

DM

**Efeitos do Treino de Hipertrofia no Perfil Glicêmico  
de Mulheres Diabéticas Tipo 2**  
Conceção, dinamização e avaliação  
de um programa de intervenção

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Raphael Castro Guimarães**

MESTRADO EM ATIVIDADE FÍSICA E DESPORTO



UNIVERSIDADE da MADEIRA

*A Nossa Universidade*

[www.uma.pt](http://www.uma.pt)

novembro | 2020

**Efeitos do Treino de Hipertrofia no Perfil Glicêmico  
de Mulheres Diabéticas Tipo 2**  
Conceção, dinamização e avaliação  
de um programa de intervenção

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Raphael Castro Guimarães**

MESTRADO EM ATIVIDADE FÍSICA E DESPORTO

ORIENTAÇÃO

Rui Nuno Trindade de Ornelas

CO-ORIENTAÇÃO

Ana José Rodrigues

Jefferson Jurema

Rosany Picolloto

## DEDICATÓRIA

Fervorosa gratidão à Mãe Natureza: minha Divindade ancestral; ao Senhor Jesus Cristo: meu Símbolo de culto sagrado; à Minha Mãe: Maria do Carmo Castro, pelo conforto do ventre biológico; à minha “Tia-Mãe”: Joana Castro, maior Referência de Vida e Paternidade; à minha “Tia-Mãe”: Luzmila Castro, substância de todas as verídicas esperanças; e à minha Filha: Rhayna de Oliveira Guimarães, gênese da metabólica perseverança mais profunda e enérgica.

Ao meu coorientador, Prof<sup>o</sup>. Doutor: Jefferson Jurema, que pelejou comigo para a superação das exigências burocráticas na área da pesquisa científica em saúde, de modo a conquistarmos a definitiva licitação após 5 meses cansativos. À minha coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Doutora Rosany Picolloto, que abriu as portas do projeto: “Melhor Idade”, para que os procedimentos metodológicos pudessem ser aplicados, quando o tempo e os resquícios de esperança já se esgotavam. Ao meu orientador: Prof<sup>o</sup>. Doutor Rui Ornelas, e a coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Doutora Ana José Rodrigues, pela atenção, alinhamento e refinamento do conteúdo. Meus sinceros agradecimentos.

À memória do meu padrinho: Alderney Pinder de Albuquerque, e da minha madrinha: Maria Luiza de Carvalho, meu singelo agradecimento vitalício, pelo cuidadoso carinho empenhado no meu desenvolvimento humano.

À família Marinho, agradeço o privilégio da vigilante assistência e atenção dedicadas para a minha família. Aos meus alunos de treino personalizado, especialmente à família Rosas, que sensíveis ao tamanho das dificuldades, também fizeram o melhor por mim. Serão por toda a minha vida lembrados positivamente.

À memória de todos aqueles que perderam entes queridos por causa da pandemia do corona-vírus; e à saúde de todos que conseguiram recuperar-se. Força!

## RESUMO

A Diabetes Mellitus tipo 2 vem crescendo entre populações mais jovens. Evidências comprovam que a inatividade física associada a uma dieta desequilibrada são fatores de ativação de vias bioquímicas inflamatórias que causam prejuízos à sinalização insulínica. É assegurado um controlo mais efetivo da Diabetes por meio da prática regular de atividade física ou exercício físico, quando comparado somente com o tratamento medicamentoso. Através de uma periodização com variabilidade metodológica do treino de força, o metabolismo com deficiência funcional de insulina pode obter mudanças positivas no perfil glicêmico. A presente pesquisa acredita na segura eficácia do método de Hipertrofia com a intensidade de esforço planeada e gradativamente centralizada na margem de 75% a 85% de 1 repetição máxima, já na rota metabólica anaeróbia. **Problema:** Existe uma “janela metodológica” do treino de força que teoricamente tem sido aconselhada para o tratamento da diabetes, mesmo que a sua aplicação prática ainda tenha sido pouco explorada. **Objetivo:** Conceber e avaliar um programa de treino de força com a periodização distribuída nos métodos de Resistência Muscular e Hipertrofia, na glicemia de mulheres diabéticas tipo 2, na faixa etária de 25 a 65 anos. **Metodologia:** A primeira etapa do projeto coletará os dados de cerca de 30 diabéticas tipo 2 e realizará um levantamento estatístico de caracterização, aonde 2 grupos serão selecionados: grupo-intervenção e grupo-controlo. Na segunda etapa ambos os grupos serão submetidos à avaliação física, mas somente o grupo intervenção será submetido aos procedimentos de treino. Os principais dados frequentemente coletados serão: glicemia, pressão arterial e questionário bem-estar,. O tratamento dos dados recorrerá à estatística descritiva como média, desvio padrão, máximo e mínimo.

**Palavras-chave:** Diabetes Mellitus tipo 2, Treino de Força, Periodização, Hipertrofia, Controlo Glicémico.

# EFFECTS OF HYPERTROPHY TRAINING ON GLYCEMIC PROFILE IN DIABETIC WOMEN TYPE 2: CONCEPTION, DYNAMIZATION AND EVALUATION OF AN INTERVENTION PROGRAM.

## ABSTRACT

Type 2 Diabetes Mellitus has been growing among younger populations. Evidence shows that physical inactivity associated with an unbalanced diet are factors that activate inflammatory biochemical pathways that cause damage to insulin signaling. More effective control of Diabetes is ensured through regular practice of physical activity or physical exercise, when compared only with drug treatment. Through a periodization with methodological variability of strength training, metabolism with functional insulin deficiency can obtain positive changes in the glycemic profile. The present research believes in the safe efficacy of the Hypertrophy method with the planned intensity of effort and gradually centered in the margin of 75% to 85% of 1 maximum repetition, already in the anaerobic metabolic route. **Problem:** There is a “methodological window” of strength training that has been theoretically recommended for the treatment of diabetes, even though its practical application has not been explored. **Objective:** To design and evaluate a strength training program with the periodization distributed in the methods of Muscular Resistance and Hypertrophy, in the glycemia of type 2 diabetic women, in the age group from 25 to 65 years. **Methodology:** The first stage of the project will collect data on about 30 type 2 diabetics and will carry out a statistical characterization survey, where 2 groups will be selected: intervention group and control group. In the second stage, both groups will undergo physical evaluation, but only the intervention group will undergo training procedures. The main data frequently collected will be: blood glucose, blood pressure and well-being questionnaire. Data processing will use descriptive statistics such as average, standard deviation, maximum and minimum.

**Keywords:** Type 2 Diabetes Mellitus, Strength Training, Periodization, Hypertrophy, Glycemic Control.

# EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO EN HIPERTROFIA SOBRE PERFIL GLUCÉMICO EN MUJERES DIABÉTICAS TIPO 2: CONCEPCIÓN, DINAMIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE INTERVENCIÓN.

## RESUMEN

La diabetes mellitus tipo 2 ha aumentado entre las poblaciones más jóvenes. La evidencia muestra que la inactividad física asociada con una dieta desequilibrada son factores que activan las vías bioquímicas inflamatorias que causan daño a la señalización de la insulina. Se garantiza un control más eficaz de la diabetes mediante la práctica regular de actividad física, o ejercicio físico, en comparación solo con el tratamiento farmacológico. Mediante una periodización con variabilidad metodológica del entrenamiento de fuerza, el metabolismo con deficiencia funcional de insulina puede obtener cambios positivos en el perfil glucémico. La presente investigación cree en la eficacia segura del método Hipertrofia con la intensidad de esfuerzo planificada y centrada gradualmente en el margen del 75% al 85% de 1 repetición máxima, ya en la ruta metabólica anaeróbica. **Problema:** Existe una “ventana metodológica” sobre el entrenamiento de fuerza que teóricamente se ha recomendado para el tratamiento de la diabetes, aunque no se ha explorado su aplicación práctica. **Objetivo:** Diseñar y evaluar un programa de entrenamiento de fuerza con la periodización distribuida en los métodos de Resistencia Muscular e Hipertrofia, en la glucemia de mujeres diabéticas tipo 2, en el grupo de edad de 25 a 65 años. **Metodología:** La primera etapa del proyecto recolectará datos sobre alrededor de 30 diabéticos tipo 2 y realizará una encuesta de caracterización estadística, donde se seleccionarán 2 grupos: grupo de intervención y grupo de control. En la segunda etapa, ambos grupos se someterán a una evaluación física, pero solo el grupo de intervención se someterá a procedimientos de entrenamiento. Los principales datos recopilados con frecuencia serán: cuestionario de glucosa en sangre, presión arterial y bienestar. El procesamiento de datos utilizará estadísticas descriptivas como promedio, desviación estándar, máximo y mínimo.

**Palabras clave:** Diabetes Mellitus tipo 2, Entrenamiento de Fuerza, Periodización, Hipertrofia, Control Glucémico.

# EFFETS DE LA FORMATION EN HYPERTROPHIE SUR LE PROFIL GLYCÉMIQUE DES FEMMES DIABÉTIQUES DE TYPE 2: CONCEPTION, DYNAMICATION ET ÉVALUATION D'UN PROGRAMME D'INTERVENTION.

## SOMMAIRE

Le diabète sucré de type 2 a augmenté parmi les populations plus jeunes. Les preuves montrent que l'inactivité physique associée à une alimentation déséquilibrée sont des facteurs qui activent les voies biochimiques inflammatoires qui endommagent la signalisation de l'insuline. Un contrôle plus efficace du diabète est assuré par la pratique régulière d'activité physique ou d'exercice physique, par rapport uniquement au traitement médicamenteux. Grâce à une périodisation avec variabilité méthodologique de l'entraînement en force, le métabolisme avec une carence fonctionnelle en insuline peut obtenir des changements positifs dans le profil glycémique. La présente recherche croit en l'efficacité sûre de la méthode Hypertrophie avec l'intensité d'effort planifiée et progressivement centrée dans la marge de 75% à 85% d'une répétition maximale, déjà dans la voie métabolique anaérobie. **Problème:** Il existe une «fenêtre méthodologique» sur l'entraînement en force qui a été théoriquement recommandée pour le traitement du diabète, même si son application pratique n'a pas été explorée. **Objectif:** Concevoir et évaluer un programme de musculation avec la périodisation distribuée dans les méthodes de Résistance Musculaire et Hypertrophie, dans la glycémie des femmes diabétiques de type 2, dans la tranche d'âge de 25 à 65 ans. **Méthodologie:** La première étape du projet recueillera des données sur une trentaine de diabétiques de type 2 et réalisera une enquête de caractérisation statistique, où 2 groupes seront sélectionnés: le groupe d'intervention et le groupe témoin. Dans la deuxième étape, les deux groupes subiront une évaluation physique, mais seul le groupe d'intervention suivra des procédures de formation. Les principales données fréquemment collectées seront: la glycémie, la pression artérielle et le questionnaire de bien-être. Le traitement des données utilisera des statistiques descriptives telles que la moyenne, l'écart type, le maximum et le minimum.

**Mots clés:** Diabète Sucré de Type 2, Musculation, Périodisation, Hypertrophie, Contrôle Glycémique.

## LISTA DE ABREVIATURAS

ADA	American Diabetes Association
SBD	Sociedade Brasileira de Diabetes
DM	Diabetes Mellitus
DM2	Diabetes Mellitus tipo 2
UFAM	Universidade Federal do Amazonas
UEA	Universidade do Estado do Amazonas
OMS	Organização Mundial da Saúde
UBS	Unidade Básica de Saúde
UMA	Universidade da Madeira
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
RM	Resistência Muscular
AMPK	Adenosina Mono-fosfato Kinase
P.A.	Pressão Arterial

## SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	
2.0 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Fisiopatologia da Diabetes Mellitus .....	22
2.2 Etapas intracelulares da captação de glicose .....	25
2.3 Exercício físico e captação de glicose .....	26
2.4 Estresse mecânico da musculatura esquelética.....	28
2.5 Impacto do exercício físico na glicemia de Diabéticas tipo 2 .....	30
2.6 Estímulos para Hipertrofia: microlesões .....	33
3.0 PROBLEMA .....	35
4.0 OBJETIVOS.....	38
5.0 METODOLOGIA .....	39
5.1 Participantes.....	39
5.2 Composição corporal.....	42
5.3 Glicemia.....	43
5.4 Pressão arterial.....	44
5.5 Níveis de atividade física.....	44
5.6 Atividades de autocuidado com a Diabetes.....	45
5.7 Procedimentos gerais.....	45
5.8 Tratamento estatístico.....	50
6.0 COLETA DE DADOS .....	51
7.0 A COLETA DE DADOS FOI IMPEDIDA DE CONTINUIDADE POR CAUSA DA PANDEMIA DO CORONAVÍRUS.....	53
8.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	55
9.0 BIBLIOGRAFIA.....	56
ANEXOS	
I. Modelo de anamnese para avaliação física de Diabéticas tipo 2 .....	65
II. Questionário de Baecke .....	67
III. Questionário de Autocuidado com a Diabetes .....	69
IV. Modelo de questionário bem-estar .....	71

## TABELAS

Tabela 1. Critérios laboratoriais para diagnóstico de normoglicemia, pré-diabetes e DM, adotados pela Sociedade Brasileira de Diabetes.....	24
Tabela 2. Efeitos do exercício físico na via de sinalização insulínica e não insulínica. Proteínas e Enzimas.....	27
Tabela 3. Glicosímetro .....	43
Tabela 4. Design do planeamento.....	46
Tabela 5. Design dos exercícios selecionados e ordem de realização.....	48
Tabela 6. Design dos exercícios de alongamento e aquecimento corporal, iniciais à unidade de treino .....	49
Tabela 7. Resultados da primeira avaliação .....	52

## **1.0 INTRODUÇÃO**

A rapidez e a extensão da urbanização são algumas das características do século XX. Esse processo provocou modificações agressivas nos hábitos dietéticos e no estilo de vida das pessoas, acarretando enorme redução nos níveis de atividade física. Essas mudanças provocaram um significativo impacto sobre a saúde e a mortalidade de grandes populações, e constitui-se num grave problema de saúde pública (Silveira Netto, 2000).

Estima-se que 366 milhões de pessoas no mundo são portadoras de Diabetes Mellitus tipo 2 (DM tipo 2), podendo chegar a 552 milhões de diabéticos em 2030 e cerca de 55% dos casos desta patologia são atribuídos à obesidade (Olokoba et al. 2012). No Brasil, 75% da população com Diabetes tipo 2 não está no peso ideal, sendo 42,1% com sobrepeso e 32,9% com obesidade (Gomes et al., 2006). A DM configura-se como um dos grandes problemas de saúde pública, sendo um dos transtornos metabólicos mais frequentes no mundo. Segundo a Sociedade Brasileira de Diabetes, há mais de 13 milhões de pessoas vivendo com Diabetes no Brasil, o que representa cerca de 6,9% da população. E esse número está crescendo, inclusive, a DM tipo 2 vem eclodindo entre crianças e adolescentes (SBD, 2019).

O aumento da incidência da DM entre crianças e adolescentes é observado em diversas comunidades (Onkamo et al., 1999), (Rosembloom et al., 1999). Esforços são empreendidos, em vários níveis, com o objetivo de se detetar fatores responsáveis pela eclosão da doença nessa faixa etária, passíveis de correção ou intervenção. Paralelamente ao número cada vez maior de casos, observa-se a incidência crescente de formas da

doença, principalmente em determinados grupos étnicos, até então consideradas raras nesta faixa etária, como é o caso do DM2 (Rosebloom et al., 1999; Fagot-Campagna et al., 2000).

A DM tipo 2 é um distúrbio metabólico caracterizado pelo elevado nível de glicose no sangue devido à resistência e insuficiência relativa de insulina, expressa como uma resistência tecidual à função da hormona. O principal problema é na cascata de ativação dos recetores de insulina (IRS – substratos) nos tecidos periféricos. Alguns fatores como: excesso de tecido adiposo, excesso de radicais livres de oxigénio e processo inflamatório constante, podem interagir com essa cascata e gerar problemas na sua continuação. Este processo patológico é responsável por uma acumulação progressiva de complicações metabólicas, micro vasculares, macro vasculares e neurológicas que conduzem a um excesso muito significativo de morbidade e mortalidade bem como a importantes impactos económicos (Goldstein & Muller-Wieland, 2008).

A inatividade física está envolvida em vários pontos na progressão do metabolismo normal da glicose para a DM tipo 2 (Albright et al, 2000; Zinman et al, 2003). A relação entre o nível de atividade física e a predisposição à diabetes foi sugerida pelo facto de que as sociedades mais inativas apresentavam uma maior prevalência de DM tipo 2 (Taylor et al, 1983; King et al, 1984). Ou seja, um programa que promova mudanças no estilo de vida, incluindo o treino com exercícios físicos diminui acentuadamente o risco de DM (Laaksonen et al, 2005) e de mortalidade para pessoas portadoras da doença (Gregg et al, 2016).

Desde então, estudos transversais e de intervenção têm demonstrado relação direta entre atividade física e sensibilidade à insulina (Rennie et al, 2003), (Ciolac & Guimarães, 2004).

A prevalência da DM tipo 2 em populações mais jovens tem exigido a promoção de estratégias diferentes para o tratamento da doença. O desenvolvimento de complicações precoces da DM tipo 2 terá implicações para o resto da vida, tanto para a criança ou adolescente como para o orçamento da saúde pública (Krakoff et al, 2003).

## **2.0 REVISÃO DE LITERATURA**

A DM tem sido responsabilizada por contribuir para problemas, direta ou indiretamente, no sistema musculoesquelético, no sistema digestivo, na função cognitiva, e na saúde mental, além de ser associada a diversos tipos de cancro. Pouca atenção tem sido dispensada às tendências globais das complicações da diabetes; e ao modo como as características da mortalidade associada à DM têm mudado (Gregg et al., 2016).

Na maioria dos casos, o início da DM tipo 2 ocorre depois dos 30 anos de idade, frequentemente entre os 50 e 60 anos de idade, e a evolução da doença é gradual. Entretanto, nos últimos anos, houve um aumento sistemático no número de indivíduos mais jovens, alguns com menos de 20 anos de idade. Esta tendência parece estar relacionada principalmente ao aumento da prevalência da obesidade, que é o fator de risco mais importante para a DM tipo 2 em crianças, assim como nos adultos (Guyton & Hall, 2006).

A DM e suas complicações, constituem as principais causas de mortalidade precoce na maioria dos países: aproximadamente 5 milhões de pessoas com idade entre 20 e 79 anos morreram por DM em 2015, o equivalente a um óbito a cada 6 segundos. A doença cardiovascular é a principal causa de óbito entre as pessoas com DM, sendo responsável por aproximadamente metade dos óbitos por diabetes na maioria dos países. A DM é responsável por 14,5% da mortalidade mundial por todas as causas, e isso é maior que a soma dos óbitos causados por doenças infecciosas (1,5 milhões por HIV/ AIDS; 1,5

milhões por tuberculose e 0,6 milhões por malária) (*International Diabetes Federation*, 2015).

Após detecção de resistência à insulina ou propriamente DM2, as medidas de tratamento devem estabelecer-se através de estratégias nutricionais, farmacológicas, exercícios e/ou atividade física. O conceito de exercício físico é a atividade física planeada, estruturada, repetitiva e intencional. Já o conceito de atividade física é o movimento corporal produzido pela contração muscular e que faz aumentar o dispêndio de energia (Mcardle et al, 2003)

Dada a extensão e a gravidade desta realidade, além da promoção da saúde e da prevenção de doenças, é essencial promover o controle e o tratamento da DM2 como estratégia de saúde pública (Ministério da Saúde, 2006), ponderando, inclusive, o seu custo-benefício (Bahia et al, 2011). Considerando a etiologia da DM2, o seu tratamento exige cuidados de saúde multidisciplinares, contínuos e permanentes, integrando alimentação saudável, atividade física, autocontrole, auto cuidado, uso de medicamentos e suporte psicossocial (Ministério da Saúde, 2006; SBD, 2014). A Sociedade Brasileira de Diabetes, assegura que a adoção de um estilo de vida saudável, caracterizado pela prática regular de atividade física e alimentação saudável, é praticamente duas vezes mais eficaz e eficiente que o tratamento farmacológico no controle da DM2.

No entanto, a efetividade do controle da DM2 baseada na mudança dos hábitos de vida e nos cuidados permanentes, contrasta com as exigências físicas e psicológicas desse tipo de abordagem, frequentemente resultando em baixa adesão ao tratamento (Santos et al, 2005; Lerman, 2005).

Estudos clínicos randomizados e controlados (ADA, 2017), mostram que indivíduos com maior risco de desenvolver DM2 (glicemia de jejum alterada, tolerância à glicose diminuída ou ambas), podem diminuir a taxa de desenvolvimento da DM com

algumas intervenções no estilo de vida. O Diabetes Prevention Program (DPP) mostrou que intervenções no estilo de vida reduziram em 58% a incidência de DM num período de 3 anos. Os dois principais objetivos da intervenção no estilo de vida do DPP foram atingir e manter 7% de perda de peso, somado à manutenção de 150 minutos de atividade física por semana (ADA, 2002). O modelo estudado mostrou que a intervenção no estilo de vida do DPP teve boa relação custo-eficácia (SBD, 2018).

Três outros grandes estudos sobre intervenções no estilo de vida para prevenir DM2, indicam uma redução sustentável na incidência da doença: 43% de redução em 20 anos no “Da Qing Study” (Li et al, 2008); 43% de redução em 7 anos no “Finnish Diabetes Prevention Study” (DPS) (Lindstrom et al, 2006); e 34% de redução em 10 anos no “Diabetes Prevention Program Outcomes Study” (DPPOS) (Knowler, 2009).

A perda de peso, reduz a incidência de DM, independentemente da raça, sexo, idade e vários níveis de atividade física, estimando-se que uma perda de 5 Kg pode ocasionar uma redução de 55% no risco de DM (Hamman et al, 2006). Por outro lado, o: “The Finnish Diabetes Prevention Study”, demonstra que indivíduos que praticam mais de 4 horas de atividade física por semana, mas que não conseguem perder peso, obtêm uma redução de 70% na incidência de DM (Lindstrom et al, 2003).

O Treino de Força é uma modalidade de exercício que prioriza o trabalho muscular, praticado com uso regular de pesos livres, aparelhos, ou até do peso corporal, com a finalidade de gerar hipertrofia, resistência muscular e potência (Fleck & Simão, 2008). É conhecido por melhorar a saúde e a aptidão física, reduzindo o desenvolvimento de doenças degenerativas e cardiovasculares, em geral, se realizado no mínimo duas vezes por semana (Ribeiro et al, 2013).

O treino de força pode ser dividido em quatro métodos específicos: Força Máxima, Hipertrofia, Resistência Muscular (RM), e Potência de Força (força explosiva).

A *força máxima* é a quantidade máxima de tensão que um músculo ou grupo muscular pode gerar durante uma repetição num determinado exercício. É também a força máxima gerada por uma contração muscular, podendo ser desenvolvida por meio de ações concêntricas, excêntricas e isométricas. O treino de força para *Hipertrofia* é caracterizado como um aumento da massa muscular, pelo aumento de proteínas contráteis no músculo esquelético. A *Resistência de Força* é a habilidade de manter a produção de força por um tempo prolongado, ou durante muitas repetições em determinados exercícios. É uma manifestação de força importante para que a pessoa tenha capacidade física para realizar as tarefas do dia a dia. A Potência de Força (força explosiva) é o produto da força e da velocidade do movimento:  $\text{potência} = (\text{força} \times \text{distância}) / \text{tempo}$ . Também é considerada a habilidade de movimentar o corpo e/ou um objeto no menor período de tempo (Prestes et al, 2010).

O treino de força trará inúmeros benefícios para os portadores de DM, desde que os seus riscos sejam minimizados através de prescrição adequada e acompanhada por uma equipa multi profissional. Entre estes benefícios pode ser destacado o ganho de massa muscular, melhoria na absorção de glicose, aumento de massa magra e consequente controlo de peso (Zabaglia et al, 2009).

Um estudo que teve como objetivo verificar o efeito de 12 semanas de um programa de exercícios de força com pesos, na composição corporal e na hemoglobina glicosilada em DM2, realizou a pesquisa com 8 indivíduos sedentários, com idades entre 47 e 58 anos, que realizaram o treino três vezes por semana. Após a aplicação do programa, observou-se aumento da massa magra, diminuição na relação cintura-anca, no somatório de 7 pregas sub-cutâneas, e diminuição dos níveis de glicemia capilar pós-exercício em 80% das sessões, variando entre 1,47% e 64,36% em relação à glicemia pré-exercício (Cambri & Santos, 2006).

Uma revisão de literatura apresentou resultados indexados em bases de dados eletrónicas, sobre os efeitos que o treino de força pode proporcionar aos portadores de DM2, e os cuidados necessários ao se praticar este tipo de modalidade de treino físico. Após análise, concluiu que os artigos selecionados demonstram que o treino de força promove melhoria na sensibilidade à insulina, redução glicémica, aumento de massa magra e diminuição da gordura corporal de diabéticos tipo 2, diminuindo os fatores de risco para desenvolvimento de outras enfermidades (Dos Santos et al, 2016).

Outra pesquisa, utilizando o treino de força no período de duas semanas em todos os participantes portadores de DM2, que tinham idade média de 53,64 anos, foram divididos em dois grupos: controlo (n=11) e experimental (n=14). As sessões de exercício foram de uma hora, duas vezes por semana. Os resultados obtidos, após o período experimental, demonstram uma redução nos níveis de hemoglobina glicosilada, fundamental para o controlo da diabetes, e incremento da força muscular no grupo experimental. Os autores concluíram que este tipo de treino pode contribuir para o controlo glicémico em adultos com DM2 (Canche & Gonzalez, 2005).

Noutro trabalho de investigação, o qual tinha como objetivo verificar a eficácia do treino de resistência no controlo glicémico de adultos diabéticos tipos 2, foi realizado em 16 semanas, com 62 adultos de ambos os sexos. O controlo glicémico, anormalidades da síndrome metabólica, composição corporal, e as reservas de glicogénio muscular foram determinadas antes e após a intervenção. Os resultados obtidos no estudo, demonstraram redução dos níveis plasmáticos de hemoglobina glicosilada, aumento da massa e do glicogénio muscular, além da diminuição significativa de medicamentos para DM entre os voluntários da pesquisa. Assim, os autores concluíram que o treino de força é viável e eficaz no auxílio ao tratamento da DM2 (Castaneda et al, 2002).

O posicionamento inicial do Colégio Americano de Medicina Desportiva (ACSM, 2000) recomenda programas de atividade física para diabéticos tipos 2, com atividades aeróbias que acumulem o mínimo de 1.000 kcal por semana, assim como programas de treino de força que devam ser eficazes para melhorar a força e a resistência muscular, bem como em melhorar a composição corporal. As diretrizes, aconselham, resumidamente, uma frequência de três dias não consecutivos e até cinco sessões de atividade física por semana (para melhorar a resistência cardiorrespiratória e atingir o gasto calórico desejável); intensidade baixa a moderada (40% a 70%) para melhorias cardiorrespiratórias e metabólicas (aumento da sensibilidade à insulina e taxa de depuração metabólica geralmente ocorrem após atividade física **regular**), mas, também afirmam que alguns trabalhos mostraram mudanças metabólicas favoráveis com exercícios de alta intensidade, por exemplo, 70% a 90% do  $VO_{2máx}$ ); duração diretamente relacionada com as necessidades de gasto calórico e inversamente relacionada à intensidade; e no que respeita ao modo, atividades que proporcionem maior controle de intensidade, apresentem pouca variabilidade interindividual no gasto energético, sejam de fácil manutenção e requerem pouca habilidade. O treino de força deve ser incluído pelo menos 2 vezes por semana, com um mínimo de 8 a 10 exercícios envolvendo os principais grupos musculares, com um mínimo de uma série com 10 a 15 repetições até quase à fadiga.

Algumas diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes preconizam que o tipo de exercício de resistência/fortalecimento muscular devem ser incluídos no plano de atividades de diabéticos, já que eles provocam elevação da sensibilidade à insulina de maior duração); a duração depende da intensidade e da frequência semanal e deve ser planejada para minimizar riscos de hipoglicemia, sendo a recomendação mais atual de 150 minutos de exercícios de intensidade moderada, ou 75 minutos de exercícios de alta

intensidade por semana (ou combinação de ambos); a intensidade deve seguir o ideal de uma prescrição que contemple exercícios de **moderada** e **alta** intensidades, afirmando ainda que: “há evidências de que exercícios de maior intensidade apresentam maior impacto no aumento da condição aeróbica e na redução da hemoglobina glicosilada, do que o aumento do **volume** semanal (SBD, 2014).

Diretrizes mais recentes do ACSM para o treino de força em diabéticos são: (1) *Frequência*: deve-se realizar ao menos duas vezes por semana em dias não consecutivos, mas o ideal são três vezes, juntamente com atividades aeróbicas regulares; (2) *Intensidade*: o treinamento deve ser moderado (50% de 1RM) ou vigoroso (75% a 80% de 1RM) para a otimização dos ganhos de força e ação da insulina; (3) *Duração*: cada duração de treino deve incluir no mínimo de 5 a 10 exercícios envolvendo grandes grupos musculares (membros superiores, membros inferiores e core), envolvendo a realização de 10 a 15 repetições próximas da fadiga por cada série, progredindo gradualmente para maiores cargas (ou resistência), que possam ser levantadas pelo menos de 8 a 10 vezes. No mínimo de 1 série por repetições próximas da fadiga, mas entre 3 ou 4 séries é o número recomendado para otimização dos ganhos de força; (4) *Modo*: máquinas de resistência e pesos livres podem resultar em ganhos de força e massa muscular alvo; (5) *Taxa de progressão*: para evitar lesão, a progressão da intensidade, frequência e duração das unidades de treino devem ocorrer lentamente. Na maior progressão de treino, o aumento da carga ou da resistência são realizados apenas quando o número de repetições por série podem ser consistentemente excedidos, seguidos por um grande número de séries e finalmente pelo aumento progressivo da frequência de treino, para sessões semanais de 3 vezes com séries de 8 a 10 repetições feitas com 75% a 80% de 1RM, com 8 a 10 exercícios ao longo de um período de 6 meses (ACSM, 2010).

## 2.1 FISIOPATOLOGIA DA DIABETES MELITUS

A DM é uma síndrome do metabolismo deficiente dos hidratos de carbono, lipídios e proteínas causada tanto pela ausência de secreção de insulina quanto pela diminuição da sensibilidade dos tecidos à insulina. Nos tipos de DM, o efeito básico da ausência de insulina ou da resistência à insulina sobre o metabolismo da glicose é impedir a captação eficiente, e a utilização da glicose pela maioria das células do organismo, exceto pelo cérebro. Como resultado, a concentração de glicose sanguínea aumenta, a utilização celular da glicose cai ainda mais, e a utilização dos lipídios e das proteínas aumenta (Guyton e Hall, 2006).

Na DM2 ocorre resistência à insulina levando à diminuição da ação nos tecidos-alvo principalmente no fígado, músculos e tecido adiposo. Tem a sua etiologia relacionada com causas herdadas ou adquiridas, como obesidade androide, dislipidemia, resistência insulínica, hipertensão arterial (síndrome metabólica), sedentarismo, fatores genéticos e ambientais (Vancini & Lira, 2004; De Angelis et al, 2006; Barrile et al, 2007).

A resistência à insulina é uma disfunção metabólica com alterações intracelulares que resulta em prejuízos na translocação de vesículas que contém GLUT4, para a membrana, diminuindo a capacidade do músculo esquelético e outros tecidos de captar glicose para as células, levando a um estado hiperglicémico (Castro et al., 2013). Pode ser causada por vários mecanismos, incluindo produção cronicamente aumentada de espécies reativas de oxigênio e disfunção mitocondrial (Robertson et al, 2004; Souto Padron et al, 2015), stresse do retículo endoplasmático (Donath & Schoelso, 2011), lipotoxicidade e glicotoxicidade (Del Prato, 2009).

A insulina é uma hormona anabólica secretada pelas células-beta do pâncreas e a sua síntese é estimulada pelo aumento da glicose sanguínea após refeições, tendo ação no músculo esquelético, fígado e tecido adiposo. As suas funções metabólicas incluem captação de glicose, aumento da síntese de proteínas, ácidos gordos e glicogénios, reduzindo a produção hepática de glicose, lipólise e proteólise (Li et al, 2011).

Os mecanismos pelos quais esses fatores levam ao desenvolvimento da DM2, podem ser em parte mediados pela ativação de vias inflamatórias, ou exacerbado por inflamação (Hotamisligil & Erbay, 2008). Na verdade, o aumento da circulação da proteína C reativa (PCR) e várias citocinas pró-inflamatórias, como o fator de necrose tumoral  $\alpha$  (TNF  $\alpha$ ) e a interleucina 6 (IL-6), são observados em pacientes com DM2 (Herder et al, 2006; Pickup et al, 1997; Spranger et al, 2003).

Tabela 1 - Critérios laboratoriais para diagnóstico de normoglicemia, pré-diabetes e DM (ADA, 2017), adotados pela Sociedade Brasileira de Diabetes.

	Glicose em jejum (mg/dL)	Glicose 2 horas após sobrecarga com 75 g de glicose (mg/dL)	Glicose ao acaso	HbA1c (%)	Observações
Normoglicemia	< 100	< 140	-	< 5,7	OMS emprega valor de corte de 110 mg/dL para normalidade da glicose em jejum. <sup>2</sup>
Pré-diabetes ou risco aumentado para DM	≥ 100 e < 126*	≥ 140 e < 200#	-	≥ 5,7 e < 6,5	Positividade de qualquer dos parâmetros confirma diagnóstico de prédiabetes.
Diabetes estabelecido	≥ 126	≥ 200	≥ 200 com sintomas inequívocos de hiperglicemia	≥ 6,5	Positividade de qualquer dos parâmetros confirma diagnóstico de DM. Método de HbA1c deve ser o padronizado. Na ausência de sintomas de hiperglicemia, é necessário confirmar o diagnóstico pela repetição de testes

OMS: Organização Mundial da Saúde; HbA1c: hemoglobina glicosilada; DM: diabetes mellitus.

\* Categoria também conhecida como glicemia de jejum alterada. # Categoria também conhecida como intolerância oral à glicose.

## 2.2 ETAPAS INTRACELULARES DA CAPTAÇÃO DE GLICOSE

A captação de glicose no músculo esquelético é formada por várias etapas intracelulares, começando com a sinalização da insulina ao seu recetor específico na membrana, uma proteína com atividade quinase intrínseca, contendo as suas duas subunidades-alfa e duas subunidades-beta (IR). Após a ligação extracelular da insulina ao seu recetor alfa-IR, ocorre a fosforilação intracelular no recetor beta em substratos de tirosina, denominados IRS-1 e IRS-2 (Gonzalez & McGraw, 2006).

Em seguida, ocorre a fosforilação da proteína fosfatidilinositol 3-quinase (PI3q), considerada uma componente chave para que ocorra a captação de glicose. Após a sua ativação, há uma subsequente interação com p110 e p85, permitindo a fosforilação de fosfatidilinositol 4,5-bisfosfato (PIP2) para formar fosfatidilinositol 3,4,5-trifosfato (PIP3) na membrana plasmática, levando ao recrutamento de fosfatidilinositol-quinase dependente de proteína 1 (PDK1) e Akt2, também chamado de proteína-quinase B (Dam et al, 2005). As proteínas IRS-1 e Akt2 influenciam diretamente a captação de glicose por dependência da insulina, onde a fosforilação de IRS-2 está relacionada ao metabolismo dos lipídios (Bouzakri et al, 2006).

A ativação completa de Akt, fosforila o TBC1 membro da família de domínio 4 (TBC1D4), antigamente conhecido como Akt substrato de 160 kDa (AS160), e assim promovendo a translocação do GLUT4 em direção à membrana plasmática para a captação de glicose (Sakamoto & Holman, 2008; Cleasby et al, 2007). No entanto alguns fatores podem causar prejuízos nesta via molecular, induzida por insulina e assim resultar na diminuição da captação de glicose para o meio intracelular levando a vários prejuízos metabólicos (Masharani et al, 2011).

O exercício físico estimula a concentração de AKT no meio intracelular. Na DM2, a cascata de eventos promovida pela insulina é insuficiente e não consegue estimular o trabalho do GLUT4.

### **2.3 EXERCÍCIO FÍSICO E CAPTAÇÃO DE GLICOSE**

O exercício físico promove o aumento da captação de glicose para as células do músculo esquelético por uma via molecular distinta à da insulina, onde a contração muscular não ativa necessariamente a fosforilação de IR em resíduos de tirosina e subsequente ativação da PI3q. Assim, foi descoberta uma enzima chave na captação de glicose pela contração muscular, denominada proteína ativada por AMP (AMPK), podendo ativar a translocação de GLUT4 independentemente da insulina. Confirmando esta hipótese, o bloqueio farmacológico de PI3q, não alterou a captação de glicose pela contração muscular, sendo dependente da fosforilação de AMPK e TBC1D4 para a translocação do GLUT4, ficando evidente que existem dois sinais de transmissão para a captação de glicose no músculo esquelético (Funai & Cartee, 2008).

A enzima AMPK é um sensor energético, a qual é ativada no exercício físico por baixo estado de energia, situação na qual o AMP aumenta, ativando vias que geram o aumento de ATP como a oxidação de AGL. Ao mesmo tempo, essa enzima bloqueia vias que consomem ATP como a síntese de AGL. Portanto, a estimulação da contração muscular, induz aumento de AMP e  $Ca^{2+}$ , situação em que o ATP aumenta, e assim é ativada a enzima AMPK e subsequente ativação de TBC1D1 e translocação de vesículas que contém GLUT4 para a membrana plasmática, facilitando assim a entrada da glicose para o meio intracelular (Young et al, 2009).

O exercício físico estimula a captação de glicose aumentando a expressão e fosforilação de proteínas chaves na via energética (Tabela 2), assim, tanto uma sessão aguda de exercício físico como um treino crônico é capaz de aumentar a expressão de AMPK, TBC1D1, TBC1D4, Akt1, Akt2 e GLUT4 do músculo esquelético de humanos (Jessen et al, 2011; Vind et al, 2011). Em ratos diabéticos tipo 2 que realizaram um protocolo crônico e agudo de exercício físico aeróbio, ambos os protocolos resultaram em maior captação de glicose por aumentar a expressão das proteínas AMPK, PKB, Akt1 e GLUT4, confirmando a importância do exercício físico para a homeostasia glucídica (Caos et al, 2012; Yu-Ching et al, 2011).

Tabela 2 - Efeito do exercício físico na via de sinalização insulínica e não insulínica.

PROTEÍNA	AMOSTRA	INTERVENÇÃO	EFEITO	REFERÊNCIAS
AMPK e TBC1D1	Humanos	Sessão aguda de 30min 70% VO2max	Aumentou	Funai, K. & Cartee, G.D. (2008)
AMPK, PKB, AKT e GLUT4	Ratos diabéticos	Natação 1h/d, 5d/sem por 8 semanas	Aumentou	(Jessen, et al. 2011)
PKB e GLUT4	Ratos diabéticos	Natação 30min/d, 5d/sem por 4 semanas	Aumentou	(Caos, et al. 2012)
AMPK, GLUT4, AS160	Ratos diabéticos	Natação, 30min/d, progressão até 180min/d na última semana	Aumentou	(Vind, et al, 2011)
TBC1D4, Akt1, Akt2, GLUT4 e AMPK	Humanos obesos diabéticos tipo 2 e obesos não diabéticos tipo 2	Bike estacionária 25min/d, 5d/sem por 10 semanas	Aumentou	(Young, et al. 2009)

## 2.4 STRESSE MECÂNICO DA MUSCULATURA ESQUELÉTICA

O stresse mecânico causado pelas contrações musculares esqueléticas, estimula várias vias de sinalização, independentemente das mudanças hormonais e dos fatores de crescimento (Prestes et al, 2010):

1. PI3K e Akt (quinases serina/treonina) ou PKB (proteína quinase B)
2. mTOR (alvo da rapamicina em mamíferos)
3. AMPK (proteína quinase ativada por adenosina monofosfato)
4. MAPK (mitogénio ativado por proteína quinase)

Até o momento, três isoformas humanas de IGF-1 foram encontradas: IGF-1a (isoforma hepática), IGF-1b e IGF-1c (MGF= fator de crescimento mecânico). O MGF parece ser especialmente ativado em resposta à sinalização mecânica do músculo esquelético durante o treino de força. A atividade contrátil do músculo esquelético estimula a secreção de IGF-1, o qual age como um fator de crescimento autócrino/parácrino, e liga-se ao seu recetor de membrana, iniciando uma cascata de eventos moleculares. Basicamente, a ligação do IGF-1 induz a alteração conformacional no seu receptor IGFR na face externa do sarcolema (membrana muscular), resultando na fosforilação do IRS-1 (substrato 1 do recetor de insulina) e na ativação de PI3K. Em seguida, a PI3K promove a formação de fosfatidilinositol-trifosfato, que, por sua vez, ativa a Akt, recrutando-a para a membrana plasmática (Toigo et al, 2006).

Duas vias subsequentes da ativação da Akt podem mediar a hipertrofia muscular: Akt-Mtor e Akt-GSK-3B (glicogénio sintase quinase – 3B). A ativação de Mtor pela fosforilação da Akt (Akt – mTOR) resulta num aumento da tradução da proteína por: (1) mTOR ativa proteína S6 quinase ribossomal de 70kDa (p70s6k), um regulador positivo

que controla a etapa de iniciação da tradução de proteína eLF-4E; (2) mTOR inibe a atividade de 4EBP1(PHAS -1), um regulador negativo do fator de iniciação da tradução de proteína (eLF-4E) (Glass, 2005). A proteína quinase mTOR é considerada o fator-chave do crescimento celular que integra sinais de fatores de crescimento, nutricionais e de estado energético celular (Sandri, 2008).

A fosforilação da Akt também resulta na inativação de GSK-3B. Essa proteína quinase suprime a hipertrofia muscular, bloqueando a tradução de proteína iniciada pelo fator de iniciação eucariótico (eLF-2B) (Glass, 2005). De uma forma geral, entende-se que a ativação da Akt-mTOR durante/após a sobrecarga muscular, conduz a sinalização efetora anabólica e, ao mesmo tempo, atua como potente inibidora dos sinais catabólicos.

A via Akt-mTOR colabora também para o crescimento muscular por fosforilar a GSK-3B e a FOXO (fork-head box O – da família dos fatores de transcrição). A fosforilação da FOXO pela Akt, evita que a FOXO estimule a transcrição das ubiquitinas ligases proteolíticas, as quais promovem degradação proteica (Sartorelli & Fulco, 2014). Léger et al. (2006), citado por Prestes (2010), investigaram a cascata de sinalização da Akt após 8 semanas de treino de força para hipertrofia muscular, seguidas por 8 semanas de destreino. O programa produziu incremento de 10% na área da secção transversal do quadríceps associado com o aumento na quantidade de proteínas fosforiladas como a Akt, GSK-3b e mTOR. Esses dados, sugerem que o treino de força promove o aumento da fosforilação da Akt e de seus subsequentes alvos na cascata de sinalização da síntese de proteína (Akt, mTOR, GSK-3B, p70S6K, 4E-BPI e eLF-2B).

Deve-se lembrar que a importância da via de sinalização da AMPK e MAPK para os mecanismos envolvidos na adaptação ao treino de força, precisam ser elucidados (Prestes, 2010).

## 2.5 IMPACTO DO EXERCÍCIO FÍSICO NA GLICEMIA DE DIABÉTICAS TIPO

### 2

Os benefícios adicionais para o indivíduo com DM2, que têm hábitos regulares de prática do exercício físico, podem ser os de curto prazo e os de longo prazo. No curto prazo, pode ser citado o aumento da ação da insulina; aumento da captação da glicose pelo músculo; captação da glicose no período pós-exercício; diminuição da taxa de glicose e aumento da sensibilidade celular à insulina (Katzner, 2007). O ACSM (2003), afirma que os benefícios da atividade física, sejam eles agudos ou crônicos, são muito significativos, mas os benefícios do exercício crônico são muito mais numerosos, ressaltando que logo após finalizar a atividade física, o músculo esquelético continua a captar glicose com eficiência, com o objetivo de recompor o glicogénio muscular e hepático, bem como devolver o equilíbrio do organismo, podendo ocorrer hipoglicemias até 48 horas após a finalização do exercício.

O efeito do exercício físico sobre a sensibilidade à insulina tem sido demonstrado entre 12 e 48 horas após a sessão de exercícios físicos, porém, volta às concentrações de pré-atividade em três a cinco dias após a última sessão de exercícios físicos, o que reforça a necessidade de praticar atividades físicas com frequência e regularidade (Guimarães & Ciolac, 2004).

O fato de apenas uma sessão de exercício físico melhorar a sensibilidade à insulina, e do efeito proporcionado pelo treino regredir em poucos dias de inatividade, levanta a hipótese de que o efeito do exercício físico sobre a sensibilidade à insulina é meramente agudo. No entanto, foi demonstrado que indivíduos com resistência à insulina melhoram a sensibilidade em 22% após a primeira sessão de exercício, e em 42% após

seis semanas de treino. Isso demonstra que o exercício físico apresenta tanto um efeito agudo como crônico sobre a sensibilidade à insulina (Guimarães & Ciolac, 2004).

A redução da glicemia capilar após uma sessão de exercício físico, pode ser explicada devido ao aumento da permeabilidade à glicose nas fibras musculares ativas, mesmo na ausência e/ou deficiência da ação da insulina. Neste sentido, o exercício físico regular aumenta a captação e o metabolismo da glicose pelo músculo, assim como, incrementa a síntese e translocação de Glut-4, transportadores de glicose no tecido adiposo, músculo esquelético e músculo cardíaco (Frosing et al, 2007; Silva et al, 2011).

Numa pesquisa que avaliou a glicemia capilar pré e pós-sessão de exercícios físicos, verificou-se a diminuição desta nos indivíduos diabéticos em 78,0% das sessões analisadas, com variações de 0,4 até 62,5% em relação à glicemia pré-exercício. Constatou-se ainda, que a redução média da glicemia após as sessões de exercícios físicos foi de 18,0%. Outro estudo apresentou dados semelhantes que variaram entre 18,6% no G1, 19,9% no G2, e 12,5% no G3 (Cambri et al, 2007). Numa outra pesquisa, houve momentos, quando o exercício foi realizado de maneira contínua, em que os níveis de glicose chegaram a diminuir cerca de 50% do seu valor inicial (Volpato & Zaboti, 2008).

Durante o exercício, o transporte de glicose na célula muscular (GLUT 4) aumenta, assim como a sensibilidade da célula à ação da insulina. Isso ocorre pelo aumento do aporte sanguíneo que é um importante fator regulador, permitindo a disponibilidade desse substrato à musculatura. O transporte de glicose ao músculo esquelético ocorre primeiramente por difusão facilitada através dos GLUTs, cujos principais mediadores são a insulina e o exercício. Esse aumento na translocação de transportadores de glicose, pode ser dependente de insulina ou não. É possível haver translocação de GLUT4 para a membrana muscular durante o exercício mesmo na

ausência de insulina (Barrile et al, 2007; Irigoyen et al, 2003; Frosing et al, 2007; Silva et al, 2011).

Quando há prática de exercícios, os mecanismos moleculares envolvidos na translocação dos transportadores de glicose, independentemente da ação da insulina, não são imediatos, porém, não ocorre fosforilação dos recetores nem ativação da PI 3-quinase. Evidências, parecem indicar que um mediador do processo de translocação é o cálcio, pois este inicia ou facilita a ativação de moléculas sinalizadoras que leva aos efeitos imediatos e prolongados do exercício sobre o transporte de glicose no músculo. Outros mediadores podem ser o óxido nítrico, a caliceína e a adenosina (Torres Leal et al, 2009).

A insulina, assim como o exercício, tem efeito hipoglicemiante pela melhoria na captação de glicose, porém, durante o exercício, ocorre entrada de glicose na célula independentemente da ação da insulina. A liberação do cálcio pelo retículo sarcoplasmático durante a contração, desencadeia a cascata de sinalização para a translocação dos transportadores de glicose (Glut 4) presentes nas células musculares, ocorrendo assim a entrada de glicose na célula e ocasionando o efeito hipoglicemiante (Pádua et al, 2009).

## 2.6 ESTÍMULOS PARA HIPERTROFIA: MICROLESÕES

O primeiro fator de aumento na força muscular é fisiológico e ocorre com o aumento do número de unidades motoras, em maior frequência de estimulação e sincronia dos impulsos nervosos recrutados na contração. O segundo é na forma e no tamanho do volume muscular (hipertrofia), que podem ser de adaptações: *aguda*, como a hipertrofia sarcoplasmática (ocorre imediatamente após o exercício e tem pequena duração, consistindo na acumulação de catabolitos das contrações) e/ou *crônica*, como a hipertrofia miofibrilar (surge em função da continuidade do treino, devido ao anabolismo de proteínas contráteis ou aumento das organelas das fibras musculares, como mitocôndrias, ribossomas, etc.). Convém ressaltar que, em função do treino, a presença de núcleos dentro da célula muscular cresce cerca de 46% (Prestes et al, 2010).

A hipertrofia muscular e as mudanças no recrutamento de unidades motoras, são importantes fatores relacionados com o desenvolvimento de força (McCarthy et al, 2002). Tal benefício, proporciona ao praticante a capacidade de gastar menos força para a realização das atividades de rotina básicas.

Apesar de serem mais evidentes em virtude de ações excêntricas, as contrações concêntricas também têm a capacidade de induzir micro lesões (Gibala et al, 1995). Normalmente, as micro lesões são notadas nas linhas Z, mas diversos outros pontos também são afetados, como o sarcolema, retículo sarcoplasmático, membrana basal, mitocôndrias e tecido conjuntivo. Para se entender como as micro lesões podem estimular a hipertrofia deve-se, em primeiro lugar, entender as consequências fisiológicas de uma lesão. Quando um tecido é lesionado, ocorre uma complexa sequência aguda de reações,

incluindo dilatação dos vasos locais, aumento da permeabilidade dos capilares e migração das células do sistema imunológico.

Nos primeiros minutos após a inflamação, surge a primeira linha de macrófagos, que iniciam a ação fagocitária. Depois da primeira hora, neutrófilos vindos do sangue iniciam a invasão da área inflamada, removendo corpos estranhos. Praticamente simultânea à invasão de neutrófilos, ocorre uma segunda ação de macrófagos, originada de monócitos sanguíneos. Esta segunda invasão de macrófagos ocorre de forma gradual, demorando cerca de dois dias para tornar-se efetiva (Hawke e Garry, 2001).

A segunda linha de macrófagos parece ser essencial ao processo de regeneração, por secretar fatores que regulam a atividade das células satélites (Hawke e Garry, 2001). Tanto que a ausência de macrófagos impede a regeneração muscular, enquanto uma resposta aumentada eleva a proliferação e diferenciação das células satélites.

A capacidade migratória das células satélites depende da integridade estrutural da fibra. Em lesões de maior porte, quando a membrana basal é rompida, as células satélites podem migrar para fibras adjacentes. Já nas micro lesões, quando os danos são limitados (sem atingir a membrana basal), a migração ocorre dos locais intactos para os locais de lesão. Há a suposição de que haja inibição mecânica na atividade das células satélite, devido à compressão a que elas estão sujeitas no estado de repouso. Deste modo, a lesão removeria a inibição ao provocar o edema, fazendo com que as células satélite migrassem para o local do trauma e iniciassem as suas atividades regenerativas (Hawke e Garry, 2001).

### **3.0 PROBLEMA**

Considerando a magnitude dos problemas causados pela DM2 e as diretrizes das políticas em saúde no Brasil, é fundamental a realização de estudos que contribuam para aumentar a efetividade das ações de prevenção, promoção e manutenção da saúde na comunidade (Lerman, 2005; Assunção et al, 2002) e que contemplem os fatores relacionados à adesão, como aspetos a serem previstos no planeamento de ações e na operacionalização dos programas (Diário Oficial da República, 2011).

É significativa a base especializada encontrada para sustentar a eficácia da atividade física ou do exercício físico no controlo da DM, porém, ainda é pequena a comprovação da diversidade de propostas metodológicas do treino de força, mesmo que, por exemplo, com as recentes diretrizes do Colégio Americano de Medicina Desportiva. (ACSM, 2010).

Existe uma “janela metodológica” do treino de força que tem demonstrado eficácia teórica no tratamento para a DM2, mesmo com a comprovação prática ainda pouco explorada.

O exercício físico pode desempenhar um papel independente dos seus efeitos sobre perda de peso e melhoria da composição corporal na prevenção da DM tipo 2 (Ivy et al., 1999).

Com o envelhecimento, a acumulação de gordura visceral, associada à diminuição da atividade física, à presença de sarcopenia e à redução da função mitocondrial, favorece

o aumento da resistência à insulina (Lanza e Nair, 2009). O sedentarismo tem-se mostrado determinante no agravamento da Diabetes e dos fatores de risco, enquanto o exercício físico pode promover um controle mais efetivo da doença quando comparada somente com o tratamento medicamentoso.

O controle das variáveis de treino, como: volume, intensidade, tempo de recuperação (densidade), velocidade de execução, amplitude de movimento, seleção de exercício, frequência de sessões, correção de forças musculares, adaptação do treino às condições individuais e equilíbrio de estímulos diferentes, são estratégias que podem direcionar o tipo de resposta metabólica produzida. Ou seja, a magnitude das adaptações neuromusculares ao treino de força, depende da maneira como ele é executado. Realizar um treino consistente é fundamental para alcançar as adaptações orgânicas desejadas.

Através da organização dos estímulos mecânicos fundamentados e frequentemente bem controlados, a prática de exercícios físicos torna-se imprescindível para a estabilização da saúde e da qualidade de vida. Seja através de variáveis de treino cardiorrespiratório ou neuromuscular, é uma exigência do profissional de Educação Física atuante na academia (ginásio), planejar, adequar, e fundamentar os detalhes das prescrições aplicadas às populações com fatores de risco ou doenças crônicas.

A força muscular é uma capacidade física que pode manifestar-se na forma de: força absoluta, força máxima, força hipertrófica, resistência de força e força explosiva (Prestes et al., 2010). Conseqüentemente, a força muscular pode ser estimulada/treinada de formas diferentes, ou seja, através de metodologias específicas. Este trabalho, acredita que o benefício do “treino-tratamento”, encontra-se principalmente em exercícios de musculação, realizados de intensidade moderada a alta, com nível de esforço no limiar dos processos aeróbio/anaeróbio (70% A 85%).

É relevante esclarecer que a ideia deste trabalho jamais tem como finalidade a promoção estética corporal, mas apenas o benefício fisiológico comprovadamente eficaz no combate à DM2.

#### **4.0 OBJETIVO GERAL**

Conceber, aplicar e avaliar um programa de treino de força, utilizando os métodos de Resistência Muscular e Hipertrofia, em mulheres Diabéticas tipo 2 na faixa etária de 25 a 65 anos, na cidade de Manaus.

#### **4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Caracterizar a amostra, relativamente ao seu perfil metabólico, níveis de atividade física e atividades de autocuidado.
- Analisar os efeitos do programa de treino de Resistência Muscular e de Hipertrofia, em mulheres diabéticas do tipo 2, nos parâmetros: (I) indicadores metabólicos e morfológicos (glicemia, pressão arterial, altura, peso, IMC, perímetro da cintura e da anca); (II) níveis de atividade física e (III) atividades de autocuidado.

## **5.0 METODOLOGIA**

### **5.1 Participantes**

A primeira etapa da pesquisa coletará os dados de 16 diabéticas do tipo 2, cadastradas no projeto: 3º IDADE FELIZ, da Universidade Federal do Amazonas (UFAM: Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 1.200 – Coroado I, Manaus – AM, CEP: 69067-005), na faixa etária de 25 a 65 anos. Os resultados definirão a formação de 2 grupos selecionados, sendo um grupo de intervenção e o outro grupo de controle (também de diabéticas tipo 2, mas que não sejam submetidas aos presentes procedimentos), selecionados a partir das variáveis: idade e composição corporal (peso altura, IMC e percentagem de gordura). A aplicação dos procedimentos metodológicos no grupo de intervenção abrangerá sensivelmente 8 participantes, submetidas a um programa de exercício físico durante 8 semanas. Em paralelo, o grupo controle terá também 8 diabéticas tipo 2, que serão avaliadas somente no início e no fim do projeto, não sendo alvo de qualquer aplicação de procedimento.

Antes e após a intervenção, todas as participantes do grupo de intervenção e de controle realizarão uma criteriosa avaliação física, contendo: (I) anamnese (anexo I), com várias informações individuais, dentre elas: exames médicos realizados há menos de 3 meses, época do diagnóstico de DM2, lesão motora, tipo e quantidade de medicamentos utilizados no tratamento da DM tipo 2 (uma vez que alguns princípios farmacológicos interferem na velocidade de liberação da glicose); (II) indicadores cardiovasculares, metabólicos e de composição corporal (pressão arterial, glicemia, peso, altura, IMC,

perímetro da cintura e anca); (III) níveis de atividade física através do questionário de Baecke (1982) (anexo II), e do questionário de atividades de autocuidado com a Diabetes: tradução, adaptação e avaliação das propriedades psicométricas (Michels et al., 2010) (anexo III).

A aplicação dos procedimentos de treino para o grupo selecionado, acontecerá no mesmo endereço da UFAM, na Faculdade de Educação Física e Fisioterapia (FEFF), a qual dispõe de uma academia de musculação e do espaço confortável para a realização das entrevistas e apresentação do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

É bem estabelecido pela literatura que o exercício físico é uma das estratégias não farmacológicas para prevenir e tratar a DM (Riddell et al, 2013), e para que seja realizado de forma segura, sem a ocorrência de hipoglicemia, é recomendado uma suplementação prévia à base de hidratos de carbono (Dubé et al, 2012)

Como medidas preventivas, será determinantemente exigida a ingestão de uma refeição rica em hidratos de carbono cerca de 1:00h a 1:30h antes do treino, com preferência em hidratos de carbono complexos (baixo índice glicêmico), além da necessária precaução previamente esclarecida sobre a vulnerabilidade de hipoglicemia cerca de 60 a 90 minutos após o fim do treino, principalmente após sobrecarga de hipertrofia. Também será exigido uma antecipada e frequente averiguação dos pés, bem como a utilização de meias brancas para o treino, de modo a facilitar a identificação de escoriações ou indícios de lesão. Durante a prática dos exercícios, os principais riscos são: hipoglicemia e apneia. Torna-se necessário termos uma fonte rápida de glicose acessível, como uma barra de suplementação (que será distribuída para cada participante), além da ininterrupta avaliação de sinais ou sintomas como: fadiga elevada e/ou sudorese, dificuldade de coordenação motora, verbalização incorreta, compreensão insuficiente, irritação e/ou palidez. Durante o treino também será utilizada a Escala de Percepção

Subjetiva de Esforço (PSE – Borg), de modo a intensificar a vigilância individualizada quanto aos respetivos níveis de esforço.

Antes de cada unidade de treino, será verbalizado um exemplo de questionário: Bem-Estar (anexo IV), de fácil compreensão e respostas, de modo que o score do questionário possa servir como parâmetro, e junto ao resultado quantitativo da glicemia capilar, possam definir a intensidade individualizada de treino. De acordo com as respetivas respostas, o questionário oferece uma nota individual em relação ao (1º) sono, (2º) dor muscular tardia, (3º) nível de stresse e (4º) nível de fadiga. Caso o score seja maior que 12, a intensidade da unidade de treino deverá sofrer ajuste. Por fim, o planeamento de treino é obviamente passível de imprevistos individuais, como, por exemplo, a falta de descanso ou refeição prévia.

A aplicação do treino necessita de um acompanhamento criterioso e sistematicamente individualizado, aplicado conforme o tamanho do espaço de avaliação, maquinaria, número de colaboradores e disponibilidade de horários.

Fatores que devem ser considerados: (1) segurança prévia e frequentemente investigada das condições às quais as voluntárias serão submetidas; (2) individualização sistemática na exposição das articulações ao aumento progressivo da carga de treino; (3) a possibilidade de alterações patológicas devido à regeneração incompleta gerada inicialmente pela frequência de micro lesões musculares. Durante a execução dos exercícios, aconselha-se que a respiração seja realizada de acordo com as fases de movimento. Por exemplo: expiração (soltar o ar) na fase concêntrica e inspirar (puxar o ar) na fase excêntrica do movimento. A hidratação durante o treino também será incentivada.

É relevante que o espaço de realização da intervenção tenha refrigeração própria (ar-condicionado), uma vez que a cidade de Manaus tem climas de altíssimas

temperaturas e, neste caso, o ambiente torna-se um fator de aumento da intensidade do exercício.

Todas as participantes, tanto do grupo de intervenção como do grupo de controle, serão avaliadas, sendo a avaliação inicial realizada até 15 dias antes da aplicação do treino, e a avaliação final até uma semana após a finalização do programa de treino, nos seguintes parâmetros:

## **5.2 Composição Corporal**

Todas as participantes serão avaliadas no peso, altura e posteriormente calculado o índice de massa corporal. A seleção irá categorizá-las em relação à faixa etária e composição corporal (estado nutricional), a fim de criar-se grupos homogêneos de comparação estatística.

A relação cintura-anca seguirá com o protocolo de Callaway et al., (1991) que determina a cintura como a região do tronco entre as costelas e a crista ilíaca, no seu menor perímetro, enquanto a do abdômen será medida no ponto de maior perímetro da região, que pode coincidir ou não com a altura do umbigo. Em seguida, os valores serão divididos e interpretados na tabela específica da *Applied Body Composition Assessment*, 1996. A coleta das medidas utilizará a fita antropométrica da marca CESCORF.

### 5.3 Glicemia

A coleta da glicemia capilar utilizará o medidor portátil de glicose (glicosímetro): ACCU-CHEK Guide, com lâminas descartáveis, da empresa: ROCHE, *diabetes care* Brasil Ltda., que contém as seguintes especificações:

Tabela 3 - Resultados obtidos com a utilização do ACCU-CHEK, Roche.

Tempo de teste	Menos de 4 segundos
Visor	LCD com iluminação
Volume da amostra	0,6 uL
Fonte de energia	2 baterias modelo CR2032
Capacidade de memória	720 resultados de glicose no sangue visíveis com data e hora, 32 resultados de controlo com data e hora
Dimensões	80 x 47 x 20 mm
Peso	40g aproximadamente (com baterias inseridas)
Porta de dados	Micro USB
Princípio de teste	Eletroquímico
Média de testes	7, 14, 30 e 90 dias
Gestão de dados	Diário de testes, médias, deteção de padrões e tempo no alvo ('time in range')
Conectividade sem fio	Tecnologia smartbluetooth que conecta seu monitor de glicemia ao aplicativo de gestão da diabetes em seu smartphone
Características adicionais	Desligamento automático após 90 segundos

#### **5.4 Pressão Arterial**

A pressão arterial será aferida pelo esfigmomanômetro digital para clínica geral, automático, de braço: Erkameter 125, ERKA, com a seguinte descrição: de precisão absoluta e validado de acordo com o rigoroso protocolo 2010 da Sociedade Europeia de Hipertensão.

#### **5.5 Questionário dos níveis de atividade física**

O questionário de Baeck (1982), validado para o Português do Brasil (Florindo & Latorre, 2003), avalia a atividade física dos últimos 12 meses por meio de três escores (atividade física ocupacional; exercício físico no lazer; atividade física de lazer e de locomoção). É organizado em forma de escala likert de 1 a 5 pontos. O escore de atividade física ocupacional é composto por oito questões, o de exercício físico no lazer por quatro e o de lazer e locomoção também por quatro (Anexo II).

## **5.6 Questionário de atividades de autocuidado com a diabetes**

O *Summary of Diabetes Self-Care Activities Questionnaire* (Toobert et al., 1994), com tradução validada para: Questionário de Atividades de Autocuidado com a Diabetes: tradução, adaptação e avaliação das propriedades psicométricas (Michels et al., 2010) (anexo II), avalia cinco aspetos do regime de tratamento da diabetes, agrupados em seis dimensões do autocuidado: alimentação (geral e específica), atividade física, uso da medicação, monitorização da glicemia e o cuidado com os pés, avaliando também o tabagismo. As dimensões representam atividades distintas do tratamento da diabetes, realizadas de maneira independente pelos pacientes.

## **5.7 Procedimentos gerais**

Para a tentativa de comprovação e reprodução fidedigna da intervenção, foi planeada uma periodização linear formada por: 1 Macroциclo, composto por 2 Mesociclos (meses), respetivamente cada um com 4 Microциclos (semanas), organizados com 2 ou 3 unidades de treino conforme a semana civil, sendo o 1º Mesociclo de Resistência Muscular (adaptação anatómica das estruturas articulares, como: tendão, ligamento e bolsa sinovial, além padronização didática da execução dos movimentos, tais como: linhas de força, velocidade de execução e amplitude de movimento), e o 2º Mesociclo de Hipertrofia. Cada unidade de treino terá cerca de 35 a 45 minutos de duração máxima.

A periodização dos microciclos está organizada com duas possíveis quantidades de repetições, variando a carga de treino de acordo com o resultado fisiológico e anatômico pretendido, sendo: Resistência Muscular com cargas de 50% a 60%, e Hipertrofia com cargas de 70 a 80% de 1 repetição máxima (1RM).

Tabela 4 - Design do planeamento.

<b>MODELO DE PERIODIZAÇÃO LINEAR:</b>	
1 Macro ciclo	
1º Mesociclo	
1º Micro (adaptação anatômica)	R.M. – <b><u>2 séries de 12 ou 13 repetições</u></b> 2 unidades de treino
2º Micro	R.M. – <b><u>2 séries de 14 ou 15 repetições</u></b> 3 unidades de treino
3º Micro	R.M. – <b><u>2 séries de 14 ou 15 repetições</u></b> 2 unidades de treino
4º Micro	R.M. – <b><u>3 séries de 12 ou 13 repetições</u></b> 3 unidades de treino
5º Micro	Hipertrofia – <b><u>3 séries de 10 ou 11 repetições</u></b> 2 unidades de treino
6º Micro	Hipertrofia – <b><u>3 séries de 10 ou 11 repetições</u></b> 3 unidades de treino
7º Micro	Hipertrofia – <b><u>3 séries 8 ou 9 repetições</u></b> 3 unidades de treino
8º Micro	Hipertrofia – <b><u>3 séries de 8 ou 9 repetições</u></b> 3 unidades de treino

A alteração no número de unidades de treino almeja manter a assiduidade dos avaliados, prevenindo imprevistos imunológicos, como: gripe, resfriado (constipação), febre leve, rinite, etc, possivelmente causados pela saída do sedentarismo e adesão ao

programa de treino. Uma gradual incorporação da rotina de treino é muito mais segura, além de aumentar as hipóteses de conscientização aos novos hábitos de vida.

O cálculo individualizado do número de repetições em cada exercício terá como base a equação preditiva de Epley (1995), citado por Lacio e colaboradores (2010):  $1RM = (0,0333 \times \text{carga}) \times \text{repetições} + \text{carga}$ , sendo a equação mais segura e eficaz para as percentagens de sobrecarga.

Além da ordem, os exercícios serão padronizados e prioritariamente realizados nas máquinas apropriadas, de modo que cada exercício possa ser ensaiado com máxima qualidade. Foram escolhidas 11 opções de exercícios, alguns poliarticulares (envolvendo mais de uma articulação) com o objetivo de manifestar maiores efeitos hormonais e metabólicos, mas, serão aplicados apenas 7. A diversidade dos exercícios pode reduzir a monotonia do treino e melhorar a dinâmica de participação. Os exercícios estimulam praticamente todos os principais grupos musculares, criando uma sinergia de estabilidade adaptativa.

Os exercícios selecionados são: *Supino horizontal na máquina* ou *Supino inclinado*; *Puxada anterior com pegada pronada* ou *Remada baixa na máquina com pegada pronada*; *Agachamento livre* ou *Leg press horizontal (90°)*; *Stiff* ou *Mesa Flexora*; *Flexão plantar com os joelhos estendidos*; *Abdominal reto no solo* e *Extensão da coluna* no aparelho “lombar”. A velocidade de execução (cadência) dos exercícios será de 2030.

Tabela 5 - Design dos exercícios selecionados e ordem de realização (para o grupo intervenção).

<b>EXERCÍCIOS SELECIONADOS E ORDEM DE REALIZAÇÃO</b>	
<b>Exercício</b>	<b>Grupo Muscular Agonista</b>
Supino Horizontal <b>ou</b> Supino Inclinado	Peitoral maior, Tríceps braquial e Deltóide anterior
Puxada Anterior Pronada <b>ou</b> Remada Baixa Pronada	Grande dorsal, Deltóide posterior, Bíceps braquial, Trapézio, Serrátil anterior, Rombóides.
Agachamento Livre <b>ou</b> Leg Press 90°	Vastos: lateral, medial, intermedial e Reto femural
Stiff <b>ou</b> Mesa Flexora	Semimembranoso, Semitendinoso e Bíceps Femural
Flexão Plantar (joelhos estendidos)	Sóleo e Gastrocnêmio
Abdominal Reto	Transverso, Oblíquo interno e externo, Reto do abdômen
Extensão da Coluna	Multífidis, Pubococcígeo, Quadrado lombar, Íliocostal

O tempo de recuperação entre as séries dos exercícios é normalmente proporcional à intensidade. Nos microciclos de resistência muscular (RM) será de 1' a 1'30" (um minuto a 1 minuto e meio), e nos microciclos de hipertrofia será de 2' a 2'30" (dois minutos a dois minutos e meio). O tempo de recuperação entre as unidades de treino será de 48h a 72h, distribuídas conforme o calendário civil. Além de favorecer a reparação tecidual, o planeamento com 2 e 3 unidades de treino por semana é outro incentivo à adesão das participantes.

Cada treino começará com aquecimento na seguinte ordem: (1º) cerca de 8 posições de alongamentos periféricos ao longo das articulações do corpo, “de cima para baixo” (pescoço, ombros, cotovelos, punhos, tronco, joelhos e tornozelos), cada uma com

duração de 10” a 12” (dez a doze segundos); (2º) Aquecimento específico do CORE com 10”, 20” ou 30” de ponte ventral; (3º) 1 série de 10 a 12 repetições a 50% da carga de cada um dos dois primeiros exercícios (ex: supino e agachamento).

Tabela 6 - Design dos alongamentos e aquecimento corporal, no início de cada unidade de treino.

<b>ALONGAMENTOS E AQUECIMENTO ESPECÍFICO PRÉ-TREINO</b>	
<b>Ordem – Tempo</b>	<b>Posição ou Exercício</b>
1º - 10” a 12”	<i>Pescoço</i> – flexão e extensão estáticas/ circundução
2º - 10” a 12”	<i>Ombros</i> - adução e abdução horizontal estáticas
3º - 10” a 12”	<i>Cotovelos</i> - flexão estática
4º - 10” a 12”	<i>Punhos</i> - hiperextensão estática
5º - 10” a 12”	<i>Tronco</i> - flexão lateral estática/rotação dinâmica
6º - 10” a 12”	<i>Joelhos</i> – flexão e extensão estáticas
7º - 10” a 12”	<i>Tornozelos</i> – dorsiflexão estática
8º - 1s/10” ou 20” ou 30”	Ponte ventral
9º - 1s de 10 a 12 repetições com 50% da carga ou peso corporal	Primeiro e segundo exercícios da prescrição

## 5.8 Tratamento Estatístico

Numa primeira fase pretende-se desenvolver uma análise exploratória dos dados com o intuito de identificar possíveis *outliers* e analisar a distribuição das variáveis quantitativas. Para caracterização da amostra nos parâmetros em estudo, pretende-se recorrer à estatística descritiva como média, desvio padrão, máximo e mínimo. A análise inferencial será utilizada para analisar as diferenças entre o grupo de controlo e de intervenção em fatores demográficos (idade e índice de massa corporal) e as diferenças entre o grupo de controlo e de intervenção após determinar as diferenças entre a avaliação inicial e final nos parâmetros em estudo. As análises com amostras emparelhadas serão utilizadas para determinar as diferenças entre o momento inicial e final nos grupos de intervenção e de controlo. O software estatístico utilizado será o SPSS, versão 26.0 e o nível de significância adotado será de 5%.

## **6.0 COLETA DE DADOS**

Após a obtenção do Parecer Consubstanciado (documento expedido por órgãos governamentais para pesquisas científicas na área da saúde), a presente pesquisa iniciou a aplicação de procedimentos no grupo “Melhor Idade”, da Universidade Federal do Amazonas. O grupo é supervisionado pela professora Dra. Rosany Picolloto, do Instituto de Ciências Biológicas (ICB), co-orientadora da presente dissertação. A operacionalização deste trabalho de investigação, até onde foi possível, contou apenas com a minha participação.

A primeira reunião ocorreu na data de 09/03/2020, foi realizada no mesmo horário das atividades oferecidas pelo projeto e teve como objetivo apresentar os detalhes da participação voluntária neste projeto de investigação. Assim, as avaliações físicas, o questionário de atividade física habitual, o questionário de autocuidado com a diabetes, a coleta da glicemia capilar, e a medição da pressão arterial, foram marcadas em horários individuais para as respectivas aplicações.

A segunda reunião ocorreu em 11/03/2020, realizando-se os procedimentos supracitados em 3 participantes. A terceira reunião em 12/03/2020, repetiu os procedimentos em mais 3 participantes. Os resultados obtidos podem ser observados na tabela 7.

Tabela 7 – Resultados da primeira avaliação.

<b>09/03/2020</b> <b>Apresentação</b> <b>dos detalhes</b> <b>de</b> <b>participação</b>	<b>Participantes</b>	<b>Idade</b>	<b>Glicemia</b>	<b>Pressão</b> <b>Arterial</b>	<b>Escore de</b> <b>Atividade</b> <b>Física</b>	<b>Escore de</b> <b>Autocuidado</b> <b>com a</b> <b>Diabetes</b>
<b>11/03/2020</b> <b>Coletas</b>	Participante 1	67	325	159/92mmHg	8,63	45
	Participante 2	68	144	162/91mmHg	13,47	32
	Participante 3	61	271	140/100mmHg	9,66	39
<b>12/03/2020</b> <b>Coletas</b>	Participante 4	59	131	120/84mmHg	11,72	61
	Participante 5	65	359	134/80mmHg	8,44	55
	Participante 6	60	197	133/93mmHg	9,97	59

Todos os dados recolhidos foram devidamente registados e organizados, e no dia 17/03/2020, pude acompanhar todas as participantes nas atividades que estas mulheres já realizavam habitualmente: musculação (com prescrição aleatória e sem acompanhamento especializado) e caminhada. A seguinte reunião foi marcada para o dia 20/03/2020, e tinha como objetivo a verbalização e explicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, mas, infelizmente, não pôde acontecer devido ao decreto Estadual de quarentena. A pandemia havia definitivamente chegado à cidade de Manaus. Atendendo à faixa etária, o grupo teve as atividades canceladas de forma imediata, sendo o primeiro grupo a a manter-se em confinamento, devido à vulnerabilidade a possível contágio e posterior infeção.

## **7.0 A COLETA DE DADOS FOI IMPEDIDA DE CONTINUIDADE POR CAUSA DA PANDEMIA DO CORONAVÍRUS.**

Após um significativo período de submissão nos comités de ética em pesquisa (cinco meses), sendo primeiro a Escola de Saúde (órgão Estadual), seguido pela Plataforma Brasil (órgão Federal), a presente dissertação conseguiu obter o parecer consubstanciado, documento de licitação em pesquisa na área da saúde. Após formalizar as exigências necessárias, procurou-se reunir o público voluntário, sendo um grupo de intervenção e um grupo de controle, dentro da Unidade Básica de Saúde (UBS) Nilton Lins.

Além da possível comprovação da eficácia metodológica, outro grande objetivo da pesquisa era evidenciar uma singela crítica sobre a incidência de DM tipo 2 em populações mais jovens, pois até certo tempo atrás, a doença metabólica era muito prevalente, sobretudo na população mais idosa. Para tal objetivo era necessário reunir grupos de participantes que fossem jovens diabéticas. Mas, a organização da gestão pública regional em saúde é marcada por burocráticas e cansativas dificuldades. Várias e várias foram as tentativas de tratar com os colaboradores da UBS, desde o setor de saúde na família através do núcleo de educação física, até a diretoria e coordenação da academia de musculação localizada no mesmo endereço. Assim, sentimos grande dificuldade na identificação e formação do grupo de voluntários. Decidi então ir pessoalmente ao distrito central das unidades básicas de saúde, de modo a aceder e selecionar indivíduos diabéticos. O sistema de registo não estava atualizado e, por consequência, os telefones

de contacto dos cadastrados já não era o mesmo. Mais uma vez foi necessário redirecionar a pesquisa, dessa vez para a Universidade Federal do Amazonas. O projeto “Melhor Idade” é formado por idosas, que participam, habitualmente, em atividades físicas e sociais, no âmbito da própria Universidade.

A partir deste ponto, a avalanche de infeções tomou conta do Estado. O sistema de saúde (público e particular) colapsou, mesmo com a criação de hospitais de campanha, e infelizmente, uma força tarefa teve que ser montada nos cemitérios para a realização de enterros coletivos.

## **8.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através da detalhada fundamentação, a pesquisa almeja aplicar os procedimentos com base nas evidências dos parâmetros em análise. É imprescindível a colaboração fidedigna por parte das participantes, principalmente na refeição pré-treino, frequência assídua (regularidade), e coleta da glicemia capilar. A comparação entre os dados coletados será crucial para a comprovação eficaz do tratamento da diabetes através do treino de resistência muscular e hipertrofia, com baixo custo de investimento financeiro, duração reduzida de treino, poucas unidades de treino ao longo da semana, e possível diminuição e/ou retirada de medicamentos administrados no tratamento da DM2. Além do benefício de controlo da Diabetes, o projeto procura igualmente estabelecer vínculos saudáveis de socialização entre as voluntárias, junto aos hábitos de saúde e qualidade de vida, apenas estimulando a básica finalidade do corpo humano: MOVIMENTO e CORPOREIDADE.

Perante um quadro circunstancial que esperamos mais favorável num futuro próximo, este trabalho de investigação deverá ser operacionalizado no mesmo projeto: “Melhor Idade”, ou conduzido por qualquer outro investigador que se interesse por esta temática.

## 9.0 BIBLIOGRAFIA

- Albright, A., Franz, M. J., Hornsby, W.G. & Kriska, A. (2000). American college of sports medicine position stand: exercise and type 2 diabetes. *Med.Sci.Sports Exerc.* N3, p1345 – 1360. <https://DOI.org/10.1097/00005768-200007000-00024>.
- American College of Sports Medicine and American Diabetes Association. (2010). Position Stand. Exercise and type 2 diabetes. *Medicine. Science in Sports & Exercise.* 42 (12): 2282-2303.  
[https://www.researchgate.net/publication/279543779\\_ACSM\\_position\\_stand\\_on\\_exercise\\_and\\_Type\\_2\\_diabetes](https://www.researchgate.net/publication/279543779_ACSM_position_stand_on_exercise_and_Type_2_diabetes)
- American College of Sports Medicine. (2000). Position Stand. Exercise and type 2 diabetes. *Med.Sci.Sports Exerc.* Jul;32(7):1345-60. DOI: [10.1097/00005768-200007000-00024](https://doi.org/10.1097/00005768-200007000-00024)
- American Diabetes Association (2017). Prevention or delay of type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 40(Suppl 1):S44-7. DOI: <https://doi.org/10.2337/dc17-S008>
- American Diabetes Association (2002). The Diabetes Prevention Program. *Diabetes Care* Dec; 25(12): 2165-2171. <https://doi.org/10.2337/diacare.25.12.2165>
- Assunção, M.C.F., Santos, I.S. & Costa JS. (2002). Avaliação do processo da atenção médica: adequação de pacientes com diabetes mellitus. *Cad Saúde Pública.*18 (1):205-11. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2002000100021>
- Bahia, L.R., Araújo, D.V., Schaan, B.D., Dib, S.A., Negrato, C.A., Leão, M.P., Ramos, A.J., Forti, A.C., Gomes, M.B., Fossa, M.C., Monteiro, R.A., Sartorelli, D. & Franco, L.J. (2011). The costs of type 2 diabetes mellitus outpatient care in the Brazilian public health system. *Value Health.*; 14(5):137-40. DOI: [10.1016/j.jval.2011.05.009](https://doi.org/10.1016/j.jval.2011.05.009)
- Barrile, S.R., Martinelli, B., Nicola, M., Rino, A.V., Teixeira, M.F. & Negrato, C.A. (2007). Efeito do exercício físico aeróbio agudo em indivíduos portadores de diabetes mellitus que fazem uso de insulina. *Diabetes Clínica* 2007;11(4):345-51. Disponível: <https://www.scielo.br/pdf/rbme/v21n5/1806-9940-rbme-21-05-00360.pdf>
- Brasil. Ministério da Saúde. Cadernos de Atenção Básica - n.º 16 -Série A. (2006) Diabetes Mellitus. Normas e Manuais Técnicos. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Brasília: DF. [citado 2020 novembro 02]. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diabetes\\_mellitus.PDF](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diabetes_mellitus.PDF)

- Brasil. Portaria nº 2.488, de 21 de outubro de 2011. Aprova a Política Nacional de Atenção Básica, estabelecendo a revisão de diretrizes e normas para a organização da Atenção Básica, para a Estratégia Saúde da Família (ESF) e o Programa de Agentes Comunitários de Saúde (PACS). *Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n.204*, p.55, 24 out. 2011. [citado 2017 mar 08]. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2488\\_21\\_10\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2488_21_10_2011.html)
- Baecke JA, Burema J, Frijters JE. (1982). A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *Am J Clin Nutr*; 36:936-42. DOI: [10.1093/ajcn/36.5.936](https://doi.org/10.1093/ajcn/36.5.936)
- Bouzakri, K., Zachrisson, A., Al-Khalili, Zhang, B.B., Koistinen, H.A., Krook, A. & Zierath, J.R. (2006). siRNA-based gene silencing reveals specialized roles of IRS-1/Akt2 and IRS-2/Akt1 in glucose and lipid metabolism in human skeletal muscle. *Cell Metabolism*; 4:89-96. DOI: [10.1016/j.cmet.2006.04.008](https://doi.org/10.1016/j.cmet.2006.04.008)
- Callay, C.W. et al. (1991). Circumferences. Anthropometric standardization reference manual. In: Lohman TG, Roche AF, Martorell R, editors. Champaign: *Human Kinetics Books*; p. 44-5, 1991.
- Cambri, L T. & Santos, D L. Influência dos Exercícios Resistidos com Pesos em Diabéticos tipo 2. (2006). *Rio Claro: Revista Motriz*. v. 12 n.1 p.33-41. <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/motriz/article/view/58/39>
- Cambri, L.T., Decimo, J.P., Souza, M., Oliveira, F.R., Gevaerd, M.S. (2007). Efeito agudo e crônico do exercício físico no perfil glicêmico e lipídico em diabéticos tipo 2. *Motriz*; 13(4):238-48. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302002000500009>
- Canche, K. A. M. & Gonzalez, B. C. S. (2005). Exercício de resistência muscular em adultos com diabetes mellitus tipo 2. *Rev. Latino-Am. Enfermagem [online]*. vol.13, n.1, pp.21-26. ISSN 1518-8345. <https://doi.org/10.1590/S0104-11692005000100004>.
- Castaneda, C., Layne, J., Munoz-Orlans, L., Gordon, P., Walsmith, J., Foldvari, M., Roubenoff, R., Tucker, K. & Nelson, M. (2002). A Randomized Controlled Trial of Resistance Exercise Training to Improve Glycemic Control in Older Adults With Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*, Vol 25, number 12, december 2335. DOI: [10.2337/diacare.25.12.2335](https://doi.org/10.2337/diacare.25.12.2335)
- Castro, G., Areias, M.F.C., Weissmann, L., Quaresma, P.G.F. Katashima, C.K., Saad, J.A. & Prada, P.O. (2013). Diet-induced obesity induces endoplasmic reticulum stress and insulin resistance in the amygdala of rats. *FEBS Open Bio*.11;3:443-9. <https://doi.org/10.1016/j.fob.2013.09.002>
- Cao, S., Li, B., Yi, X., Chang, B., Zhu, B., Lian, Z., Zhang, Z., Zhao, G., Liu, H. & Zhang H. (2012). Effects of exercise on AMPK signaling and downstream components to PI3K in rat with type 2 diabetes. *Plos One*;7(12):01-13. DOI: [10.1371/journal.pone.0051709](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051709)

- Ciolac, E. G., Guimarães, G. V. (2004). Exercício físico e síndrome metabólica. *Revista Brasileira de medicina do esporte*, vol10. Niterói: Julho/ Agosto. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922004000400009>
- Cleasby, M.E., Reinten, T.A., Cooney, G.J., James, D.E.& Kraegen, E.W. (2007). Functional studies of Akt isoform specificity in skeletal muscle in vivo: maintained insulin sensitivity despite reduced insulin receptor substrate-1 expression. *Molecular Endocrinology*;21(1):215-228. DOI: [10.1210/me.2006-0154](https://doi.org/10.1210/me.2006-0154)
- Dam, E.M.V., Govers, R. & James, D.E. (2005). Akt activation is required at a late stage of insulin-induced GLUT4 translocation to the plasma membrane. *Molecular Endocrinology*; 19(4):1067-1077. DOI: [10.1210/me.2004-0413](https://doi.org/10.1210/me.2004-0413)
- De Angelis, K., Pureza, D.Y., Flores, L.J.F., Rodrigues, B., Melo, K.F.S., Schaan, B.D., & Irigoyen, M.C. (2006). Efeitos fisiológicos do treinamento físico em pacientes portadores de diabetes tipo 1. *Arq Bras Endocrinol Metabol.*;50(6):1005-13. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302006000600005>
- Del Prato, S. (2009). Role of glucotoxicity and lipotoxicity in the pathophysiology of Type 2 diabetes mellitus and emerging treatment strategies. *Diabet Med* 26: 1185-1192, 2009. DOI: [10.1111/j.1464-5491.2009.02847.x](https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2009.02847.x)
- Dubé, M.C., Lavoie, C., Galibois, I. & Weisnagel, J.S. (2012). Nutritional strategies to prevent hypoglycemia at exercise in diabetic adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2012 Aug;44(8):1427-32. □ DOI: [10.1249/MSS.0b013e3182500a35](https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182500a35)
- Donath, M.Y. & Shoelson, S.E. (2011). Type 2 diabetes as an inflammatory disease. *Nature Rev Immunol* 11: 98-107, 2011. DOI: [10.1038/nri2925](https://doi.org/10.1038/nri2925)
- Dos Santos, A.F., Bernardo, D.N.D., Oliveira, L.C.N., Fabrizzi, F., Jokura A., Mitidiero, J.M. & Rodrigues, W. (2016). Efeitos do treinamento de força em pessoas portadoras do Diabetes Mellitus tipo 2. *Revista Odontológica de Araçatuba*, v.37, n.1, p. 33-40, Janeiro/Abril. <https://apcdaracatuba.com.br/revista/2016/01/trabalho4.pdf>
- Fagot-Campagna A., Pettitt, D.J., Engeugau, M.M., Burrows N. R., Geiss, L.S., Valdez R., Beckles, G.L., Saaddine, J., Gregg, E. W., Williamson, D.F. & Narayan, K.M. (2000). Type 2 diabetes among North American children and adolescents. *J Pediatr*; 136:664-72. [https://doi.org/doi: 10.1067/mpd.2000.105141](https://doi.org/10.1067/mpd.2000.105141)
- Fleck, S. & Simão, R. (2008). Benefícios do treinamento de força no sistema cardiovascular. Em: *Força-princípios metodológicos para o treinamento*. 1.ed. São Paulo:Phorte.
- Frosig C, Rose AJ, Treebak JT, Kiens B, Richter EA, Wojtaszewski JF. (2007). Effects of endurance exercise training on insulin signaling in human skeletal muscle: interactions at the level of phosphatidylinositol 3-kinase, Akt, and AS160. *Diabetes*; 56(8):2093-102. DOI: [10.2337/db06-1698](https://doi.org/10.2337/db06-1698)

- Funai, K. & Cartee, G.D. (2008). Inhibition of contraction stimulated AMP-activated protein kinase inhibits contraction stimulated increases in PAS-TBC1D1 and glucose transport without altering PAS-AS160 in rat skeletal muscle. *Diabetes*;58:1096-1104. DOI: [10.2337/db08-1477](https://doi.org/10.2337/db08-1477)
- Glass, D.J. (2005). Skeletal muscle hypertrophy and atrophy signaling pathways. *Int J Biochem Cell Physiol*; 37:1974-84. DOI: [10.1016/j.biocel.2005.04.018](https://doi.org/10.1016/j.biocel.2005.04.018)
- Gregg, E.W., Sattar, N. & Ali MK. (2016). The changing face of diabetes complications. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2016;4(6):537-47. [https://doi.org/ 10.1016/S2213-8587\(16\)30010-9](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(16)30010-9)
- Gibala, M. J., MacDougall, J.D., Tarnopolsky, M.A., Stauber, W.T. & Elorriaga, A. (1995). Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*.v. 78, n. 2, p. 702-708. DOI: [10.1152/jappl.1995.78.2.702](https://doi.org/10.1152/jappl.1995.78.2.702)
- Guyton, A.C. & Hall, J.E. (2006). Tratado de Fisiologia Médica. 11ª ed. Rio de Janeiro, pág: 972. Elsevier Ed.
- Goldstein, B.J., Muller-Wieland, D. (2008). Diabetes tipo 2: princípios e práticas. 2ª ed., vol 1. Algés: Euromédice.
- Gomes, M.B., Mendonça, D.G.N.E., Tambascia, M.A., Fonseca, R.M., Réa, R.R., Macedo, G., FILHO, J.M., Schmid, H., Bittencourt, A.V., Cavalcanti, S., Rassi, N., Faria, M., Pedrosa, H & Dib, S.A. (2006). Prevalência de sobrepeso e obesidade em pacientes com diabetes mellitus tipo 2 no brasil: estudo multicêntrico nacional. *Arg Bras Endocrinol Metab*;50 (1):136-144. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302006000100019>
- Gonzalez, E. & Mcgraw, T.E. (2006). Insulin signaling diverges into akt-dependent and independent signals to regulate the recruitment docking and the fusion of GLUT4 vesicles to the plasma membrane. *Mollecular Biology of the Cell*; 17:4484-4493. DOI: [10.1091/mbc.e06-07-0585](https://doi.org/10.1091/mbc.e06-07-0585)
- Guimarães, G.V.; Ciolac, E.G. Síndrome metabólica: abordagem do educador. (2004). *Síndrome Metabólica e Risco Cardiovascular*. São Paulo. Vol. 14 Num. 04. p. 01-21. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922004000400009>
- Hamman, R., Wing, R., Edelstein, S., Lachin, J., Bray, G., Delahanty, L., Hoskin, M., Kriska, A.M., Davis, E.M., Sunyer, X.P., Regensteiner, J., Venditti, B. & Rosett, J.W. 2006. Effect of weight loss with lifestyle intervention on risk of Diabetes. *Diabetes Care. Sep*; 29(9): 2102–2107. DOI: [10.2337/dc06-0560](https://doi.org/10.2337/dc06-0560)
- Hawke, T.J.; Garry, D.J. Myogenic satellite cells: physiology to molecular biology. (2001). *J Appl Physiol* .Dec;91(6):2414. Acessado em 03/06/2019. DOI: [10.1152/jappl.2001.91.2.534](https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.2.534)

- Herder, C., Baumert, J., Thorand, B., Koenig, W., De Jager, W., Meisinger, C., Illig, T., Martin, S. & Kolb, H. (2006). Chemokines as risk factors for type 2 diabetes: results from the MONICA/KORA Augsburg study, 1984–2002. *Diabetol* 49: 921-929. DOI: [10.1007/s00125-006-0190-y](https://doi.org/10.1007/s00125-006-0190-y)
- Hotamisligil, G.S. & Erbay, E. (2008). Nutrient sensing and inflammation in metabolic diseases. *Nature Rev Immunol* 8: 923-934. DOI: [10.1038/nri2449](https://doi.org/10.1038/nri2449)
- Ivy, J. L.; Zderic, T. W. & Fogt, D. L. (1999). Prevention and treatment of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Exerc. Sport Sci. Rev.* n. 27, p. 1-35. PMID: **10791012**
- Irigoyen, M.C., De Angelis, K., Schann, B.D., Fiorino, P. & Michelini LC. (2003). Exercício físico no diabetes melito associado à hipertensão arterial sistêmica. *Rev Bras Hipertens.* 10(2):109-17. <http://departamentos.cardiol.br/dha/revista/10-2/exercicio.pdf>
- International Diabetes Federation, 2015. *IDF Atlas. 7th ed.* Brussels, Bélgica: Federação Internacional da Diabetes. Disponível em: <https://suckhoenoitiet.vn/download/Atla-benh-dai-thao-duong-2-1511669800.pdf>
- Jessen, N., An, Ding., Lihn, A.S., Nygren, J., Hirshman, M.F., Thorell, A. & Goodyear, L.J. (2011). Exercise increases TBC1D1 phosphorylation in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab*;301:164-171. DOI: [10.1152/ajpendo.00042.2011](https://doi.org/10.1152/ajpendo.00042.2011)
- King, H. Zimmet, P., Raper, L.R., Balkau, B. (1984). Risk factors for diabetes in three pacific populations. *Am. J. Epidemiol.* n. 119, p.396 – 409. <https://doi.org/eres.qnl.qa/10.1093/oxfordjournals.aje.a113758>
- Krakoff J., Lindsay R.S., Looker H.C., Nelson, R. G., Hanson, R. L. & Knowler, W. C. (2003). Incidence of retinopathy and nephropathy in youth-onset compared with adult-onset type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 26:76-81. DOI: [10.2337/diacare.26.1.76](https://doi.org/10.2337/diacare.26.1.76)
- Katzer; J.I. (2007). Diabetes mellitus tipo II e atividade física. (2007). *Revista Digital.* Buenos Aires. Num. 113. Año 12. <https://www.efdeportes.com/efd113/diabetes-mellitus-e-atividade-fisica.htm>
- Knowler, W.C., Fowler, S.E., Hamman, R.F., Christophi, C.A., Hoffman, H.J., Brenneman, A.T., Brown-Friday, J.O., Goldberg, R., Venditti, E. & Nathan, D.M. (2009). 10-year follow-up of diabetes incidence and weight loss in the Diabetes Prevention Program Outcomes Study. *Lancet Nov* 14;374(9702):1677-86. □ DOI: [10.1016/S0140-6736\(09\)61457-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61457-4)
- Lacio, M.L., Damasceno, V.O., Vianna, J.M., Lima, J.R.P., Reis, V.M., Brito, J.P. & Fernandes Filho, J. (2010). Precisão das equações preditivas de 1-RM em praticantes não competitivos de treino de força. *Motricidade*, 6(3), 31-37. Recuperado em 06 de outubro de 2020, de [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1646-107X2010000300005&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-107X2010000300005&lng=pt&tlng=pt).

- Lanza IR, Nair KS. (2009). Muscle mitochondrial changes with aging and exercise. *Am J Clin Nutr.* 89(1):467S-71S. DOI: [10.3945/ajcn.2008.26717D](https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26717D)
- Laaksonen, D. E., Lindstrom, J. Lakka T. A., Eriksson J.G. Niskanen L., Wikstrom K., Aunola, S., Kiukaanniemi, S. K., Laakso, M. Valle, T.T., Parikka, P. I., Louheranta, A., Hamalainen, H., Rastas, M., Salminen, V., Cepaitis, Z., Hakumaki, M., Kaikkonen, H., ..., Uusitupa, M. (2005). Finnish diabetes prevention study. Physical activity in the prevention of type 2 diabetes. *Diabetes*, n. 54, p. 158-165. DOI: [10.2337/diabetes.54.1.158](https://doi.org/10.2337/diabetes.54.1.158)
- Léger B., Cartoni R., Praz M., Lamon, S., Dériaz O., Crettenand, A. Gobelet, C. Rohmer, P., Komzelmann., Luthi, F. & Russel, A.P. (2006). Akt signalling thorough GSK-3B, mTOR and FOXO 1 is involved in human skeletal muscle hypertrophy and atrophy. *J physiol*; 576(3):923-33. PMCID: [PMC1890416](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1890416/)
- Lin, H., V. Ren., H., Samuel, V. T., Lee, H.-Y., Lu, T., Y., Shulman, G & I, Accili, D. (2011). Diabetes in mice with selective impairment of insulin action in Glut4-expressing tissues. *Diabetes*; 60:700–709. DOI: [10.2337/db10-1056](https://doi.org/10.2337/db10-1056)
- Lindstrom, J., Louheranta, A., Mannelin, M., Rastas, M., Salminen, V., Eriksson, J., Uusitupa, M. & Tuomilehto, J. (2003). The finnish diabetes prevention study (DPS). *Diabetes Care*, n. 26, p. 3230-3236. <https://doi.org/10.2337/diacare.26.12.3230>
- Lerman, I. (2005). Adherence to treatment: a key for avoiding long-term complications of diabetes. *Arch Med Res*; 36 (3):300-6. DOI: [10.1016/j.arcmed.2004.12.001](https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2004.12.001)
- Li G, Zhang., P, Wang J., Gregg, EW., Yang, W., Gong, Q., Li H., Li, H., Jiang, H., Na, Yali., Shuai, Y., Zhang, B., Jingling Z., Thompson, T. J., Gerzoff, R. B., Roglic, G., Yinghua, H. & Bennett, P.H. (2008). The long-term effect of lifestyle interventions to prevent diabetes in the China Da Qing Diabetes Prevention Study: a 20-year follow -up study. *Lancet.* 2008;371(9626):1783-9. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60766-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60766-7)
- Lindström, J., Ilanne-Parikka, P., Peltonen, M., Aunola, S., Eriksson, J.G., Hemiö, K., Hamalainen, H., Harkonen, P., Kiukaanniemi, S. K., Laakson, M., Louheranta, A., Mannelin, M., Paturi, M., Sundvall, L., Valle, T. T., Uusitupa, M. & Tuomilehto, J. (2006). Sustained reduction in the incidence of type 2 diabetes by lifestyle intervention: follow -up of the Finnish Diabetes Prevention Study. *Lancet.* 368(9548):1673-9. DOI: [10.1016/S0140-6736\(06\)69701-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)69701-8)
- MCCarthy, J.P., Pozniak, M.A., Agre, J.C. (2002). Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Med. Sci. Sports Exerc.*; 34(3): 511-519. □ DOI: [10.1097/00005768-200203000-00019](https://doi.org/10.1097/00005768-200203000-00019)
- Masharani, U.B., Maddux, B.A., Li, X., Sakkas, G.K., Mulligan, K., Schambelan, M., Goldfine, I.D. & Youngren, J.F. (2011). Insulin resistance in non-obese subjects is associated with activation of the JNK pathway and impaired insulin signaling in skeletal muscle. *PLoS One*; 11;6(5):e19878. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019878>

- MCardle, W.D; Katch, F.I.; Katch, V.L. (2003). *Fisiologia do exercício – energia, nutrição e desempenho humano*. 5ª Edição, Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan.
- Michels M.J., Coral, M.H.C., Sakae, T.M., Damas, T.B. & Furlanetto, L.M. (2010). Questionário de atividades de autocuidado com o Diabetes: tradução, adaptação e avaliação das propriedades psicométricas. *Arq Bras Endocrinol Metab* vol.54 no.7. Outubro. São Paulo. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302010000700009>
- Olokoba, AB., Obateru A. O & Olokoba LB. (2012) Type 2 diabetes mellitus: A review of current trends. *Oman Medical Journals*; 27(4):269-273. <https://doi.org/doi:10.5001/omj.2012.68>.
- Onkamo, P., Vaananen, S., Karvonen, M. & Tuomilehto, J. (1999). Worldwide increase in incidence of type 1 diabetes: analysis of the data on published incidence trends. *Diabetologia*; 42:1395-403. <https://doi.org/doi:10.1007/s001250051309>
- Prestes, J., Foschini, D., Marcheti, P., Charro, M.A. Prescrição e periodização do treinamento de força em academias. (2010). *Editora: Manole*, p.3.
- Pickup, J., Mattock, M., Chusney, G. & Burt, D. (1997). NIDDM as a disease of the innate immune system: association of acute phase reactants and interleukin-6 with metabolic syndrome X. *Diabetol* 40: 1286-1292. DOI: [10.1007/s001250050822](https://doi.org/10.1007/s001250050822)
- Pádua, M.F., Pádua, T.F., Pauli, J.R., Souza, C.T., Silva, A.S.R., Ropelle, E.C.C., Cintra, D.E., Carvalheira, J.B.C. & Ropelle, E.R. (2009). Exercício físico reduz a hiperglicemia de jejum em camundongos diabéticos através da ativação da AMPK. *Rev Bras Med Esporte*. 2009;15(3):179-84. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922009000300003>
- Rennie KL., MCarthy, N., Yazdgerdi S, Marmot M, Brunner E. Association of metabolic syndrome with both vigorous and moderate physical activity. (2003). *Int J Epidemiol*; 32:600-6. <https://doi.org/10.1093/ije/dyg179>
- Riddell, M.C., Miadovnik, L., Simms, M., Li, B & Zisser, H. (2013). Advances in exercise, physical activity, and diabetes mellitus. *Diabetes Technol Ther*; 15(Suppl 1):S96-106. DOI: [10.1089/dia.2013.1511](https://doi.org/10.1089/dia.2013.1511)
- Ribeiro, R., Coutinho, G.L., Luras, A., Barbosa, A.M., Souza, J.A.C., Diniz, D.P. & Schor, N. (2013). Efeito do exercício resistido intradialítico em pacientes renais crônicos em hemodiálise. *Jornal Brasileiro de Nefrologia*; 35 (1):13-19. São Paulo. <https://www.scielo.br/pdf/jbn/v35n1/v35n1a03.pdf>
- Robertson, R.P., Harmon, J., Tran, P.O.T. & Poitout, V. (2004).  $\beta$ -cell glucose toxicity, lipotoxicity, and chronic oxidative stress in type 2 diabetes. *Diabetes* 53: S119-S124. DOI: [10.2337/diabetes.53.2007.s119](https://doi.org/10.2337/diabetes.53.2007.s119)
- Rosebloom, Al., Young RS., Winter WE. (1999). Emerging epidemic of type 2 diabetes in youth. *Diabetes Care*; 22(2): 345-54. <https://doi.org/doi:10.2337/diacare.22.2.345>

- Sakamoto K, Holman GD. (2008). Emerging role for AS160/TBC1D4 and TBC1D1 in the regulation of GLUT4 traffic. *Am J Physiol Endocrinol Metab*; 295: 29-37. DOI: [10.1152/ajpendo.90331.2008](https://doi.org/10.1152/ajpendo.90331.2008)
- Santos, E.C.B., Zanetti, M.L., Otero, L.M. & Santos, M.A. (2005). O cuidado sob a ótica do paciente diabético e de seu principal cuidador. *Rev Latino-am Enfermagem.*;13 (3):397-406. <https://doi.org/10.1590/S0104-11692005000300015>.
- Sandri M. Signaling in muscle atrophy and hypertrophy. (2008). *J Physiol*; 23:160-70.
- Sartorelli V., Fulco M. Molecular and cellular determinants of skeletal muscle atrophy and hypertrophy. (2004). *Sci STKE*; 244:re11. DOI: [10.1152/physiol.00041.2007](https://doi.org/10.1152/physiol.00041.2007)
- Sartorelli, V. & Fulco, M. (2004). Molecular and cellular determinants of skeletal muscle atrophy and hypertrophy. *Science's STKE*; 03 Agosto. Issue 224, ppre1. DOI: [10.1126/stke.2442004re11](https://doi.org/10.1126/stke.2442004re11)
- Silva PE, Alves T, Fonseca ATS, Oliveira MAN, Machado UF, Seraphim PM. (2011). O Exercício físico melhora a sensibilidade à insulina de ratos expostos à fumaça de cigarro. *Rev Bras Med Esporte*;17(3):202-6. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922011000300011>
- Silveira Netto, E. (2000). Atividade física para diabéticos. 1º ed. *Sprint. Rio de Janeiro*.
- Sociedade Brasileira de Diabetes, (2019). Link: Diabetes - O que é Diabetes? Data: 01/10/2020. <https://www.diabetes.org.br/publico/diabetes/oque-e-diabetes>.
- Spranger, J., Kroke, A., Möhlig, M., Hoffmann, K., Bergmann, M.M., Ristow, M., Boeing, H. & Pfeiffer, A.F. (2003). Inflammatory cytokines and the risk to develop type 2 diabetes results of the prospective population-based European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Potsdam Study. *Diabetes* 52: 812-817. DOI: [10.2337/diabetes.52.3.812](https://doi.org/10.2337/diabetes.52.3.812)
- Sociedade Brasileira de Diabetes. (2014). Diretrizes da SBD: 2013-2014. São Paulo: AC Farmacêutica Ltda, 2014. [citado 2020 novembro 02 08]. Disponível em: <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2014-05/diretrizes-sbd-2014.pdf>.
- Sociedade Brasileira de Diabetes, 2018. Diretrizes: Epidemiologia e impacto global da Diabetes Mellitus, pág. 16. Disponível: <https://www.diabetes.org.br/profissionais/images/2017/diretrizes/diretrizes-sbd-2017-2018.pdf>
- Souto, P.F.A., Salmon, A.B., Bruno, F., Jimenez, F., Martinez, H.G., Halade, G.V., Ahuja, S.S., Clark, R.A., DeFronzo, R.A., Abboud, H.E. & El, J.A. (2015). Nox2 Mediates Skeletal Muscle Insulin Resistance Induced by a High-Fat Diet. *J Biol Chem* 290: 13427-13439. DOI: [10.1074/jbc.M114.626077](https://doi.org/10.1074/jbc.M114.626077)

- Taylor, R.J., Bennett, G., LeGonidec, J., Lacoste, D., Combe, M., Joffres, R., Uili, M., Charpin, P & Zimmet, Z. (1983). The prevalence of diabetes mellitus in a traditional- living polynesian population: The wallis island. Survey. *Diabetes Care*, n.6, p. 334-340. [https://doi.org/10.1016/S0168-8227\(88\)80009-3](https://doi.org/10.1016/S0168-8227(88)80009-3)
- Torres-Leal, F.L., Capitani, M.D. & Tirapegui, J. (2009). The effect of physical exercise and caloric restriction on the components of metabolic syndrome. *Braz J Pharm Sci*; 45(3):379-99. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-82502009000300003>
- Toigo, M. & Boutellier, (2006). V. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *Eur J Physiol*; 97(6):643-63. DOI: [10.1007/s00421-006-0238-1](https://doi.org/10.1007/s00421-006-0238-1)
- Vancini RL, Lira CAB. Aspectos gerais do diabetes mellitus e exercício. Centro de Estudos de Fisiologia do Exercício, São Paulo. 2004. 1-15. Disponível em: [https://www.saudedireta.com.br/docsupload/1332095470diabetes\\_exer.pdf](https://www.saudedireta.com.br/docsupload/1332095470diabetes_exer.pdf). Acesso em 08 de outubro de 2020.
- Vind, B.F., Pehmoller, C., Treebak, J.T., Birk, J.B., Hey-Mogensen, M., Nielsen, H.B., Zierath, J.R., Wojtaszewski, J.F.P. & Hojlund, K. (2011). Impaired insulin-induced site-specific phosphorylation of TBC1 domain family, member 4 (TBC1D4) in skeletal muscle of type 2 diabetes patients is restored by endurance exercise-training. *Diabetologia*; 54(1):157-67. DOI: [10.1007/s00125-010-1924-4](https://doi.org/10.1007/s00125-010-1924-4)
- Volpato, V. & Zaboti, A. (2008). O efeito agudo do exercício físico na glicemia do paciente portador de diabetes mellitus tipo. [Monografia]. Curso de Fisioterapia: Universidade do Sul de Santa Catarina UNISUL/ Tubarão. <http://fisio-tb.unisul.br/Tccs/03b/vanessa/artigovanessavolpato.pdf>
- Young, R.S., Griffee, S.R., Lynes, S.E., Bracy, D.P., Ayala, J.E., McGuinness, O.P. & Wasserman, D.H. (2009). Skeletal muscle AMP-activated protein kinase is essential for the metabolic response to exercise in vivo. *Journal of Biology Chemistry*;284(36): 23925-23934. DOI: [10.1074/jbc.M109.021048](https://doi.org/10.1074/jbc.M109.021048)
- Yu-Ching, C., Shin-Da, L., Cha-Hua, Kuo. & Low-Tone, Ho. (2011). The Effects of Altitude Training on the AMPK-Related Glucose Transport Pathway in the Red Skeletal Muscle of Both Lean and Obese Zucker Rats. *High Alt Med Biol. Dec*; 12(4): 371–378. doi: [10.1089/ham.2010.1088](https://doi.org/10.1089/ham.2010.1088)
- Zabaglia, R., Assumpção, C., Urtado, C.B. & Souza, T.M.F. (2009). O. Efeito dos exercícios resistidos em portadores de diabetes mellitus. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, São Paulo, v.3, n.18, p.547-558. <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/207>
- Zinman, B., Ruderman, N., Campaigne B. N., Devlin J.T., Schneider S.H. (2003). American Diabetes Association. Physical activity/exercise and diabetes mellitus. *Diabetes Care*, n.27, p. S58-S62. <https://doi.org/10.2337/diacare.26.2007.S73>

## **ANEXO I**

### Avaliação Física.

#### **Modelo de Avaliação Física para Diabéticas tipo 2:**

Data:

Nome:

E-mail:

Endereço:

Ocupação:

#### **Modelo de Anamnese para a avaliação física de Diabéticas tipo 2:**

- Algum exame médico realizado há menos de 3 meses?  
Algum histórico de sintoma anormal ou desconforto?  
E quando sob esforço?  
Algum sintoma de dor?  
Qual o nível de dor, de 1 a 5?
- Quando houve o diagnóstico da DM2?  
Qual idade você tinha?  
Algum dos seus pais é diabético?  
Qual medicação é administrada no tratamento?  
Dose da medicação?  
Urina em excesso?  
Sede em excesso?  
Algum problema na visão?  
Algum problema nos pés?  
Alguma outra doença associada?
- Está sedentário (a)?  
NÃO                      SIM                      Quanto tempo?  
Sente dor no peito, tontura ou falta de ar quando faz esforço físico?  
NÃO                      SIM
- Já praticou exercício físico?  
NÃO                      SIM  
Qual?  
Frequência ininterrupta?  
Durante a prática passou mal alguma vez?

- Já teve alguma fratura?  
 NÃO                      SIM                      Qual?  
 Fissura óssea (rachadura)?  
 NÃO                      SIM  
 Qual? \_\_\_\_\_  
 Luxação ou Entorse?  
 NÃO                      SIM  
 Qual? \_\_\_\_\_  
 Limitação articular?  
 NÃO                      SIM  
 Qual? \_\_\_\_\_
- Está em dieta nutricional?  
 NÃO                      SIM                      Com acompanhamento profissional?
- Está tomando alguma medicação ou suplementação?  
 NÃO                      SIM  
 Qual? \_\_\_\_\_
- Faz uso de anticoncepcional? (pergunta para voluntárias abaixo de 40 anos)  
 NÃO                      SIM  
 Qual? \_\_\_\_\_
- Alguma doença de risco além da Diabetes? (Cardiovascular)?  
 NÃO                      SIM  
 Obs: \_\_\_\_\_
- Algum histórico de doenças de risco na família?
- Quantidade de horas de sono?  
 Nota para a qualidade de sono (de 1 a 5):
- Consome bebida alcóolica? \_\_\_\_\_  
 NÃO                      SIM                      Quantas vezes na semana?
- Fuma?  
 NÃO                      SIM                      Quantos cigarros por dia?

## ANEXO II

### Questionário de Atividade Física Habitual.

O Questionário de Atividade Física Habitual, validado para o Português do Brasil (Florindo & Latorre, 2003), avalia os níveis de: (I) Atividade física ocupacional; (II) Exercício físico no lazer; (III) Atividade física de lazer e de locomoção (Baecke, 1982).

Pratica esporte ou exercício físico programado?	Intensidade leve: < 3 METS (0,76) Intensidade moderada: $\geq 3$ e $\leq 6$ METS (1,26) Intensidade vigorosa: > 6 METS (1,76)				
Sim Não					
Se sim, qual o esporte que pratica mais frequentemente?	Intensidade: 0,76 – 1,26 – 1,76				
Quantas horas por semana? < 1h; 1-2h; 2-3h; 3-4h; >4h	Tempo: 0,5 – 1,5 – 2,5 – 3,5 – 4,5				
Quantos meses por ano? < 1; 1-3; 4-6; 7-9; > 9	Proporção: 0,04 – 0,17 – 0,42 – 0,67 – 0,92				
Se pratica um segundo esporte. Qual o esporte que pratica?	Intensidade: 0,76 – 1,26 – 1,76				
Quantas horas por semana? < 1h; 1-2h; 2-3h; 3-4h; >4h	Tempo: 0,5 – 1,5 – 2,5 – 3,5 – 4,5				
Quantos meses por ano? < 1; 1-3; 4-6; 7-9; > 9	Proporção: 0,04 – 0,17 – 0,42 – 0,67 – 0,92				
Cálculo do item 1: esporte 1 (intensidade x tempo x proporção) + esporte 2 (intensidade x tempo x proporção)	1 0	2 0,01 < 4	$3 \geq 4 < 8$	$4 \geq 8 < 12$	$5 \geq 12$
2. Em comparação com outras pessoas da sua idade, considera que a atividade física que realiza nos tempos livres é:	1 muito menor	2 menor	3 igual	4 Maior	5 muito maior
3. Por dia, quantos minutos costuma andar a	1 < 5m	2 5 a 15m	3	4 30 a 45m	5 > 45m

pé ou de bicicleta (para ir e vir do trabalho, da escola ou fazer compras)?			15 a 30m		
4. Nos tempos livres, com que frequência costuma transpirar (devido às atividades que realiza?)	1 nunca	2 raramente	3 algumas vezes	4 frequentemente	5 Muito frequentemente
5. Nos tempos livres, com que frequência costuma praticar desporto ou exercício físico programado?	1 nunca	2 raramente	3 algumas vezes	4 frequentemente	5 Muito frequentemente
6. Nos tempos livres, com que frequência costuma ver tele-visão?	1 nunca	2 raramente	3 algumas vezes	4 frequentemente	5 Muito frequentemente
7. Nos tempos livres, com que frequência costuma andar a pé?	1 nunca	2 raramente	3 algumas vezes	4 frequentemente	5 Muito frequentemente
8. Nos tempos livres, com que frequência costuma andar de bicicleta?	1 nunca	2 raramente	3 algumas vezes	4 frequentemente	5 Muito frequentemente

### ANEXO III

#### Questionário de Atividades de Autocuidado com a Diabetes.

Questionário de Atividades de Autocuidado com o Diabetes: tradução, adaptação e avaliação das propriedades psicométricas (Michels, et al. 2010). (As perguntas que se seguem questionam os seus cuidados com a Diabetes durante os últimos sete dias. Se você esteve doente durante os últimos sete dias, por favor lembre-se dos últimos sete dias em que não estava doente).

<b>Alimentação Geral</b>	
1 Em quantos dos últimos SETE DIAS seguiu uma dieta saudável?	0 1 2 3 4 5 6 7
1.2 Durante o último mês, QUANTOS DIAS POR SEMANA, em média, seguiu a orientação alimentar, dada por um profissional de saúde (médico, enfermeiro, nutricionista)?	0 1 2 3 4 5 6 7
<b>Alimentação Específica</b>	
2.1 Em quantos dos últimos SETE DIAS comeu cinco ou mais porções de frutas e/ou vegetais?	0 1 2 3 4 5 6 7
2.2 Em quantos dos últimos SETE DIAS comeu alimentos ricos em gordura como carnes vermelhas ou derivados de leite integral?	0 1 2 3 4 5 6 7
2.3 Em quantos dos últimos SETE DIAS comeu doces?	0 1 2 3 4 5 6 7
<b>Atividade Física</b>	
3.1 Em quantos dos últimos SETE DIAS realizou atividade física durante pelo menos 30 minutos? (minutos totais de atividade contínua, inclusive andar).	0 1 2 3 4 5 6 7
3.2 Em quantos dos últimos SETE DIAS praticou algum tipo de exercício físico específico (nadar, caminhar, andar de bicicleta), sem incluir suas atividades em casa ou em seu trabalho?	0 1 2 3 4 5 6 7
<b>Monitorização da Glicemia</b>	
4.1 Em quantos dos últimos SETE DIAS avaliou o açúcar no sangue?	0 1 2 3 4 5 6 7
4.2 Em quantos dos últimos SETE DIAS avaliou o açúcar no sangue a quantidade de	0 1 2 3 4 5 6 7

vezes recomendada pelo médico ou enfermeiro?	
<b>Cuidados com os Pés</b>	
5.1 Em quantos dos últimos SETE DIAS examinou os seus pés?	0 1 2 3 4 5 6 7
5.2 Em quantos dos últimos SETE DIAS examinou dentro dos sapatos, antes de calçá-los?	0 1 2 3 4 5 6 7
5.3 Em quantos dos últimos SETE DIAS secou os espaços entre os dedos dos pés depois de lavá-los?	0 1 2 3 4 5 6 7
<b>Medicação</b>	
6.1 Em quantos dos últimos SETE DIAS tomou seus medicamentos do diabetes, conforme recomendado? OU (se insulina e comprimidos):	0 1 2 3 4 5 6 7
6.2 Em quantos dos últimos SETE DIAS, tomou suas injeções de insulina, conforme recomendado?	0 1 2 3 4 5 6 7
6.3 Em quantos dos últimos SETE DIAS tomou o número indicado de comprimidos do diabetes?	0 1 2 3 4 5 6 7
<b>Tabagismo</b>	
7.1 Você fumou um cigarro – ainda que só uma tragada – durante os últimos sete dias?	o Não o Sim
7.2 Se sim, quantos cigarros fuma, habitualmente, num dia? Número de cigarros:	
7.3 Quando fumou o seu último cigarro?	o Nunca fumou o Há mais de dois anos atrás o Um a dois anos atrás o Quatro a doze meses atrás o Um a três meses atrás o No último mês o Hoje

#### **ANEXO IV**

Modelo de questionário Bem-Estar.

As notas respondidas pelas participantes resultarão num escore, o qual se for maior que 12, a unidade de treino deverá ter a intensidade readequada.

<b>SESSÃO:</b>						
	1	2	3	4	5	SCORE
Qualidade de sono	Muito bom	Bom	Médio	Pobre	Muito pobre	
Dor muscular	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito dolorido	
Nível estresse	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	
Nível fadiga	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito fadigado	
<b>TOTAL</b>				<b>CLASSIFICAÇÃO</b>		