doi: 10.1016/j.clnu.2004.05.005.
- <sup>63</sup> Bronhara B, Piccoli A, Pereira JC. (2012). Fuzzy linguistic model for bioelectrical impedance vector analysis. *Clin Nutr*. 31 (5), 710-716. doi: 10.1016/j.clnu.2012.02.014.
- <sup>64</sup> Marini E, Sergi G, Succa V, Saragat B, Sarti S, Coin A, et al. (2013). Efficacy of specific bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for assessing body composition in the elderly. *J Nutr Health Aging*. 17 (6), 515-521.
- <sup>65</sup> Buffa R, Saragat B, Cabras S, Rinaldi AC, Marini E. (2013). Accuracy of specific BIVA for the assessment of body composition in the United States population. *PLoS ONE*. 8 (3), e58533. doi: 10.1371/journal.pone.0058533.
- <sup>66</sup> Leveille SG, Guralnik JM, Ferrucci L, Langlois JA. Aging successfully until death in old age: opportunities for increasing active life expectancy. *Am J Epidemiol*. 1999 Apr 1; 149(7):654-64.
- <sup>67</sup> Stuck AE, et al. Risk factors for functional status decline in community-living elderly people: a systematic literature review. *Soc Sci Med*. 1999 Feb; 48(4):445-69.
- <sup>68</sup> Gillespie LD, et al. Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev*. 2003 (4):CD000340.
- <sup>69</sup> Rodriguez BL, et al. Physical activity and 23-year incidence of coronary heart disease morbidity and mortality among middle-aged men. The Honolulu Heart Program. *Circulation*. 1994 Jun; 89(6):2540-4.
- <sup>70</sup> Tomeleri CM, Cavaglieri CR, de Souza MF, Cavalcante EF, Antunes M, Nabuco HCG, Cyrino ES. (2018). Phase angle is related with inflammatory and oxidative stress

biomarkers in older women. *Exp Gerontol*, 102, 12-18. doi: 10.1016/j.exger.2017.11.019.

<sup>71</sup> Anker SD, Morley JE, von Haehling S. Welcome to the ICD-10 code for sarcopenia. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2016 Dec;7(5):512-514. Epub 2016 Oct 17.

<sup>72</sup> Kraschnewski JL, Sciamanna CN, Poger JM, Rovniak LS, Lehman EB, Cooper AB, Ciccolo JT. (2016). Is strength training associated with mortality benefits? A 15 year cohort study of US older adults. *Prev Med*, 87,121-127. doi: 10.1016/j.ypmed.2016.02.038.

<sup>73</sup> Trevino-Aguirre E, Lopez-Teros T, Gutierrez-Robledo L, Vandewoude M, Perez-Zepeda M. Availability and use of dual energy X-ray absorptiometry (DXA) and bio-impedance analysis (BIA) for the evaluation of sarcopenia by Belgian and Latin American geriatricians. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2014;5:79–81.[PubMed].

<sup>74</sup> [http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2016-04/afar-ac042716.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2016-04/afar-ac042716.php) Accessed Dez 18, 2018.

<sup>75</sup> Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Souza MF, Tomeleri CM, Silva AM, Teixeira DC, Cyrino ES. (2017). Resistance training prescription with different load-management methods improves phase angle in older women. *Eur J Sport Sci*, 17(7), 913-921. doi: 10.1080/17461391.2017.1310932.

<sup>76</sup> Candow DG, et al. Shortterm heavy resistance training eliminates age-related deficits in muscle mass and strength in healthy older males. *J Strength Cond Res*. 2011;25:326–333.

<sup>77</sup> Nilwik R, Snijders T, Leenders M, Groen BB, van Kranenburg J, Verdijk LB, & van Loon LJ. (2013). The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. *Exp Gerontol*, 48(5), 492-498. doi: 10.1016/j.exger.2013.02.012.

<sup>78</sup> Conlon JA, Newton RU, Tufano JJ, Banyard HG, Hopper AJ, Ridge AJ, & Haff GG. (2016). Periodization Strategies in Older Adults: Impact on Physical Function and Health. *Med Sci Sports Exerc*, 48(12), 2426-2436. doi:10.1249/mss.0000000000001053.

<sup>79</sup> Liu CJ, & Latham NK. (2009). Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Syst Rev*(3), Cd002759. doi: 10.1002/14651858.CD002759.pub2.

<sup>80</sup> Schoenfeld BJ. (2013). Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Med*, 43(3), 179-194. doi: 10.1007/s40279-013-0017-1.

- <sup>81</sup> Burton LA , Sumukadas D. Optimal management of sarcopenia . Clin Interv Aging. 2010; 5: 217-228.
- <sup>82</sup> Taaffe DR . Sarcopenia—exercise as a treatment strategy . Aust Fam Physician. 2006;35(3):130-134.
- <sup>83</sup> Yasuda T, Fukumura K, Uchida Y, et al. Effects of low-load, elastic band resistance training combined with blood flow restriction on muscle size and arterial stiffness in older adults. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2015;70:950–8.
- <sup>84</sup> Andersen LL, et al. Muscle activation and perceived loading during rehabilitation exercises: comparison of dumbbells and elastic resistance. Phys Ther 2010;90:538–49.
- <sup>85</sup> Franzke B, et al. The impact of 6 months strength training, nutritional supplementation or cognitive training on DNA damage in institutionalised elderly. Mutagenesis 2015a 30:147–153.
- <sup>86</sup> Oelsen S, et al. Effects of elastic band resistance training and nutritional supplementation on physical performance of institutionalised elderly—a randomized controlled trial. Exp Gerontol. 2015;Dec;72:99-108.
- <sup>87</sup> Hofmann M, et al. Effects of elastic band resistance training and nutritional supplementation on muscle quality and circulating muscle growth and degradation factors of institutionalized elderly women: the Vienna Active Ageing Study (VAAS). Eur J Appl Physiol. 2016;116:885–897.
- <sup>88</sup> Ramos EM, de Toledo-Arruda AC, Fosco LC, Bonfim R, Bertolini GN, Guarnier FA, et al. The effects of elastic tubing-based resistance training compared with conventional resistance training in patients with moderate chronic obstructive pulmonary disease: a randomized clinical trial. Clin Rehabil. 2014 Nov;28(11):1096-106.
- <sup>89</sup> Franceschi C, et al. Inflamm-aging. An evolutionary perspective on immunosenescence. Ann N Y Acad Sci. 2000;908:244-54.
- <sup>90</sup> Churchward-Venne, T. A., Breen, L., and Phillips, S. M. (2014). Alterations in human muscle protein metabolism with aging: protein and exercise.
- <sup>91</sup> Hamerman D. Toward an understanding of frailty. Ann Intern Med. 1999;1;130(11):945-50.
- <sup>92</sup> Cruz-Jentoft AJ, et al. Understanding sarcopenia as a geriatric syndrome. Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2010b;13:1-7.
- <sup>93</sup> Pedersen BK, Febbraio MA. Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. Physiol Rev. 2008;88(4):1379-406.
- <sup>94</sup> Pedersen BK, Hoffman-Goetz L. Exercise and the Immune System: Regulation, Integration and Adaptation. Physiol Rev 2000; 80:1055-1081.

- <sup>95</sup> Steensberg A, Keller C, Starkie RL, Osada T, Febbraio MA, Pedersen BK. IL-6 and TNF- $\alpha$  expression in, and release from, contracting human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002; 283:E1272-E1278.
- <sup>96</sup> Stich V, De Glisezinski I, Berlan M, Bulow J, Galitzky J, Harant I, et al. Adipose tissue lipolysis is increased during a repeated bout of aerobic exercise. *J Appl Physiol* 2000; 88:1277-1283.
- <sup>97</sup> Pedersen BK, Steensberg A, Fischer C, Keller C, Plomgaard P, Febbraio M, et al. Searching for the exercise factor: is IL-6 a candidate? *J Muscle Res Cell Motil* 2003; 24:113-119.
- <sup>98</sup> Pedersen BK, Steensberg A, Fischer C, Keller C, Keller P, Plomgaard P, et al. The metabolic role of IL-6 produced during exercise: is IL-6 an exercise factor? *Proc Nutr Soc* 2004; 63:263–267.
- <sup>99</sup> Pedersen BK, Febbraio M. Muscle-derived interleukin-6—A possible link between skeletal muscle, adipose tissue, liver, and brain. *Brain Behav Immunity* 2005; 19:371–376.
- <sup>100</sup> Pedersen BK, Febbraio MA. Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. *Physiol Rev.* 2008;88(4):1379-406.
- <sup>101</sup> Pedersen BK, Febbraio MA. Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nature Reviews Endocrinology* 2012; 8(8):457-65.
- <sup>102</sup> Pedersen BK, Steensberg A, Fischer C, Keller C, Plomgaard P, Febbraio M, et al. Searching for the exercise factor: is IL-6 a candidate? *J Muscle Res Cell Motil* 2003; 24:113-119.
- <sup>103</sup> Frubeck G, Gómez-Ambrose J, Muruzábal FJ, Burell MA. The adipocyte: a model for integration of endocrine and metabolic signalling in energy metabolism regulation. *Am J Physiol* 2001; 280:E827-E847.
- <sup>104</sup> Steensberg A, Van Hall G, Osada T, Sacchetti M, Saltin B, Pedersen BK. Production of IL-6 in contracting human skeletal muscles can account for the exercise-induced increase in plasma IL-6. *J Physiol* 2000; 529:237-242.
- <sup>105</sup> Adler A, Sinha S, Kawahara TLA, Zhang JY, Segal E, Chang HY. (2007). Motif module map reveals enforcement of aging by continual NF-kB activity. *Genes Dev*, 21.
- <sup>106</sup> Tchkonina T, Zhu Y, Deursen J, Van Campisi J, and Kirkland JL. (2013). Review series Cellular senescence and the senescent secretory phenotype: therapeutic opportunities. *J. Clin. Invest.* 123, 966-972. doi: 10.1172/JCI64098.
- <sup>107</sup> Bian AL, Hu HY, Rong YD, Wang JX, and Zhou XZ. (2017). A study on relationship between elderly sarcopenia and inflammatory factors IL-6 and TNF- $\alpha$ . *Eur. J. Med. Res.*

22:25. doi: 10.1186/s40001-017-0266-9.

<sup>108</sup> Jurk D, Wilson C, Passos JF, Oakley F, Correia-Melo C, Greaves L, et al. (2014). Chronic inflammation induces telomere dysfunction and accelerates ageing in mice. *Nat. Commun.* 2:4172. doi: 10.1038/ncomms5172.

<sup>109</sup> Argilés JM, Busquets S, Stemmler B, and López-Soriano FJ. (2015). Cachexia and sarcopenia: Mechanisms and potential targets for intervention. *Curr. Opin. Pharmacol.* 22, 100-106. doi: 10.1016/j.coph.2015.04.003.

<sup>110</sup> Sakuma K, Aoi W, and Yamaguchi A. (2015). Current understanding of sarcopenia: possible candidates modulating muscle mass. *Pflugers Arch. Eur. J. Physiol.* 467, 213-229. doi: 10.1007/s00424-014-1527-x.

<sup>111</sup> Frasca D, and Blomberg BB. (2016). Inflammaging decreases adaptive and innate immune responses in mice and humans. *Biogerontology* 17, 7-19. doi: 10.1007/s10522-015-9578-8.

<sup>112</sup> Cornoni-Huntley J, Ostfeld AM, Taylor J, Wallace RB, Blazer D, Berkman LF, et al. Established populations for epidemiologic studies of the elderly (EPSE): study design and methodology. *Aging (Milano)*. 1993; 5 (1): 27-37.

<sup>113</sup> Sacco RL, Benson RT, Kargman DE, Boden-Albala B, Tuck C, Lin I-F, et al. High-density lipoprotein cholesterol and ischemic stroke in the elderly (the Northern Manhattan Stroke Study). *JAMA*. 2001; 285 (21): 2729-35.

<sup>114</sup> Weverling-Rijnsburger AWE, Jonkers IJAM, Exel E, Gussekloo J, Westendorp RGJ. High-density vs low-density lipoprotein cholesterol as the risk factor for coronary artery disease and stroke in old age. *Arch Intern Med*. 2003; 163 (13): 1549-54.

<sup>115</sup> Khamseh ME, Malek M, Aghili R, Emami Z. Sarcopenia and diabetes: pathogenesis and consequences. *Br J Diabetes Vasc Dis* 2011;11:230-4.

<sup>116</sup> Silva TAA, et al. Sarcopenia associada ao envelhecimento: aspectos etiológicos e opções terapêuticas. *Revista Brasileira de Reumatologia*, vol.46, n.6, p.391-397, 2006.

<sup>117</sup> UMEGAKI, Hiroyuki. Sarcopenia and diabetes: Hyperglycemia is a risk factor for age-associated muscle mass and functional reduction. *Journal of diabetes investigation*, v. 6, n. 6, p. 623-624, 2015.

<sup>118</sup> Rahi B, Morais JA, Dionne IJ, Gaudreau P, Payette H, Shatenstein B. The combined effects of diet quality and physical activity on maintenance of muscle strength among diabetic older adults from the NuAge cohort. *Exp Gerontol*. 2014;49:40-6.

<sup>119</sup> Morley JE, Argiles JM, Evans WJ, Bhasin S, Cella D, Deutz NE, et al. Nutritional recommendations for the management of sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc*. 2010;11(6):391-6.



- <sup>120</sup> Michaud M, et al. Proinflammatory Cytokines, Aging, and Age-Related Diseases. *Journal of American Medical Directors Association* 2013; 20.
- <sup>121</sup> Hornberger TA, McLoughlin TJ, Leszczynski JK, Armstrong DD, Jameson RR, Bowen PE, Hwang ES, Hou H, Moustafa ME, Carlson BA, HatWeld DL, Diamond AM, Esser KA (2003) Selenoprotein-deficient transgenic mice exhibit enhanced exercise-induced muscle growth. *J Nutr* 133:3091–3097.
- <sup>122</sup> Bolster DR, Kubica N, Crozier SJ, Williamson DL, Farrell PA, Kimball SR, JeVerson LS (2003) Immediate response of mammalian target of rapamycin (mTOR)-mediated signalling following acute resistance exercise in rat skeletal muscle. *J Physiol* 15:213–220.
- <sup>123</sup> Reiling JH, Sabatini DM (2006) Stress and mTOR signaling. *Oncogene* 25:6373–6383.
- <sup>124</sup> Cuthbertson D, Smith K, Babraj J, Leese G, Waddell T, Atherton P, et al. Anabolic signaling deficits underlie amino acid resistance of wasting, aging muscle. *FASEB J*. 2005;19:422–4.
- <sup>125</sup> Edström E, Altun M, Hägglund M, Ulfhake B. Atrogin-1/MAFbx and MuRF1 are downregulated in aging-related loss of skeletal muscle. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006;61(7):663-74.
- <sup>126</sup> Xia Z, Cholewa J, Zhao Y, Shang HY, Yang YQ, Araujo Pessoa K, et al. (2017). Targeting inflammation and downstream protein metabolism in sarcopenia: a brief updated description of concurrent exercise and leucine-based multimodal intervention. *Front. Physiol.* 8:434. doi: 10.3389/fphys.2017.00434.
- <sup>127</sup> Willcox BJ, Donlon TA, He Q, Chen R, Grove JS, Yano K, Masaki KH, Willcox DC, Rodriguez B, Curb JD (Sep 2008). "FOXO3A genotype is strongly associated with human longevity". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 105 (37): 13987–92. doi:10.1073/pnas.0801030105. PMC 2544566. PMID 18765803.
- <sup>128</sup> Flachsbar F, Caliebe A, Kleindorp R, Blanché H, von Eller-Eberstein H, Nikolaus S, Schreiber S, Nebel A (Feb 2009). "Association of FOXO3A variation with human longevity confirmed in German centenarians". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 106 (8): 2700–5. doi:10.1073/pnas.0809594106. PMC 2650329. PMID 19196970.
- <sup>129</sup> Frasca, D., and Blomberg, B. B. (2016). Inflammaging decreases adaptive and innate immune responses in mice and humans. *Biogerontology* 17, 7–19. doi: 10.1007/s10522-015-9578-8.

- <sup>130</sup> Bian, A. L., Hu, H. Y., Rong, Y. D., Wang, J., Wang, J. X., and Zhou, X. Z. (2017).
- <sup>131</sup> Tidball, J. G., & Villalta, S. A. (2010). Regulatory interactions between muscle and the immune system during muscle regeneration. *American Journal of Physiology Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 298(5), R1173–R1187.
- <sup>132</sup> Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2012). Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nature Reviews. Endocrinology*, 8(8), 457-465.
- <sup>133</sup> Rodgers, B. D., & Garikipati, D. K. (2008). Clinical, agricultural, and evolutionary biology of myostatin: a comparative review. *Endocrinology Review*, 29(5), 513–534.
- <sup>134</sup> Gobbo LA. Sarcopenia e dependência para realização das atividades básicas da vida diária em idosos domiciliados no município de São Paulo: Estudo SABE-Saúde, Bem-estar e Envelhecimento (2000 e 2006) [tese de doutorado]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/Universidade de São Paulo; 2012.
- <sup>135</sup> Gordon CC, Chumlea WC, Roche AF. Stature, recumbent length and weight. In: Lohman TG, Roche AF, Martorell R. (eds). *Anthropometric standardizing reference manual*. Champaign, Illinois, Human Kinetics Books, 1988, p.3-8.
- <sup>136</sup> Kim J, et al. Intermuscular adipose tissue-free skeletal muscle mass: estimation by dual-energy X-ray absorptiometry in adults. *J Appl Physiol*. 2004;97(2):655-60.
- <sup>137</sup> Mukaka MM. Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. *Malawai Medical Journal* 2012;24(3):69-71.
- <sup>138</sup> Lubans DR, Munday CM, Lubans NJ, et al. Pilot randomized controlled trial: elastic-resistance-training and lifestyle-activity intervention for sedentary older adults. *J Aging Phys Act*. 2013; 21: 20-32.
- <sup>139</sup> Mikesky AE, Topp R, Wigglesworth JK, et al. Efficacy of a home-based training program for older adults using elastic tubing. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1994; 69: 316-20.
- <sup>140</sup> Delshad M, Ghanbarian A, Mehrabi Y, et al. Effect of Strength Training and Short-term Detraining on Muscle Mass in Women Aged Over 50 Years Old. *Int J Prev Med*. 2013; 4: 1386-94.
- <sup>141</sup> Mayer F, Scharhag-Rosenberger F, Carlsohn A, et al. The intensity and effects of strength training in the elderly. *Dtsch Arztebl Int*. 2011; 108: 359–364.
- <sup>142</sup> Silva BSA, et al. Treinamento resistido com tubos elásticos melhora a funcionalidade de pacientes com DPOC: um ensaio clínico randomizado. *J. Phys. Educ.* v, 27, e2722, 2016.
- <sup>143</sup> Brandt M, Jakobsen MD, Thorborg K, et al. Perceived loading and muscle activity during hip strengthening exercises: comparison of elastic resistance and machine

exercises. *Int J Sports Phys Ther.* 2013; 8: 811-9.

<sup>144</sup> Melchiorri G, and Rainoldi A. Muscle fatigue induced by two different resistances: Elastic tubing versus weight machines. *J Electromyogr Kinesiol.* 2011; 21: 954-9.

<sup>145</sup> Andersen LL, Andersen CH, Mortensen OS, et al. Muscle activation and perceived loading during rehabilitation exercises: comparison of dumbbells and elastic resistance. *Phys Ther.* 2010; 90: 538–549.

<sup>146</sup> Jakobsen MD, Sundstrup E, Andersen CH, et al. Muscle activity during knee-extension strengthening exercise performed with elastic tubing and isotonic resistance. *Int J Sports Phys Ther.* 2012; 7: 606–16.

**ANEXOS**

## Anexo 1 – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa.

FACULDADE DE CIÊNCIAS E  
TECNOLOGIA - UNESP/  
CAMPUS DE PRESIDENTE



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Efeito do treinamento resistido sobre força, massa muscular, mobilidade, capacidade funcional e parâmetros bioquímicos em idosos sarcopênicos e não sarcopênicos

**Pesquisador:** Luis Alberto Gobbo

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 16792013.1.0000.5402

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

**Patrocinador Principal:** CONS NAC DE DESENVOLVIMENTO CIENTIFICO E TECNOLÓGICO

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 388.138

**Data da Relatoria:** 06/09/2013

**Apresentação do Projeto:**

Já mencionado no parecer anterior.

**Objetivo da Pesquisa:**

Já mencionados no parecer anterior.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Já mencionados no parecer anterior.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Já mencionados no parecer anterior.

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

Os termos obrigatórios foram apresentados e a correção solicitada na declaração de retenção para armazenamento de dados foi atendida.

**Recomendações:**

Não há.

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

As adequações solicitados foram atendidas e estão de acordo com a Resolução n.º:466 de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde, que revogou a Resolução 196/96.

**Endereço:** Rua Roberto Simonsen, 305

**Bairro:** Centro Educacional

**CEP:** 19.060-900

**UF:** SP

**Município:** PRESIDENTE PRUDENTE

**Telefone:** (18)3229-5315

**Fax:** (18)3229-5353

**E-mail:** cep@fct.unesp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS E  
TECNOLOGIA - UNESP/  
CAMPUS DE PRESIDENTE



Continuação do Parecer: 388.138

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Em reunião realizada no dia 06.09.2013, o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia - Unesp - Presidente Prudente, em concordância com o parecerista, considerou o projeto APROVADO.

Obs: Lembramos que ao finalizar a pesquisa, o (a) pesquisador (a) deverá apresentar o relatório final.

PRESIDENTE PRUDENTE, 09 de Setembro de 2013

---

**Assinador por:**  
**Edna Maria do Carmo**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** Rua Roberto Simonsen, 305

**Bairro:** Centro Educacional

**CEP:** 19.060-900

**UF:** SP

**Município:** PRESIDENTE PRUDENTE

**Telefone:** (18)3229-5315

**Fax:** (18)3229-5353

**E-mail:** cep@fct.unesp.br

## Anexo 2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: “efeito do treinamento resistido sobre força, massa muscular, mobilidade, capacidade funcional e parâmetros bioquímicos em idosos sarcopênicos e não sarcopênicos”.

Nome do Pesquisador: Luís Alberto Gobbo

1. **Natureza da pesquisa:** o sra (sr.) está sendo convidada (o) a participar desta pesquisa que tem como finalidade comparar os efeitos do treinamento resistido (musculação) sobre a força, massa muscular, caminhada, equilíbrio, capacidade funcional e parâmetros bioquímicos em idosos sarcopênicos e não sarcopênicos. A sarcopenia é um agravo à saúde relacionado à redução de massa e força muscular em pessoas idosas, que pode acarretar em incapacidade funcional e redução da independência, autonomia e qualidade de vida.
2. **Participantes da pesquisa:** 162 pessoas idosas.
3. **Envolvimento na pesquisa:** ao participar deste estudo a sra (sr) permitirá que o pesquisador e sua equipe realize avaliações da composição corporal (mensuração da gordura corporal, massa muscular), força muscular, de mobilidade (caminhada, equilíbrio), capacidade funcional (questionário sobre as atividades da vida diária), além de permitir que seja retirada amostra de sangue para análise bioquímica. Também, ao participar deste estudo, a sra (sr) permitirá ao pesquisador e sua equipe poder encaminhá-la (lo) a um determinado grupo de treinamento resistido (musculação) para aumento da força e/ou potência muscular. A sra (sr.) tem liberdade de se recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo para a sra (sr.). Sempre que quiser poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone do pesquisador do projeto e, se necessário através do telefone do Comitê de Ética em Pesquisa.
4. **Sobre as entrevistas:** as entrevistas serão realizadas no momento inicial, pré treinamento, onde será preenchido questionário sobre dados pessoais, hábitos de vida, atividades da vida diária, condições de saúde e doença; neste momento, também serão avaliadas força e massa muscular, para encaminhamento da (o) sra (sr) a grupo de pessoas idosas sarcopênicas ou não sarcopênicas.
5. **Riscos e desconforto:** a participação nesta pesquisa não infringe as normas legais e éticas. Entretanto, alguns riscos e desconfortos poderão ser percebidos ao longo do estudo, sobretudo, dores musculares temporárias, principalmente na fase inicial do programa de treinamento e nas avaliações pré e pós treinamento, em decorrência da adaptação ao treinamento e da sobrecarga de avaliação (aumento dos pesos ao longo das semanas de

treinamento). Os procedimentos adotados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme Resolução no. 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Nenhum dos procedimentos usados oferece riscos à sua dignidade.

6. **Confidencialidade:** todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Somente o pesquisador (e equipe de pesquisa) terão conhecimento de sua identidade e nos comprometemos a mantê-la em sigilo ao publicar os resultados dessa pesquisa.
7. **Benefícios:** ao participar desta pesquisa a sra (sr.) poderá ter, como benefício direto - caso seja designada (o) a grupos de treinamento - aumento da força e massa muscular, funcionalidade e mobilidade. Adicionalmente, esperamos que este estudo traga informações importantes sobre os diferente tipos de treinamento resistido e suas respostas sobre a força, a massa muscular, a mobilidade, a funcionalidade e parâmetros bioquímicos, de forma que o conhecimento que será construído a partir desta pesquisa possibilite a profissionais da área da saúde a melhor escolher e otimizar programas de treinamento resistido para pessoas idosas, sarcopênicas ou não. O pesquisador se compromete a divulgar os resultados obtidos, respeitando-se o sigilo das informações coletadas, conforme previsto no item anterior.
8. **Pagamento:** a sra (sr.) não terá nenhum tipo de despesa para participar desta pesquisa, bem como nada será pago por sua participação.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem: Confiro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Obs: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.

#### **Consentimento Livre e Esclarecido**

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa

\_\_\_\_\_  
Nome do Participante da Pesquisa

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante da Pesquisa

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador

**Pesquisador: Professor Assistente Doutor Luís Alberto Gobbo – 18-3229-5729/8108-6273**

**Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa: Profa. Dra. Edna Maria do Carmo**

**Vice-Coordenadora: Profa. Dra. Renata Maria Coimbra Libório**

**Telefone do Comitê: 3229-5315 ou 3229-5526 - E-mail [cep@fct.unesp.br](mailto:cep@fct.unesp.br)**



Anexo 3 – Tubos elásticos utilizado no programa de treinamento resistido, segundo diferentes espessuras.



Anexo 4 – Cadeira utilizada para o treinamento resistido com tubos elásticos.



Anexo 5 – Imagem das extremidades do tubo elástico.



Anexo 6 – Imagem dos suportes de encaixe dos tubos elásticos na cadeira de treino.



Anexo 7 – Exercícios realizados na cadeira com tubos elásticos.

