GIOVANNA BENJAMIN TOGASHI

Comparação dos efeitos fisiológicos do treinamento em esteira e resistido na intensidade do limiar anaeróbio em indivíduos diabéticos tipo 2, com ênfase na monitorização contínua de glicose.

Tese apresentada ao Programa de Pós–Graduação Interunidades Bioengenharia - Escola de Engenharia de São Carlos / Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto / Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Bioengenharia

Orientador: Prof. Dr. Vilmar Baldissera

São Carlos
2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

B468c

Benjamin Togashi, Giovanna
Comparação dos efeitos fisiológicos do treinamento em esteira e resistido na intensidade do limiar anaeróbio em indivíduos diabéticos tipo 2, com ênfase na monitorização contínua de glicose / Giovanna Benjamin Togashi; orientador Vilmar Baldissera. São Carlos, 2014.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia e Área de Concentração em Bioengenharia -- Escola de Engenharia de São Carlos; Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo, 2014.

1. diabetes. 2. exercício. 3. treinamento. I. Título.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Vilmar Baldissera, meu orientador, que além de me conduzir na área acadêmica e ser o grande responsável por meu crescimento, foi um amigo nos momentos difíceis e não me deixou desistir.

À minha amada família, meus pais, meus irmãos, meus cunhados e meus sobrinhos por estarem ao meu lado, sendo o meu alicerce e a minha força.

À minha segunda família, que ganhei durante este período, Andréia, Carlinhos e Andrezinho, pelo acolhimento em sua casa em São Carlos e por segurarem a minha mão por muitas vezes.

À Mariucha, que também me acolheu, pelo companheirismo e por alegrar meus dias, almoços e jantares em São Carlos!

Aos meus amigos do laboratório da UFSCar, principalmente à equipe deste projeto, por caminharem ao meu lado durante a fase experimental e que compartilharam comigo alegrias e tristezas.

Ao Nuno, por me auxiliar no tratamento de dados e na estatística deste trabalho.

Aos meus amigos de Bauru e São Carlos, são muitos, por me proporcionarem momentos bons! Sem vocês a caminhada não teria graça!

À equipe da Faculdade Anhanguera de Bauru, por torcer por mim e por compreender o meu período de afastamento durante esta fase.

Ao Rui, da empresa Medtronic, pela prontidão e disponibilidade em nos atender, fornecendo os sensores necessários à pesquisa.

Às pessoas da Bioengenharia da USP, que me acompanharam durante o mestrado e o doutorado, pelo apoio e pelos ensinamentos.

À Capes, pelo apoio financeiro.

À todas as pessoas, que de alguma maneira me ofereceram força, por vibrarem com cada passo e conquista.

À Deus, por sempre estar ao meu lado!

“Quando ultrapassar os limites de sua capacidade e quando achar que não podes mais, insista! A persistência nos leva a caminhos e lugares inacreditáveis e a satisfação de concluir algo desejado supera qualquer sofrimento.”

(Giovanna B. Togashi)

RESUMO

TOGASHI, GB. **Comparação dos efeitos fisiológicos do treinamento em esteira e resistido na intensidade do limiar anaeróbio em indivíduos diabéticos tipo 2, com ênfase na monitorização contínua de glicose.** 2014. 119f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia – Escola de Engenharia de São Carlos/ Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/ Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

A incidência do Diabetes *Mellittus* apresenta-se crescente no mundo todo, principalmente, devido à mudança no estilo de vida. A atividade física associada à alimentação balanceada é o tratamento mais indicado para o controle do diabetes, porém ainda há divergências nas recomendações e evidências científicas sobre a prescrição do exercício para indivíduos diabéticos. Esta pesquisa teve como objetivo comparar os efeitos fisiológicos do treinamento em esteira e do treinamento resistido na intensidade do limiar anaeróbio em indivíduos diabéticos tipo 2, com ênfase na monitorização contínua da glicose. Para isso, três grupos de diabéticos tipo 2 foram selecionados: um grupo foi submetido à seis semanas de treinamento em esteira na intensidade do limiar anaeróbio (18 sessões de 30 minutos), um grupo foi submetido à seis semanas de treinamento resistido na intensidade do limiar anaeróbio (10 sessões de seis exercícios) e um grupo foi controle. Foram analisadas as seguintes variáveis antes e após a intervenção: hemoglobina glicada, glicemia de jejum, frutosamina, cinética da glicose intersticial monitorizada continuamente, colesterol, triglicérides, intensidade do limiar anaeróbio em esteira, intensidade máxima do teste ergoespirométrico, consumo de oxigênio na intensidade do limiar anaeróbio, consumo máximo de oxigênio e volume do teste de fadiga. Também foram verificadas a frequência cardíaca, a percepção subjetiva do esforço e a glicemia casual antes, durante e após as sessões de treinamento. Foram encontradas diminuições significativas nas concentrações da glicemia de jejum e de frutosamina após o treinamento em esteira, diminuições significativas nas concentrações de triglicérides após o treinamento resistido e reduções significativas nos níveis de colesterol dos dois grupos de treinamento. O consumo de oxigênio na intensidade do limiar anaeróbio, bem como a intensidade do mesmo, aumentaram significativamente no grupo que treinou em esteira e o volume do teste de fadiga apresentou-se maior após os dois protocolos de treinamento. As médias das diferenças da frequência cardíaca e da percepção subjetiva do esforço iniciais e finais nas sessões de treinamento demonstram-se maiores no grupo de treinamento em esteira e as médias das diferenças entre a glicemia casual antes e após as sessões de treinamento apresentaram-se iguais para os dois grupos de treinamento. Não foram encontradas reduções significativas na área sob a curva da glicose monitorizada continuamente nos três grupos. Conclui-se que, para os protocolos de treinamento aplicados, o treinamento em esteira demonstrou-se mais eficaz para o controle glicêmico e para o aumento da capacidade aeróbia dos indivíduos diabéticos tipo 2. A monitorização contínua da glicose parece não ser um bom método para a verificação do controle glicêmico após treinamento físico se não for combinado ao controle alimentar.

Palavras-chave: Diabetes. Exercício. Treinamento.

ABSTRACT

TOGASHI, GB. **Comparison of the physiological effects of treadmill and resistance training in the intensity of anaerobic threshold in type 2 diabetic subjects with emphasis on continuous glucose monitoring**. 2014. 119f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia – Escola de Engenharia de São Carlos/ Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/ Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

The incidence of Diabetes Mellittus presents increasing worldwide, mainly due to the change in lifestyle. Physical activity associated with balanced diet is the best treatment to control diabetes, but there are still differences in recommendations and scientific evidence on the prescription of exercise for diabetics. This research aimed to compare the physiological effects of treadmill and resistance training in the intensity of anaerobic threshold in type 2 diabetic subjects with emphasis on continuous glucose monitoring training. For this, three groups of type 2 diabetic patients were selected: one group underwent six weeks of treadmill training on anaerobic threshold intensity (18 sessions of 30 minutes), one group underwent six weeks of resistance training intensity threshold anaerobic (10 sessions, six exercises) and one group was control. The following variables were analyzed before and after the intervention: glycated hemoglobin, fasting plasma glucose, fructosamine, interstitial glucose kinetics monitored continuously, cholesterol, triglycerides, anaerobic threshold intensity treadmill, maximum intensity of the cardiopulmonary exercise test, oxygen consumption in the intensity of anaerobic threshold, maximal oxygen consumption and volume of the fatigue test. The heart rate, perceived exertion and blood glucose levels were also checked before, during and after training sessions. Significant decreases were found in concentrations of fasting glucose and fructosamine after treadmill training, significant decreases in triglyceride concentrations after resistance training and significant reductions in cholesterol levels of the two training groups. The oxygen consumption at anaerobic threshold intensity and its intensity increased significantly in the group who trained on a treadmill and the volume of the fatigue test was higher after the two training protocols. The mean differences in heart rate and subjective perception of the initial and final effort in training sessions show up higher in the treadmill training and the mean differences between blood glucose levels before and after the training sessions had to be equal for the two groups of training. No significant reductions were found in the area under the curve of glucose monitored continuously in all three groups. We conclude that, for the training protocols applied , treadmill training has shown to be more effective for glycemic control and increased aerobic capacity of type 2 diabetic subjects. Continuous glucose monitoring does not seem to be a good method for the verification of glycemic control after physical training if not combined with diet control.

Keywords: Diabetes. Exercise. Training.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de glicemia (mg/dL) para diagnóstico de Diabetes Mellitus 19

Tabela 2 - Relação entre os níveis de hemoglobina glicada e as concentrações médias de glicemia de dois a três meses anteriores ao teste 20

Tabela 3 - Características iniciais e finais da amostra para os grupos GDC, DTR e DTE 50

Tabela 4 - Valores médios (± DP) iniciais e finais de HbA1C e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE 55

Tabela 5 - Valores médios (± DP) iniciais e finais da glicemia de jejum e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE 58

Tabela 6 - Valores médios (± DP) iniciais e finais da concentração de Frutosamina e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE 63

Tabela 7 - Valores médios (± DP) da área sob a curva da glicose dos grupos GDC, DTE e DTR 74

Tabela 8 - Valores médios (± DP) da área sob a curva da glicose dos grupos GDC, DTE e DTR 74

Tabela 9 - Valores médios (± DP) iniciais e finais da concentração de colesterol total e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE 78

Tabela 10 - Valores médios (± DP) iniciais e finais da concentração de triglicérides e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE 80

Tabela 11 - Valores médios (± DP) iniciais e finais da intensidades no LAn e máximas e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE 84

Tabela 12 - Valores médios (± DP) iniciais e finais do VO2 no LAn e VO2máx e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE 87

Tabela 13 - Valores médios (± DP) iniciais e finais do volume no teste de fadiga e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE 93

Tabela 14 - Valores médios dos Δs da FC, da PSE e da Glicemia casual imediatamente antes e imediatamente após cada sessão e treinamento dos grupos DTR e DTE.....97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Aplicador e sensor subcutâneo 31

Figura 2- Monitor e transmissor 32

Figura 3 - Gráficos gerados pelo software do medidor contínuo de glicose 33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Resumo dos estudos investigados.....36

Quadro 2 - Procedimentos experimentais 48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Δ HbA1C dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP).....55

Gráfico 2 - Glicemia de jejum inicial e final dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP).....59

Gráfico 3 - Δ Glicemia de Jejum dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP).....60

Gráfico 4 - Frutosamina inicial e final dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP) 64

Gráfico 5 - Δ Frutosamina dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP) 64

Gráfico 6 - Cinética da glicose no período das 18 às 23 horas (pré e pós treinamento do grupo GDC).....67

Gráfico 7 - Cinética da glicose no período das 18 às 23 horas (pré e pós treinamento do grupo DTR).....68

Gráfico 8 - Cinética da glicose no período das 18 às 23 horas (pré e pós treinamento do grupo DTE).....68

Gráfico 9 - Cinética da glicose no período das 23 às 7 horas (pré e pós treinamento do grupo GDC).....69

Gráfico 10 - Cinética da glicose no período das 23 às 7 horas (pré e pós treinamento do grupo DTR).....69

Gráfico 11 - Cinética da glicose no período das 23 às 7 horas (pré e pós treinamento do grupo DTE).....70

Gráfico 12 - Cinética da glicose no período das 7 às 12 horas (pré e pós treinamento do grupo GDC).....70

Gráfico 13 - Cinética da glicose no período das 7 às 12 horas (pré e pós treinamento do grupo DTR).....71

Gráfico 14 - Cinética da glicose no período das 7 às 12 horas (pré e pós treinamento do grupo DTE) 71

Gráfico 15 - Cinética da glicose no período das 12 às 18 horas (pré e pós treinamento do grupo GDC) 72

Gráfico 16 - Cinética da glicose no período das 12 às 18 horas (pré e pós treinamento do grupo DTR) 72

Gráfico 17 - Cinética da glicose no período das 12 às 18 horas (pré e pós treinamento do grupo DTE) 73

Gráfico 18 - Colesterol total inicial e final dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP) 79

Gráfico 19 - Δ colesterol total dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP) 80

Gráfico 20 - Triglicérides inicial e final dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP) 81

Gráfico 21 - Δ triglicérides dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP) 81

Gráfico 22 - Intensidade no LAn inicial e final dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP) 85

Gráfico 23 - Δ intensidade no LAn dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP) 86

Gráfico 24 - Δ intensidade máxima dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP) 86

Gráfico 25 - VO2 no LAn inicial e final dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP) 88

Gráfico 26 - Δ VO2 no Lan dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP) 88

Gráfico 27 - Δ VO2máx dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP) 89

Gráfico 28 - Volume do teste de fadiga inicial e final dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP) 93

Gráfico 29 - Δ volume do teste de fadiga dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP) 94

Gráfico 30 - Valores médios de FC nos momentos pré, durante, pós, 1 minuto após, 2 minutos após e 4 minutos após as 18 sessões de treinamento dos grupos DTR e DTE 99

Gráfico 31 - Valores médios de PSE nos momentos pré, durante, pós, 1 minuto após, 2 minutos após e 4 minutos após as 18 sessões de treinamento dos grupos DTR e DTE.....100

Gráfico 32 - Valores médios da Glicemia casual nos momentos pré, durante e após as 18 sessões de treinamento dos grupos DTR e DTE 101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1RM	Uma Repetição Maxima
ACSM	*American College of Sports Medicine*
ADA	*American Diabetes Association*
ASC	Área Sob a Curva
C/Q	Razão Cintura Quadril
DM	Diabetes Mellitus
DP	Desvio Padrão
DTE	Grupo Diabéticos de Treinamento em Esteira
DTR	Grupo Diabéticos De Treinamento Resistido
ECG	Eletrocardiograma
FC	Frequência Cardíaca
FCmáx	Frequência Cardíaca Máxima
GDC	Grupo Diabéticos Controle
GLUT-4	Proteína Transportadora De Glicose
HbA	Hemoglobina Glicada
HbA1C	Hemoglobina Glicada Fração A1C
IMC	Índice de Massa Corporal
LADA	*Latent Autoimmune Diabetes In Adults*
LAn	Limiar Anaeróbio
MCG	Monitor Contínuo De Glicose
OMS	Organização Mundial de Saúde
PA	Pressão Arterial
PSE	Percepção Subjetiva Do Esforço

SBD	Sociedade Brasileira de Diabetes
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
USP	Universidade de São Paulo
VO_2	Consumo de Oxigênio
$VO_{2máx}$	Consumo Máximo De Oxigênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 17
1.1. Diabetes: definição e classificação 17
1.2. Diabetes: diagnóstico e acompanhamento da glicemia 19
1.3. Diabetes: Epidemiologia 21
1.4. Diabetes: complicações e doenças associadas 22
1.5. Diabetes: tratamentos recomendados 23
1.6. Monitor contínuo de glicose 30
1.7. Monitorização contínua de glicose exercício físico 34
2. OBJETIVOS 38
3. MATERIAIS E MÉTODOS 39
3.1. Casuística 39
3.2. Materiais 40
3.3. Métodos 41
3.4. Análise estatística 49
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 50
4.1. Características da amostra 50
4.2. HbA1C 54
4.3. Glicemia de jejum 58
4.4. Frutosamina 63
4.5. Cinética da glicose 67
4.6. Colesterol total e triglicérides 78
4.7. Ergoespirometria 84
4.8. Volume do teste de fadiga 92
4.9. FC, PSE e Glicemia casual nas sessões de treinamento 96
5. CONCLUSÃO 105
REFERÊNCIAS 107
ANEXOS 115

1. INTRODUÇÃO

A incidência do Diabetes *Mellittus* (DM) apresenta-se crescente no mundo todo, principalmente, devido à mudança no estilo de vida. A alimentação inadequada e o sedentarismo são fatores determinantes no aparecimento da doença.

A atividade física associada à alimentação balanceada é o tratamento mais indicado para o controle do DM, porém ainda há divergências nas recomendações e evidências científicas sobre a prescrição do exercício para indivíduos diabéticos, pois divergem em relação ao tipo e intensidade de treinamento, limitando as conclusões sobre o que seria ideal para promover o controle glicêmico nesta população.

1.1. Diabetes: definição e classificação

O DM é um distúrbio metabólico multicausal, caracterizado por hiperglicemia crônica e desbalanço no metabolismo dos carboidratos, lipídeos e proteínas, resultante de deficiências na secreção do hormônio insulina, na ação do hormônio insulina ou em ambos (1) (2) (3) (4).

O hormônio insulina é secretado pelo pâncreas, mais especificamente nas células β das ilhotas de *Langerhans* que somam, em média, um a dois milhões de ilhotas. Seu principal efeito é sinalizar aos receptores de membrana celular o aumento da permeabilidade de glicose, causando armazenamento e utilização desta molécula principalmente nas células musculares, no tecido adiposo e no fígado. A deficiência na produção ou a resistência à ação deste hormônio fazem com que a glicose se acumule no sangue, desenvolvendo um quadro de hiperglicemia, que caracteriza o DM (5) (6).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) (2), o DM não é uma única doença e sua classificação é baseada na etiologia. Assim, existem quatro tipos de DM: DM tipo 1, DM tipo 1 idiopático, DM gestacional e DM tipo 2 (1).

O DM tipo 1, também conhecido como insulinodependente, representa 5 a 10% dos casos e é atribuído à destruição autoimune das células β pancreáticas (1).

Neste tipo de DM, anticorpos como antiinsulina, antidescarboxilase do ácido glutâmico e antitirosina fosfatases se desenvolvem contra componentes do pâncreas endócrino, prejudicando sua função (1) (4) (7).

A destruição das células β ocorre de maneira variada, sendo mais rápida nas crianças, justificando este tipo de DM também ser chamado de diabetes infantil ou juvenil. Já a destruição de forma progressiva e mais lenta ocorre em adultos e é referida como *latent autoimmune diabetes in adults* (LADA) (4).

Em alguns casos os marcadores de autoimunidade contra as células β pancreáticas não são identificados, classificando assim o DM tipo 1 idiopático, ou seja, de causa desconhecida. Os indivíduos com este tipo da doença podem desenvolver cetoacidose e podem apresentar diferentes graus de deficiência de insulina (1) (4) (8).

O DM gestacional, obviamente, é diagnosticado durante a gravidez e caracteriza-se por alterações metabólicas decorrentes da gestação ou alterações não diagnosticadas anteriormente a este período. Neste caso, a hiperglicemia é associada tanto à diminuição da função das células β pancreáticas quanto à resistência à ação da insulina. Há a possibilidade de reversão para a tolerância normal após o parto, porém também existe risco de desenvolvimento de DM tipo 2 (8) (9).

A forma mais comum de DM e que tem se tornado grande preocupação mundial pelo aumento na incidência é o DM tipo 2 (DM2). Esta forma da doença representa 90 a 95% dos casos e a hiperglicemia crônica pode ser causada por resistência à insulina e/ou por falência progressiva das células β pancreáticas. Geralmente, é diagnosticado em indivíduos com mais de 40 anos de idade (3) (4) (10).

O DM2 é amplamente relacionado ao aumento da prevalência da obesidade, ao sedentarismo e aos maus hábitos alimentares que causam a diminuição dos receptores de insulina nas células alvo, ocasionando, consequentemente, redução nos efeitos metabólicos habituais do hormônio e ainda, diminuem a resposta das células β aos estímulos da glicemia aumentada, prejudicando a produção do mesmo (11) (12).

Além destas classificações, pode-se encontrar um estado intermediário entre o controle adequado da glicose e o DM, denominado pré-diabetes. Neste caso o

indivíduo pode apresentar glicemia de jejum alterada, mas não suficiente para o diagnóstico da doença, ou tolerância à glicose diminuída (1).

1.2. Diabetes: diagnóstico e acompanhamento da glicemia

O diagnóstico primário de DM aceito pela OMS e pela Sociedade Brasileira de Diabetes (1) (SBD) engloba três critérios:

1) Sintomas clássicos como poliúria, polidipsia e perda ponderal, somados à glicemia casual acima de 200mg/dL.
2) Glicemia de jejum ≥ 126mg/dL.
3) Glicemia de duas horas pós-sobrecarga de 75g de glicose acima de 200mg/dL.

A tabela 1, baseada nas diretrizes da SBD (2009) (1), apresenta estes critérios:

Tabela 1 - Valores de glicemia (mg/dL) para diagnóstico de Diabetes Mellitus

Diagnóstico	Jejum	2h após 75g de glicose	Casual
Glicemia normal	< 100	< 140	
Tolerância à glicose diminuída	> 100 e < 126	≥ 140 e < 200	
Diabetes *mellitus*	≥ 126	≥ 200	≥ 200 (com sintomas clássicos)

Para estes critérios o jejum é definido como a falta de ingestão calórica por, no mínimo, oito horas e a glicemia casual é aquela verificada a qualquer horário do dia.

Aliada a este diagnóstico, a análise da hemoglobina glicada (HbA), mais especificamente sua fração A1C (HbA1C) que, basicamente, representa a ligação irreversível da glicose com a hemoglobina é uma alternativa auxiliar para o diagnóstico do DM, para o controle glicêmico e também para o acompanhamento da eficácia de algum tratamento em andamento, visto que o nível de HbA1C reflete a

glicemia média de dois a três meses anteriores à data de realização do teste (13) (14).

Esta relação entre os níveis de HbA1C e as concentrações médias de glicemia está demonstrada na tabela 2, de acordo com a SBD (2009) (1).

Tabela 2 - Relação entre os níveis de hemoglobina glicada e as concentrações médias de glicemia de dois a três meses anteriores ao teste

Nível de hemoglobina glicada (%)	Glicemia média correspondente (mg/dL)
5	100
6	135
7	170
8	205
9	240
10	275
11	310
12	345

Recomenda-se que a HbA1C não ultrapasse um nível de 7%, pois níveis acima deste representam risco para as complicações relacionadas ao DM, como neuropatia, nefropatia e retinopatia (10) (15).

De acordo com as recomendações da American Diabetes Association (ADA) (2011) (10) há fortes evidências que a diminuição dos níveis de hemoglobina glicada está associada à redução de doenças associadas ao DM e o controle desta variável pode auxiliar no desenvolvimento e nos ajustes das estratégias de controle da glicemia.

Outra forma de monitorar a glicemia é a dosagem de frutosamina, também conhecida como albumina glicada. A frutosamina é uma forma estável das proteínas glicadas que, assim como a Hb1AC, sofreram modificação irreversível após a incorporação de glicose à estrutura proteica (16) (17).

Este exame representa a glicemia de uma a duas semanas anteriores e pode ser útil para avaliar alterações no controle glicêmico em intervalos menores que a Hb1AC (17) ou quando o indivíduo apresenta um quadro de hemoglobinopatias (18).

Os valores de referência variam de acordo com o método de dosagem, mas geralmente encontram-se em variação de 122 a 285 mmol/L em indivíduos saudáveis.

Além destas formas de monitorar a glicemia, a automonitorização diária por glicosímetro portátil também é um método eficaz para o controle glicêmico. Neste método, o indivíduo pode verificar a glicemia a qualquer hora do dia (glicemia casual) por uma pequena amostra de sangue, geralmente coletada da ponta do dedo. Estudos (19) (20) (21) demonstram que indivíduos que possuem a prática de verificar a glicemia diariamente têm um maior controle do DM, pois se conscientizam das ações que causam variações na glicose sanguínea e tornam-se mais disciplinados em relação à alimentação, atividade física e medicamentos.

Uma forma mais completa de automonitorização da glicose é a dosagem por meio de monitores contínuos, que são implantados na região subcutânea e dosam a glicose do líquido intersticial. Com estes monitores é possível verificar a cinética da glicose ao longo de todo o dia e informações mais detalhadas sobre as alterações da glicose de acordo com os tratamentos vigentes podem ser obtidas (19) (22) (23).

Evidências científicas (19) (24) (22) (25) mostram que o uso de monitores contínuos de glicose promove o controle glicêmico e benefícios adicionais que incluem a modificação na alimentação e no exercício físico, bem como a detecção prévia de eventos hipo ou hiperglicemiantes. Em capítulos posteriores serão abordadas mais informações sobre este método.

1.3. Diabetes: Epidemiologia

Segundo a Organização Mundial de Saúde (2013) (26), o DM atinge 347 milhões de pessoas no mundo. No Brasil, atualmente, mais de 12 milhões de pessoas sofrem com esta patologia, um número muito maior do que o estimado na pesquisa realizada por Wild et al (2004) (27) que esperava atingir um número superior a 11 milhões de diabéticos no país somente em 2030.

Considerado um problema de saúde pública, o DM é visto como uma das grandes epidemias mundiais do século XXI. Esta doença apresenta grande aumento nos países em desenvolvimento, devido ao aumento na expectativa de vida dos

indivíduos diabéticos pelos avanços nos tratamentos, ao crescimento populacional, à maior urbanização e à crescente incidência de obesidade e sedentarismo (1).

Além de associar-se às complicações que comprometem a produtividade, a qualidade de vida e a sobrevida de indivíduos com a doença, o DM também envolve altos custos no seu tratamento e no tratamento das doenças associadas. Somente no ano de 2011, o número de internações decorrentes do DM ultrapassou 126 mil, cujo custo anual com as internações passou de 65 milhões de reais (28).

Além deste quadro de custo e internações diretamente relacionados com o DM, ainda deve-se considerar as ocorrências advindas das doenças associadas, que não são somadas a estas estatísticas.

De acordo com a SBD (1), é importante que novas alternativas de tratamento e prevenção do DM sejam adotas e, dentre elas, a educação para saúde e a prática de exercícios físicos são ações de baixo custo para controlar o crescimento da população diabética, em comparação às internações e à distribuição de medicamentos.

1.4. Diabetes: complicações e doenças associadas

Além da hiperglicemia crônica, outras complicações são decorrentes da DM, como doenças cardíacas, renais e neurais (3) (29). Geralmente, indivíduos diabéticos que não controlam a glicemia desenvolvem outras patologias que estão associadas ao desequilíbrio no metabolismo corporal causado pela doença e estas são as principais causa de morte.

Entre estas doenças estão: 1) Nefropatia diabética, caracterizada pelo aumento da taxa de filtração glomerular da unidade funcional do rim (néfron) e diagnosticada pelo aumento na excreção de albumina, que pode levar à insuficiência renal crônica (30); 2) Neuropatias diabéticas periférica e autonômica, caracterizadas pela disfunção de nervos periféricos e dos sistemas simpático e parassimpático, respectivamente, que podem desencadear em pé diabético e úlceras (1); 3) Retinopatia diabética, detectada pelo exame de fundo de olho e caracterizada por oclusão capilar e quebra difusa da barreira hemato retiniana, que na ausência de controle desencadeia em cegueira (8); 4) Doenças cardiovasculares, como infarto agudo do miocárdio e acidente vascular cerebral, associadas ao desbalanço na

homeostase dos lipídeos e ao aumento da resistência vascular periférica (4) (10) (31).

É importante ressaltar que o fator principal e comum a estas patologias é a falta do controle glicêmico diário e que o uso de medicamentos, a alimentação adequada e a prática de exercícios físicos previnem ou retardam o aparecimento das doenças associadas ao DM.

Além destas complicações, o desequilíbrio metabólico do diabético ocasiona o prejuízo de algumas funções fisiológicas, como a redução do consumo máximo de oxigênio (VO_2máx), dores musculares excessivas, fadiga muscular antecipada, desidratação, entre outras características que limitam o aspecto funcional do indivíduo.

Geralmente, indivíduos diabéticos tipo 2 também são acometidos por dislipidemias, ou seja, apresentam um desequilíbrio no metabolismo lipídico, em que verifica-se o aumento nas concentrações de colesterol e triglicérides, devido ao excesso de ácidos graxos circulantes.

1.5. Diabetes: tratamentos recomendados

Devido ao maior impacto populacional e o principal objeto de estudo da presente tese ser o DM2, serão aqui descritos os tratamentos recomendados para esta classificação da doença.

A mudança no estilo de vida, que engloba alimentação adequada e prática de exercícios físicos, é o componente mais recomendado para o tratamento do DM2 que contempla o tratamento não-farmacológico, eficaz na normalização da glicose sanguínea (32) (33).

Porém, quando o indivíduo não adota ou não responde a este tratamento, é necessário incluir agentes antidiabéticos para o controle da glicemia e da HbA1C. Estes medicamentos constituem o tratamento farmacológico (8).

<u>Tratamentos farmacológicos</u>

Geralmente, indivíduos diabéticos tipo 2 não utilizam insulina exógena, somente em casos mais avançados. O tratamento farmacológico mais usual são os

agentes antidiabéticos orais, que têm como objetivo diminuir a glicemia e mantê-la em níveis de normalidade.

Os agentes antidiabéticos orais podem ser subdivididos de acordo com a sua ação. São eles (1):

- Sulfonilureias e glinidas: Aumentam a secreção pancreática de insulina.
- Inibidores das alfaglicosidases: Diminuem a taxa de absorção de glicídeos.
- Biguanidas: Reduzem a produção hepática de glicose.
- Glitazonas: Aumentam a utilização periférica de glicose.
- Gliptinas: Aumentam a secreção de insulina quando a glicemia se eleva (efeito incretina).

A escolha do medicamento ou a combinação de mais de um deles é realizada por um médico após a avaliação do quadro do indivíduo, baseada na glicemia de jejum e pós-prandial, no nível de HbA1C, no peso e na idade e na possível presença de complicações.

Quando, em meses, a manipulação em doses máximas de mais de dois agentes antidiabéticos orais não for suficiente para manter a HbA1C menor ou igual a 7% é recomendada a terapia com insulina, que é a medicação hipoglicemiante mais efetiva (8).

A insulinoterapia também pode ser iniciada em fases iniciais do tratamento do DM2 combinada ao uso de medicamentos orais, para evitar precocemente as complicações crônicas do DM. Porém, esta conduta dependerá da prescrição médica e do quadro clínico do diabético.

Dependendo da composição do medicamento, o tempo de duração e o pico de duração da insulina podem ser variáveis.

É recomendado (13) o acompanhamento dos níveis de HbA1C periodicamente (em média de quatro em quatro meses) para verificar a eficácia do tratamento farmacológico no controle da glicemia ou a dosagem de frutosamina de uma a duas semanas no caso de alterações terapêuticas de curto prazo.

Tratamento não-farmacológico:

Segundo o *American College of Sports Medicine* (ACSM) (32), a atividade física, incluindo treinamento resistido e de endurance, é a melhor terapia para

diabéticos tipo 2. Este componente associado à alimentação balanceada é muito recomendado para esta população.

- ✓ **Alimentação adequada**

Somente a mudança no hábito alimentar pode reduzir de 1 a 2% nos níveis de HbA1C (33). A dieta do diabético deve ser individualizada de acordo com os seus hábitos diários e com o tratamento farmacológico (quando presente).

- ✓ **Exercício físico**

Pessoas diabéticas são encorajadas a realizarem atividade física uma vez que estudos sugerem que o exercício físico possa promover o controle glicêmico, pois reduz os eventos hiperglicemiantes, diminuem a gordura corporal e aumentam a massa muscular. Valores glicêmicos elevados estão associados ao desenvolvimento de complicações cardiovasculares, neurais e renais em indivíduos diabéticos tipo 2, portanto o controle desta variável é fundamental para o tratamento da doença (3) (31) (33).

O tempo de intervenção com o exercício em indivíduos diabéticos é bastante variado. Encontram-se pesquisas com intervenções agudas, de sete dias, de quatro semanas, de oito semanas, entre outros períodos de aplicação do treinamento físico (6) (31) (34) (35) (36). Porém, já está estabelecido que uma única sessão de exercício é suficiente para promover o aumento na sensibilidade à insulina e consequentemente a diminuição na concentração de glicose sanguínea, reduzindo a prevalência de episódios de hiperglicemia em até 48 horas subsequentes (35). Da mesma maneira, o treinamento físico prolongado ocasiona um controle glicêmico, porém reflete o efeito cumulativo das várias sessões de exercício, causando uma resposta estrutural adaptativa (35).

Os mecanismos fisiológicos que justificam a melhora causada na sensibilidade à insulina pelo exercício físico já estão bem estabelecidos. A contração muscular causa a translocação da proteína transportadora de glicose (GLUT-4) para a membrana plasmática devido à ativação da proteína quinase ativada por AMP (AMPK), desencadeada ou pelo aumento da concentração de cálcio no citoplasma devido à despolarização de membrana ou pelo aumento da razão AMP/ATP (adenosina monofosfato/ adenosina trifosfato), que reflete um comprometimento da carga energética celular (37).

Uma vez ativada, a AMPK exerce efeitos sobre o metabolismo da glicose e dos lipídios, sobre expressão gênica e sobre síntese proteica (38). Sabendo que esta enzima é ativada principalmente pela redução no conteúdo de energia da célula, ou seja, aumento na razão AMP/ATP, seu maior efeito é desativar vias metabólicas que hidrolisem ATP, como, por exemplo, as vias de síntese de ácidos graxos e de colesterol, ao mesmo tempo em que estimula vias metabólicas que produzam ATP, como, por exemplo, as vias de oxidação de glicose e de ácidos graxos (39) (40). Esses efeitos são de curta duração e têm como função manter a homeostasia energética celular (41).

Para a obtenção desses efeitos, a AMPK fosforila diretamente enzimas regulatórias envolvidas nessas vias e também atua indiretamente sobre a expressão gênica (38) (39).

No fígado, a AMPK tem um papel importante sobre diversos eventos celulares. A AMPK não atua apenas na inibição da síntese de ácidos graxos, mas também inibe enzimas-chaves na síntese de triglicerídeos e de colesterol. Além disso, a AMPK também atua de forma crônica diminuindo a expressão de genes lipogênicos e neoglicogênicos (38). Resumidamente, a AMPK atua diminuindo a síntese hepática de lipídios e estimulando o metabolismo das gorduras, além de bloquear a produção de glicose pelo fígado (38) (39) (42).

No músculo esquelético, a AMPK age principalmente na estimulação da captação de glicose. Sabe-se que grande parte da retirada de glicose do plasma é realizada pelos músculos esqueléticos, então esse fenômeno é imprescindível para a homeostasia da glicose (43) (44) (45). A AMPK pode auxiliar por meio de dois mecanismos para a captação de glicose pela musculatura: aumentando a translocação do GLUT4 e aumentando a sensibilidade à insulina (46) (47).

Outra atividade essencial atribuída à AMPK é a regulação da síntese de insulina e sua consequente secreção pelas células β das ilhotas pancreáticas, além de aprimorar a sensibilidade à insulina nos tecidos hepático e muscular (39). Por fim, a AMPK atua também nas funções do hipotálamo, modulando os eventos relacionados com a saciedade (48).

Associados aos benefícios fisiológicos impulsionados pelo treinamento físico, o baixo custo e a natureza não-farmacológica do exercício aumentam, ainda mais, o interesse por este recurso terapêutico (3). Por isso, muitas pesquisas dedicam-se à investigação dos efeitos do exercício físico no controle glicêmico, tanto de forma

aguda, como de forma crônica (49) (50) (51). E, mesmo o exercício sendo bastante estudado para esta população, é difícil determinar o benefício isolado da atividade física devido aos estudos com esta variável estarem acompanhados de outras intervenções como a dieta e o uso de medicamentos. Além disso, a diversidade de protocolos e intervenções relatados nas publicações (31) (49) (50) dificultam a identificação da melhor sobrecarga a ser aplicada e o tipo de exercício que promove o controle da glicemia de forma mais expressiva.

O ACSM (2010) (52) sugere que a combinação de exercícios aeróbios e resistidos é mais efetiva para o controle glicêmico do que os exercícios realizados separadamente, mas afirma que novos estudos são necessários para determinar com exatidão a melhor forma de prescrição de exercícios. Conclui, ainda, que ambos os tipos de exercício, executados em conjunto ou não, melhoram o controle glicêmico, a ação da insulina e a oxidação lipídica e que podem reduzir os sintomas de depressão e melhorar a qualidade de vida.

As recomendações do ACSM (2010) (52) indicam que o exercício aeróbio deve ser realizado em frequência semanal mínima de três sessões, em intensidade moderada de 40 a 60% do VO_2máx e com duração mínima de 150 minutos por semana. Já o exercício resistido deve ser praticado até três vezes semanais, em intensidade moderada (50% de 1RM) à alta (75 a 80% de 1RM), de 10 à 15 repetições de exercícios para grandes grupos musculares.

Os protocolos de estudo com diabéticos mais usuais são aqueles com exercícios aeróbios que envolvem os sistemas cardiorrespiratório e muscular, como caminhadas e ciclismo (53). Mas os exercícios resistidos que envolvem a força muscular contra sobrecargas também são observados em pesquisas (49).

O'Donovan et al (2005) (54), verificaram o efeito no controle glicêmico de 24 semanas de exercício em duas intensidades, 60 e 80% $VO_{2máx}$, em cicloergômetro, encontrando benefícios semelhantes em ambas intensidades. Em estudo similar, Coker et al (2006) (6), compararam os efeitos do exercício a 50 e 75% do $VO_{2máx}$ em cicloergômetro durante 12 semanas e apesar de encontrarem benefícios em relação a glicemia, também não obtiveram diferenças significativas em diferentes intensidades. Dela et al (2004) (11), observaram melhora no controle glicêmico, após exercício aeróbio em cicloergômetro realizado cinco vezes por semana a uma intensidade de 75% do $VO_{2máx}$ durante 20 minutos.

Em contra partida, uma meta-análise realizada por Boulé et al (2003) (31) com exercícios aeróbios e diabetes envolvendo 266 participantes concluiu que exercício aeróbios mais intensos promovem um maior controle glicêmico refletido por maiores reduções na HbA1C.

Karstoft et al (2013) (55) compararam a caminhada em intensidade contínua e moderada com a caminhada em intensidades variadas (leve e alta, com variação de três minutos). A sessão nas duas intervenções durou 60 minutos e o treinamento quatro meses. Estes autores verificaram que a caminhada em intensidades variadas promoveu o aumento do $VO_{2máx}$, a melhora na composição corporal e melhora do perfil glicêmico, enquanto que a caminhada em intensidade contínua não alterou estas variáveis.

Dustan et al (2002) (56), verificaram reduções na HbA1C sem modificações na glicose sanguínea em um programa progressivo de exercícios resistidos com variação de intensidade de 50 a 80% relativos a uma repetição máxima (1RM) durante 26 semanas. Cataneda et al (2002) (51) observaram o mesmo resultado em 16 semanas do mesmo tipo de exercício. Já Baldi et al (2003) encontraram diminuições na HbA1C e na glicemia casual em 10 semanas de treinamento resistido.

Tokmakidis et al (2004) (57) averiguaram o efeito do exercício resistido a 60% de 1RM combinado com exercício aeróbio a 70% da frequência cardíaca de reserva durante 16 semanas e observaram melhora no controle glicêmico. Balducci et al (2004) (50) também aplicaram o exercício resistido entre 40 e 60% de 1RM combinado com exercício aeróbio entre 40 e 80% da frequência cardíaca de reserva e constataram diminuições tanto na HbA1c como na glicose sanguínea.

Bacchi et al (2012) (58) compararam o treinamento aeróbio realizado por quatro meses, com frequência semanal de três sessões em intensidade de 60 a 65% da frequência cardíaca de reserva e duração de 60 minutos com o treinamento resistido de mesma duração e frequência semanal que consistiu em nove exercícios para grandes grupos musculares iniciando com 10 repetições com carga de 30 a 50% de 1RM e progredindo para 70 a 80% de 1RM em cada exercício. Neste estudo, ambos os treinamentos foram eficazes na redução da HbA1C e na glicemia casual com magnitudes semelhantes estatisticamente.

A partir destes estudos fica claro que o treinamento físico promove a melhora no controle glicêmico em indivíduos diabéticos tipo 2 e as vantagens destes

treinamentos são consequências cumulativas dos benefícios de cada sessão de exercício (3) (32). Porém, a grande variedade de protocolos de treinamento dificulta a conclusão de qual seria a melhor forma de tratamento por meio do exercício físico. Além disso, nem todas as pesquisas comparam os tipos de exercício com a mesma duração e sobrecarga, limitando ainda mais as conclusões. Geralmente, a sobrecarga imposta nos estudos é relativa ao $VO_{2máx}$ ou à frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$), o que não esclarece o metabolismo predominante no esforço, visto que a mesma porcentagem destas variáveis pode variar em relação ao metabolismo de indivíduo para indivíduo. O mesmo ocorre na prescrição de exercício resistido que, em grande maioria, a sobrecarga do treinamento é relativa à 1RM. Ainda não foi comparada a sobrecarga imposta de maneira individualizada, como por exemplo, treinamento na intensidade do Limiar Anaeróbio (LAn) em tipos diferentes de exercício, para contrapor se o determinante no controle glicêmico também é dependente do tipo de exercício, além da intensidade.

Além dos protocolos variados de exercício, observam-se alguns métodos de identificação dos efeitos do exercício físico para o controle do DM2, como a HbA1C, a glicemia casual, a glicemia de jejum, a glicemia pós-prandial e a glicose intersticial (obtida pela monitorização contínua da glicose).

Muitos estudos (11) (49) (56) (59) (60) utilizam a HbA1C para verificar os efeitos do exercício no controle da glicemia de forma crônica, visto que esta molécula reflete a média de todas as concentrações de glicose durante dois a três meses. Porém, esta variável é influenciada negativamente por episódios hipoglicêmicos, o que pode não demonstrar boas informações do perfil da glicemia pós-exercício (61).

A glicemia casual é mensurada por meio de um glicosímetro portátil e para a dosagem é necessária uma gota de sangue. Este método é utilizado para a automonitorização da glicose sanguínea de diabéticos e pode refletir os efeitos do exercício nesta variável. Além disso, é uma alternativa para manipulação de medicamentos e alimentação (8).

A glicemia de jejum também é uma maneira de verificar as alterações no perfil glicêmico causadas pelo exercício e um dos mais comuns diagnósticos de diabetes tipo 2 (1).

A análise da glicemia pós-prandial reflete o metabolismo glicêmico após uma refeição com uma quantidade determinada de carboidrato, demonstrando aspectos

da sensibilidade à insulina e transporte da glicose. Estudos apontam a melhora na sensibilidade à insulina após o exercício por meio deste método (3).

A monitorização contínua da glicose é uma técnica relativamente nova para o controle das concentrações de glicose. Diferente da HbA1C que representa as médias da glicemia durante dois a três meses e da glicemia casual e de jejum que expressam um valor pontual da glicemia, a monitorização contínua da glicose demonstra de forma detalhada as flutuações da glicose ao longo do dia. Este método tem sido utilizado para o controle intensivo da glicose, algumas vezes incentivando o indivíduo diabético à prática de atividade física, visto que com este equipamento é possível visualizar os benefícios causados por esta de forma mais expressiva. E ainda, possibilita evitar, de maneira mais eficiente, os eventos hipo e hiperglicemiantes (24).

Estudos (19) (21) (62) (21) demonstram que somente a utilização deste equipamento em indivíduos diabéticos promoveu reduções significativas na HbA1C, no peso corporal e nas alterações exacerbadas da glicemia, justificando este resultado pela maior consciência dos pacientes em relação ao perfil da glicose.

Poucos estudos investigaram os efeitos do exercício físico pela monitorização contínua da glicose. Baseando-se nas evidências científicas, pressupõe-se que este método possibilita informações mais detalhadas sobre alterações no perfil glicêmico de um indivíduo diabético após a intervenção com o treinamento físico, visto que a glicemia casual revela informações pontuais, a frutosamina informações de uma a duas semanas e a HbA1C demonstra informação de um longo período. Apesar disso, ainda é questionada a eficácia do equipamento em identificar alterações na glicose durante o exercício.

1.6. Monitor contínuo de glicose

O monitor contínuo de glicose (MCG) promove informações sobre a tendência, a magnitude, a duração e a frequência das flutuações da glicose. Comparado ao método de automonitorização (glicemia casual) que permite poucas dosagens da glicemia por dia, o MCG permite a melhor visualização das variações dos níveis de glicose ao longo do dia e da noite, momento em que a automonitorização não é possível (24) (22) (63).

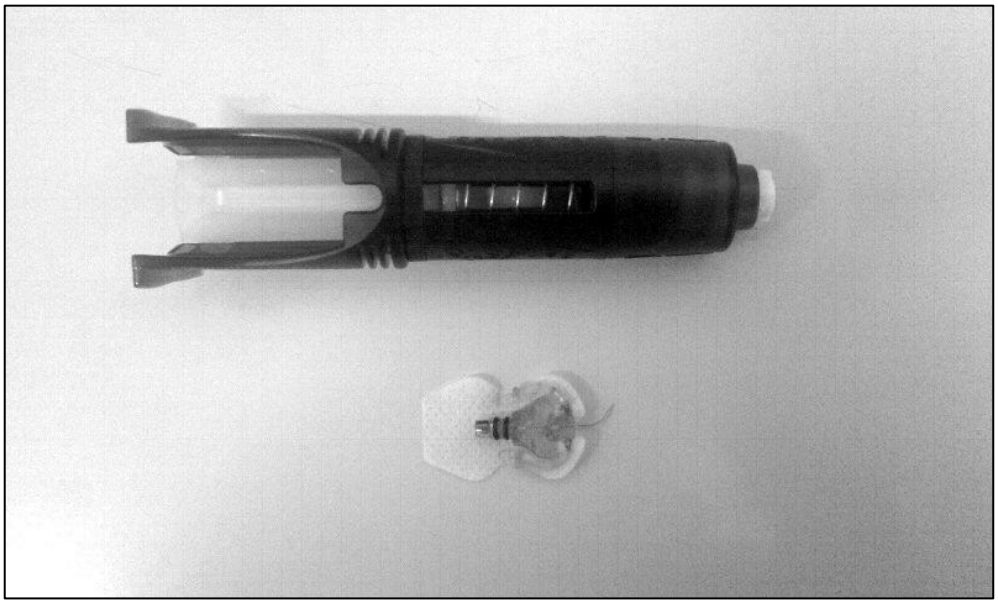
O primeiro MCG foi desenvolvido em 1999 por dois fabricantes distintos, a *Medtronic* e a *Manarini*. O surgimento desta tecnologia revolucionou o tratamento do DM, pois possibilitou informações precisas para auxiliar nos tratamentos farmacológicos e não-farmacológicos (19).

Inicialmente, o MCG era um recurso diagnóstico de uso médico ou da equipe de saúde e não possibilitava que o diabético visualizasse os níveis de glicose em tempo real. O equipamento era instalado no indivíduo e permanecia até 72 horas coletando informações sobre as concentrações de glicose e posteriormente estas informações eram transmitidas ao *software* específico para a visualização da cinética da glicose (22).

Posteriormente, a empresa *Medtronic* desenvolveu uma nova tecnologia que proporciona as mesmas informações, porém em tempo real, o Guardian *REAL-Time*. Além do uso médico é também aplicada ao uso pessoal, em que o indivíduo consegue por meio de um visor verificar os níveis de glicose e identificar previamente eventos hipo e hiperglicemiantes.

A instalação do sensor deste equipamento é feita por um aplicador específico no tecido subcutâneo da região abdominal dos indivíduos (FIGURA 1).

Figura 1- Aplicador e sensor subcutâneo



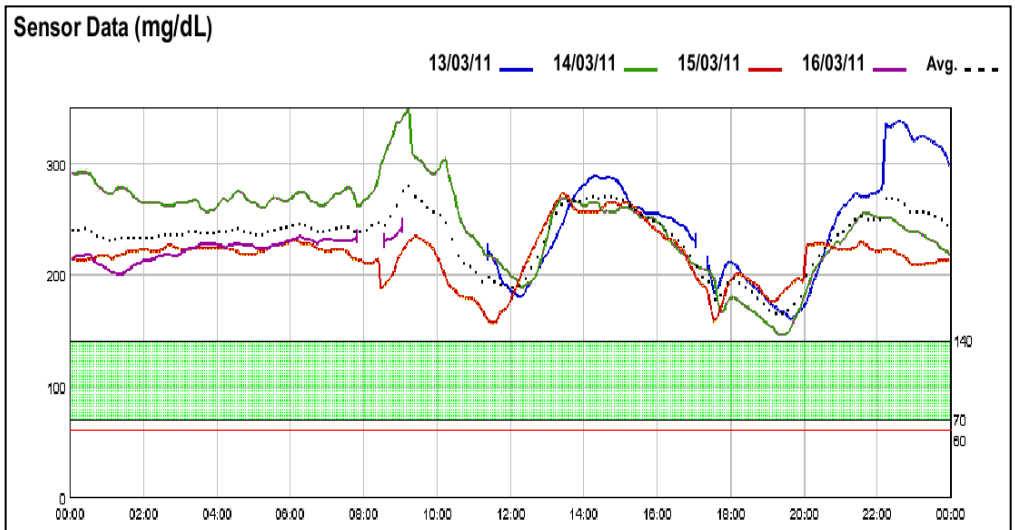
A partir de duas horas após a instalação do equipamento é iniciada a monitorização contínua da glicose do fluído intersticial. Esta monitorização é feita por meio de equipamentos específicos, um transmissor e um monitor (FIGURA 2).

Figura 2- Monitor e transmissor

Neste equipamento a glicose é mensurada com base na reação eletroquímica da enzima glicose-oxidase presente no sensor que gera uma corrente elétrica em nanoamperes proporcional à concentração de glicose no fluido intersticial. Os valores variam entre 40 e 400 mg/dL e são captados a cada 20 segundos, com o registro da média desses valores a cada 5 minutos, num total de 288 medidas/dia e 864 medidas durante 72h (62). Ao final do registro, o sensor é descartado e os dados armazenados são transferidos ao *software* específico para análise dos dados.

Com base nos resultados, é gerado um gráfico da cinética da glicose intersticial exibidos sob gráficos de tendência por horários, relacionados por refeições, lista de valores de glicose a cada cinco minutos, gráficos de pizza e de área sob a curva (FIGURA 3).

Figura 3 - Gráficos gerados pelo software do medidor contínuo de glicose



	Sun 13 Mar	Mon 14 Mar	Tue 15 Mar	Wed 16 Mar	Average / Total
# Sensor Values	149	288	288	101	826
High SG (mg/dL)	338	348	272	244	348
Low SG (mg/dL)	160	146	156	200	146
Average SG (mg/dL)	243	246	217	223	232
Standard Dev.	50	40	24	10	37
MAD %	23,8	8,9	19,3	N/A	16,1
# Valid Calibrations	3	2	2	1	8

Meade (2012) (19) realizou uma revisão bibliográfica sobre o uso do MCG em pacientes diabéticos tipo 2. Neste estudo foram identificados 27 artigos originais e revisões sobre este assunto, publicados entre os anos 2000 e 2010 e, destes, investigou-se 12 obras que revelam os benefícios do uso deste equipamento no controle da glicemia, na modificação do estilo de vida e na detecção de hipo e hiperglicemia. Em concordância, Gilliam e Hirsch (2009) (22) afirmam que, além do controle da doença, a monitorização contínua da glicose em tempo real tem implicações econômicas e impacto na prescrição de tratamentos individuais de diabéticos.

Apesar destes benefícios, ainda não é recomendado que a monitorização contínua da glicose substitua a automonitorização por glicosímetro portátil, pois observa-se uma diferença fisiológica entre as concentrações medidas (líquido intersticial e sangue) (22) (63). Mesmo que a glicose intersticial seja semelhante à glicose sanguínea, existem diferenças nos valores medidos que podem chegar até 15 minutos devido ao transporte da molécula de glicose. Esta disparidade pode ser corrigida pela calibração do equipamento feita em intervalos de no máximo 12 horas, porém quando os níveis de glicemia variam rapidamente, seja aumentando ou

diminuindo, como, por exemplo, durante o exercício físico, esta diferença pode ser significativa.

1.7. Monitorização contínua de glicose exercício físico

Ainda não é grande o número de estudos que investigaram os efeitos do treinamento físico em indivíduos diabéticos tipo 2 por meio do MCG. A partir das evidências citadas anteriormente, este parece ser um método bastante eficaz para demonstrar alterações no perfil glicêmico em comparação a outros métodos que não apresentam informações das flutuações da glicose durante o dia e a noite.

Certamente, devido à diferença encontrada nas concentrações de glicose do líquido intersticial e do sangue, principalmente em alterações rápidas como no exercício ou em situação pós-prandial, a melhor aplicação do MCG como ferramenta de investigação de eficácia do exercício como tratamento do DM2 é a comparação da cinética da glicose antes e após o treinamento físico.

Cauza et al (2005) (61) compararam a glicose monitorizada continuamente em indivíduos diabéticos tipo 2 antes e após um treinamento aeróbio e um treinamento de força, demonstrando diferença significativa na glicemia casual com a intervenção dos dois treinamentos, porém somente após o treinamento resistido foi observada diferença nas dosagens da glicose monitorizada continuamente. Este estudo concluiu que este sistema é uma ferramenta válida para a análise da glicose após diferentes programas de exercício físico.

Macdonald et al (2006) (12) encontraram, por meio do MCG, diferença significativa na glicose após intervenção aguda em cicloergômetro durante uma hora a 90% do limiar anaeróbio em diabéticos tipo 2. Já Mikus et al (2012) (64), em estudo com a mesma população não identificaram diferença significativa na glicose monitorizada continuamente após o treinamento físico de sete dias de exercício aeróbio em esteira e cicloergômetro durante 60 minutos a 60-75% da frequência cardíaca de reserva.

Bacchi et al (2012) (58) compararam o treinamento aeróbio com o treinamento resistido e identificaram melhor controle glicêmico após o treinamento aeróbio por meio do MCG em indivíduos diabéticos tipo 2. Em contrapartida, Figueira et al (2013) (65) verificaram redução na variabilidade da glicose após uma

sessão de exercício combinado, enquanto não observaram diferença na variabilidade da glicose após o exercício aeróbio.

Estes estudos estão sintetizados no quadro 1, onde pode-se visualizar e comparar, de forma mais clara, as diferentes aplicações de tipos de exercícios, equipamentos, intensidades, frequência e duração das intervenções citadas.

Quadro 1 - Resumo dos estudos investigados

Autor e ano	(n) / (n) controle	Tipo de exercício	Equipamentos utilizados	Intensidade	Frequência semanal	Duração do treinamento	Equipamento para avaliação	Resultado
Cauza et al (2005) [61]	7	Aeróbio	Cicloergômetro	15 a 30 minutos a 60% VO2máx	3	4 meses	CGMS	Não houve diferença significativa na glicose após o treinamento.
	8	Resistido	9 exercícios para grandes grupos musculares	3 a 6 séries por exercício por semana de 10 a 15 repetições máximas				Houve diminuição significativa na glicose após o treinamento.
Macdonald et al (2006) [12]	6 / 4	Aeróbio	Cicloergômetro	1 hora a 90% do limiar anaeróbio	Intervenção aguda		CGMS	Houve diminuição significativa na glicose após a sessão de exercício.
Bacchi et al (2012) [58]	13	Aeróbio	Esteira / cicloergômetro / Elíptico	30 a 60 minutos a 40 a 65% da FC de reserva	3	4 meses	Guardian REAL-Time	Área abaixo da curva da glicose durante o exercício foi menor que a área em situação controle e no período noturno no grupo que realizou o treinamento aeróbio.
	12	Resistido	9 exercícios para grandes grupos musculares	3 séries por exercício por semana de 10 a 12 repetições a 30 a 80% de 1RM				
Mikus et al (2012) [64]	13	Aeróbio	Esteira e cicloergômetro	60 minutos a 60 a 75% da FC de reserva	7	7 dias	CGMS	Não houve diferença significativa na glicose após o treinamento.
Figueira et al (2013) [65]	14	Aeróbio	Cicloergômetro	40 minutos a 70% do pico da FC	Intervenção aguda		CGMS	Houve diminuição significativa da glicose em ambas sessões de exercício. Houve redução da variabilidade da glicose após o exercício combinado.
		Combinado	Cicloergômetro e 4 exercícios resistidos	20 minutos a 70% do pico da FC seguidos de 3 séries por exercício de 12 repetições a 65% de 1 RM				

FC - Frequência Cardíaca; CGMS - Continuous Glicose Meter Systems; 1RM - 1 Repetição Máxima

A partir destas evidências, observa-se que os estudos que envolvem exercício e diabetes, são bem diversificados, envolvendo diferentes tipos e intensidades de exercício e métodos de análise do controle glicêmico. E ainda, a diversidade no controle metodológico dificulta a comparação dos estudos, limitando as conclusões sobre este assunto.

Mesmo que o ACSM (52) exponha as recomendações sobre o tipo, duração e sobrecarga do exercício que devem ser aplicados para o tratamento do DM2 ainda observa-se uma discordância de resultados nos estudos realizados.

Frente a este viés, esta pesquisa visou somar aos estudos já realizados novas formas de comparação de treinamentos físicos para diabéticos tipo 2, com tipos de exercício diferentes (esteira e resistido), mas mantendo a mesma intensidade relativa (LAn) utilizando como ferramentas investigativas as formas tradicionais, como a glicemia casual, a frutosamina e a HbA1C e as novas tecnologias, como a monitorização contínua da glicose. Além disso, outros parâmetros foram investigados, como as variáveis do teste ergoespirométrico, a FC, exames laboratoriais e a percepção subjetiva do esforço.

2. OBJETIVOS

✓ Objetivo principal

Comparar o controle glicêmico antes e após o treinamento físico de seis semanas em esteira e em exercício resistido, ambos na intensidade do LAn, por meio da monitorização contínua da glicose, da HbA1C, da glicemia de jejum e da frutosamina em indivíduos diabéticos tipo 2.

✓ Objetivos específicos

- Verificar e comparar colesterol e triglicérides, antes e após o treinamento físico em esteira, exercício resistido e situação controle.
- Verificar e comparar as variáveis ergoespirométricas (intensidade no LAn, intensidade máxima, VO_2 no LAn e $VO_{2máx}$) antes e após o treinamento físico em esteira, exercício resistido e situação controle.
- Verificar e comparar a resistência muscular localizada antes e após o treinamento físico em esteira, exercício resistido e situação controle.
- Verificar e comparar a glicemia casual, a FC e a percepção subjetiva do esforço antes, durante e após todas as sessões de exercício em esteira e exercício resistido.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais desse estudo foram realizados no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Federal de São Carlos (Departamento de Ciências Fisiológicas). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino-UNIFAE de São João da Boa Vista-SP (ANEXO A).

3.1. Casuística

Participaram deste estudo nove voluntários diabéticos tipo 2. O processo de seleção destes voluntários ocorreu por meio dos locais de atendimento da Secretaria Municipal de Saúde da cidade de São Carlos, de pacientes em programas na Unidade de Saúde Escola (USE) da Universidade Federal de São Carlos, bem como por divulgação nos campi da UFSCar e USP de São Carlos.

Os voluntários foram atendidos em sessões individuais, com consultas, atendimentos e treinamentos personalizados. Todos passaram por uma consulta médica com um cardiologista e/ou com um endocrinologista e realizaram exames clínicos e laboratoriais, para posterior liberação para a prática de atividade física.

Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO B) que informou os procedimentos experimentais, assim como os riscos e benefícios da pesquisa.

Os critérios de inclusão dos voluntários no presente estudo foram:

- Idade entre 45 e 65 anos;
- Gênero masculino;
- Diagnóstico de DM2 há pelo menos um ano;
- Hemoglobina glicada acima de 7%;
- Índice de Massa Corporal até 40 kg/m^2;
- Fazer uso de insulina apenas como suplementação para melhor controle hiperglicêmico;
- Pressão arterial sistólica ≤ 160 mmHg e diastólica ≤ 100 mmHg na condição de repouso;

- Não praticar atividades físicas regulares;
- Não apresentar doenças que comprometam a execução dos exercícios físicos.

Inicialmente o grupo experimental seria formado por 10 voluntários, que realizariam as três situações experimentais. Porém, três voluntários desistiram de participar da pesquisa, relatando não ter mais interesse e nem disponibilidade para continuar com as sessões de treinamento. Os sete voluntários que permaneceram participaram do DTE. Destes, somente quatro seguiram para os outros grupos, sendo que um deles só permaneceu no GDC, sem realizar os experimentos do DTR.

Para não prejudicar a pesquisa devido ao número de participantes de cada grupo, foram recrutados outros voluntários, entretanto, devido às novas desistências e por limitações físicas, nem todos os voluntários recrutados participaram de todos os grupos novamente.

Portanto, um voluntário pode ter participado de somente um grupo ou outros. Ao final da pesquisa, totalizaram-se nove indivíduos, que se dividiram nos três grupos experimentais, citados abaixo.

- Grupo Diabético Controle (GDC): indivíduos diabéticos que não realizaram treinamento físico (cinco indivíduos).
- Grupo Diabético Treinamento Esteira (DTE): indivíduos diabéticos que realizaram treinamento físico em esteira (sete indivíduos).
- Grupo Diabético Treinamento Resistido (DTR): indivíduos diabéticos que realizaram treinamento físico resistido (cinco indivíduos).

3.2. Materiais

Foram utilizados os seguintes materiais para a realização desse estudo:

- Frequencímetro cardíaco para mensuração da FC (*polar* ® - modelo RS 800cx);

- Glicosímetro portátil para mensuração de glicemia (Accutrend Plus - *Roche* ®);

- Equipamento de exercício resistido *leg press* (*Reforce* ®), para realização dos testes de 1RM, bem como para o treinamento físico resistido;

- Equipamentos de exercícios resistidos, *puley*, supino reto, cadeira extensora e mesa flexora (*Reforce* ®) para realização do treinamento resistido;

- Esteira ergométrica (*Pro Action Fitness* ®), para realização dos testes ergoespirométricos e para realização do treinamento físico aeróbio;

- Analisador de gases (*VO2000 Medic Graphiscs* ®), para análise dos parâmetros ventilatórios dos indivíduos durante o teste ergoespirométrico;

- Monitor contínuo de glicose (*Guardian REAL-Time*, *Medtronic* ®) para verificação da cinética da glicose;

3.3. Métodos

Foram realizados procedimentos comuns previamente às intervenções nos três grupos (GDC, DTE e DTR) que consistiram em palestra, anamnese, avaliação antropométrica, eletrocardiograma (ECG) de repouso e de esforço, exame de sangue laboratorial, sessão de adaptação aos equipamentos, determinação de 1RM, teste ergoespirométrico, e monitorização contínua da glicose. A aplicação destes procedimentos comuns teve duração de duas semanas.

Após esta fase, cada grupo realizou procedimentos diferentes com duração de seis semanas. O GDC permaneceu com suas atividades diárias normais, o DTE realizou sessões de treinamento em esteira e o DTR realizou sessões de treinamento resistido.

Posteriormente, todos os grupos repetiram os mesmos procedimentos iniciais para a comparação das variáveis analisadas em situação pré e pós intervenção ou controle (em 1 semana). Assim, somaram-se, no total, nove semanas experimentais para cada participante de cada grupo.

Segue as descrições destes procedimentos divididos em dia e semana:

<u>Primeira Semana (GDC, DTE, DTR) – Procedimentos comuns ao três grupos</u>

Dia 1:

- Palestra: A palestra consistiu em uma breve apresentação dos procedimentos da pesquisa, bem como dos benefícios da atividade física para indivíduos

diabéticos. Foi ressaltada a importância do voluntário para a pesquisa e foram explicitados os riscos e benefícios envolvidos. Após o término da palestra o indivíduo leu e assinou (se de acordo) o consentimento livre e esclarecido.

- Anamnese: Os voluntários preencheram uma ficha com questões sobre o histórico de saúde e atividade física, bem como o uso de medicação e hábitos alimentares.
- Avaliação antropométrica: Nessa avaliação foram medidos massa corporal e altura, para o cálculo do índice de massa corporal (IMC), e a circunferência da cintura e do quadril.

Dia 2:

- ECG de repouso e de esforço: Os voluntários foram atendidos por um médico, docente da Universidade Federal de São Carlos, para a realização dos exames e liberação para a atividade física.
- Adaptação aos equipamentos: Foi aplicada uma sessão de adaptação aos equipamentos utilizados durante a pesquisa. Os indivíduos caminharam na esteira rolante lentamente até que se habituassem ao gesto motor. E ainda, realizaram os exercícios resistidos com a aplicação de cargas leves para ajuste da mecânica correta dos movimentos.

Dia 3:

- Exames de sangue laboratorial: Os voluntários dirigiram-se ao laboratório conveniado com a pesquisa para coleta de sangue e dosagens das variáveis investigadas (glicemia de jejum, HbA1C, frutosamina, colesterol e triglicérides).
- Determinação de 1RM: O teste de 1RM determina a carga máxima que o indivíduo suporta em um determinado exercício de modo que consiga executar apenas uma repetição do movimento. Neste estudo o teste de 1RM foi realizado no exercício *Leg Press* para posterior cálculo da carga do teste de fadiga. Iniciou-se o teste com duas séries de aquecimento de 20 repetições com carga leve. Após três minutos de intervalo realizou-se a

primeira tentativa. Partindo com os joelhos flexionados, os indivíduos realizaram uma contração concêntrica seguida de uma contração excêntrica. Se o avaliado realizasse mais de uma repetição acrescentava-se mais carga até que este realizasse apenas uma repetição máxima. Para cada dia de teste realizaram-se no máximo cinco tentativas com cinco minutos de intervalo entre elas.

Dia 4:

- Reteste de 1RM: Para verificar a validade da avaliação, foi realizado um segundo teste 48 horas após a aplicação do primeiro, excluindo a possibilidade de subestimar ou supraestimar a carga máxima de uma única repetição anteriormente determinada.

Segunda Semana (GDC, DTE, DTR) – Procedimentos comuns aos três grupos

Dia 1:

- Instalação do MCG (*Guardian REAL-Time*): O MCG foi instalado na região subcutânea abdominal dos voluntários por meio de um aplicador específico. Os indivíduos foram instruídos sobre os procedimentos de calibração do equipamento que consiste em inserir o valor de glicemia no monitor. Para isso, os voluntários levaram um glicosímetro portátil para realizar a medição da glicemia casual, coletando uma gota de sangue da ponta do dedo. A primeira calibração foi realizada após duas horas de aplicação do sensor, após oito horas da aplicação e, posteriormente, de 12 em 12 horas. Todos os voluntários permaneceram com o MCG por, no mínimo, 72 horas e foram instruídos a manter suas atividades diárias normais.

Dia 2:

- Ergoespirometria: O teste ergoespirométrico foi realizado na esteira rolante com o analisador de gases. O indivíduo iniciou o teste em 3,0 km/h e foi acrescentado 1,0 km/h na intensidade a cada dois minutos de trabalho físico,

até a exaustão. A inclinação da esteira foi mantida constante em 0% durante todo o teste. Os critérios para interrupção desse teste foram: sensação de mal estar do indivíduo, como tontura, dispnéia exacerbada, visão turva ou, simplesmente, o desejo do voluntário de interromper o teste, além de taquicardia anormal à intensidade do esforço físico. Os indivíduos respiraram por um bocal para a captação do ar expirado para a verificação do VO_2. Para identificar a intensidade de trabalho físico do LAn e o VO_2 na mesma, verificou-se o aumento exponencial nas curvas de ventilação e de produção de gás carbônico e o aumento do equivalente ventilatório de oxigênio, sem um concomitante aumento no equivalente ventilatório de gás carbônico. Essa intensidade é importante para a determinação da intensidade de trabalho físico ideal para as adaptações fisiológicas benéficas do treinamento aeróbio, entre elas o melhor controle glicêmico. Durante todo o teste anotou-se a FC ao final de cada estágio para o cálculo do pulso de O_2 no LAn e do pulso máximo de O_2.

Dia 3:

- Teste de Fadiga: O teste de fadiga consistiu na realização de repetições máximas com carga equivalente a 60% de 1RM, carga padronizada no laboratório, em função de permitir tempo ideal para mensurações de variáveis fisiológicas ao longo do teste de 1RM (determinada previamente na primeira semana) no *Leg Press*. Cada repetição teve duração de três segundos, sendo um segundo e meio de ação concêntrica e um segundo e meio de ação excêntrica. A partir do volume (número de séries x carga (kg) x número de repetições) obtido neste teste, avaliou-se a função muscular pré e pós intervenção ou controle.

Dia 4:

- Retirada do MCG: O MCG foi retirado do voluntário e os dados registrados foram transferidos para o *software* computacional específico do equipamento para posterior análise.

Somente os indivíduos do DTR permaneceram no laboratório para estimar 1RM nos equipamentos que foram utilizados no treinamento resistido (*leg press*, supino reto, puxador costas com pegada pronada aberta, puxador costas com pegada fechada supinada, cadeira extensora e mesa flexora). Neste procedimento foi estimada 1RM a partir de uma equação matemática que infere a carga máxima por meio da carga submáxima (66). Para isso, os voluntários realizaram o máximo de repetições possíveis com carga aleatória (relativamente alta) em cada exercício. O número de repetições e a carga em cada exercício foram utilizados na seguinte equação:

$$1RM = W / [102,78 - 2,78 (R)].100,$$

sendo “W” a carga e “R” o número de repetições. Vale ressaltar que os autores citam que essa carga deve ser alta o suficiente para que o número de repetições não ultrapasse “seis” em cada equipamento. A carga calculada foi considerada 1RM para os voluntários e a mesma foi utilizada para o cálculo da intensidade do treinamento resistido, que foi realizado em 30% da mesma (intensidade considerada o LAn em exercícios resistidos) (67).

Estes procedimentos realizados nas semanas iniciais tiveram como objetivo definir a intensidade do exercício e comparar as condições físicas e fisiológicas antes e após o treinamento físico em esteira e resistido, bem como na situação controle.

Após estas duas semanas iniciais, foi aplicado ao DTE um treinamento de seis semanas em esteira na intensidade do LAn, ao DTR um treinamento de seis semanas em exercícios resistidos na intensidade do LAn e o GDC permaneceu em suas atividades diárias normais sem a intervenção do treinamento físico. Portanto, a terceira à oitava semana estão descritas a seguir separadamente para cada grupo.

Terceira à oitava semana (somente grupo DTE)

Da terceira à oitava semana do estudo os voluntários do grupo DTE realizaram 18 sessões de treinamento (três sessões/semana e em dias alternados, excluindo-se sábado e domingo), sendo que os voluntários poderiam faltar em até três sessões não consecutivas para não serem excluídos do estudo.

Em cada sessão de treinamento físico os voluntários realizaram na esteira ergométrica cinco minutos de aquecimento com velocidade de 3,0 km/h para posteriormente realizar 30 minutos de treinamento na velocidade do LAn.

Todos os dias em que houve treinamento foram avaliadas as seguintes variáveis:

- Glicemia, por meio do glicosímetro portátil em repouso, em 15 minutos (tempo médio da sessão de treinamento) e imediatamente após a sessão de treinamento;
- FC, por meio de um frequencímetro cardíaco, em repouso, em 10 minutos e 20 minutos de treino, imediatamente após, e quatro minutos após o treinamento;
- Percepção subjetiva de esforço, por meio da escala de Borg, em em 10 minutos e 20 minutos de treino, imediatamente após e quatro minutos após o treinamento.

Terceira à oitava semana (somente grupo DTR)

Da terceira à oitava semana do estudo os voluntários do grupo DTE realizaram 18 sessões de treinamento (três sessões/semana e em dias alternados, excluindo-se sábado e domingo), sendo que os voluntários poderiam faltar em até três sessões para não serem excluídos do estudo.

Os indivíduos realizaram um treinamento resistido em circuito de 20 repetições em um minuto (uma repetição a cada três segundos) e tiveram dois minutos de intervalo em cada um dos equipamentos de exercício resistido utilizados nesse protocolo (*leg press*, supino reto, cadeira extensora, puxador costas pegada pronada aberta, mesa flexora e puxador costas pegada fechada supinada) totalizando uma volta em 18 minutos. Uma segunda volta nesse circuito foi realizada, totalizando 36 minutos de exercício.

Todos os dias em que houve treinamento foram avaliadas as seguintes variáveis:

- Glicemia, por meio do glicosímetro portátil em repouso, em 18 minutos (tempo médio da sessão de exercício) e imediatamente após a sessão de treinamento;
- FC, por meio de um frequencímetro cardíaco, em repouso, em 18 minutos (tempo médio da sessão de exercício), imediatamente após e quatro minutos após o treinamento;
- Percepção subjetiva de esforço, por meio da escala de Borg, em 18 minutos (tempo médio da sessão de exercício), imediatamente após, um minuto após, dois minutos após e quatro minutos após o treinamento.

Terceira à oitava semana (somente grupo GDC)

O GDC permaneceu com as suas atividades diárias normais durante a terceira à oitava semana, sem intervenção do treinamento físico. Os indivíduos foram orientados a manter a mesma alimentação e os medicamentos habituais e a não praticarem atividades físicas regulares.

Para todos os grupos foi determinada novamente 1RM no exercício *leg press* na oitava semana da mesma forma que na primeira semana.

Nona semana (GDC, DTE, DTR) – Procedimentos comuns aos três grupos

Na nona semana, os procedimentos iniciais foram repetidos para a comparação da situação prévia e posterior ao treinamento. Estes procedimentos consistiram em: avaliação antropométrica, exame de sangue laboratorial, teste ergoespirométrico, e monitorização contínua da glicose.

A ordem cronológica dos procedimentos está demonstrada no Quadro 2.

Quadro 2 - Procedimentos experimentais			
Primeira semana			
Dia 1	**Dia 2**	**Dia 3**	**Dia 4**
• Palestra • Anamnese • Avaliação antropométrica	• Eletrocardiograma de repouso e esforço • Adaptação aos equipamentos de exercício	• Exame de sangue laboratorial • Determinação de 1 RM	• Reteste de 1 RM
Segunda semana			
Dia 1	**Dia 2**	**Dia 3**	**Dia 4**
• Instalação do MCG	• Ergoespirometria	• Teste de fadiga	• Retirada do MCG
Terceira à oitava semana			
GDC: Atividades diárias normais, sem intervenção do treinamento físico. DTE: Treinamento físico em esteira, durante 30 minutos na intensidade do LAn (três vezes semanais). DTR: Treinamento físico em exercícios resistidos em circuito na intensidade do LAn (três vezes semanais).			
Nona semana			
Dia 1	**Dia 2**	**Dia 3**	**Dia 4**
• Avaliação antropométrica • Exame de sangue laboratorial • Instalação do MCG	• Ergoespirometria	• Teste de fadiga	• Retirada do MCG

3.4. Análise estatística

Os dados da pesquisa foram analisados em forma de gráficos e tabelas, após realização de média, desvio padrão e variação das condições pós menos pré, expresso pela simbologia “Δ” das variáveis consideradas para cada grupo experimental desse estudo. Foram aplicados testes estatísticos específicos para a determinação de significância de comparação desses dados utilizando-se o programa Minitab. Foi aplicado o teste de normalidade de *Shapiro Wilk* em todos os dados. Para a comparação dos resultados das condições pré e pós entre o mesmo grupo desse estudo, bem como para avaliação dos momentos entre os testes em cada grupo foi utilizado o teste *t* de *Student* pareado. O teste de ANOVA multivariada foi utilizado pelo mesmo programa estatístico para avaliação das mesmas variáveis entre os grupos. Quando esse teste indicou diferenças estatísticas significativas, utilizou-se de um teste de hipótese para determinação de quais grupos apresentaram tais diferenças, utilizando-se o teste de *Kruskal Wallis*. O nível de significância estatística considerado nesse estudo foi sempre de 95% ($p<0,05$), compatível com a área da saúde.

A análise da concentração da glicose foi realizada em intervalos de tempo de 5 minutos. Por meio desses dados, a área sob a curva (ASC) da concentração de glicose em função do tempo foi calculada para o período entre as 18h00 e 17h59 do dia seguinte (24h), entre as 18h00 e 23h00 (período da noite, 5h), entre as 23h00 e 7h00 do dia seguinte (período noite/madrugada, 8h), entre as 7h00 e 12h00 (período da manhã, 5h) e entre as 12h00 e as 18h00 (período da tarde, 6h). As medidas são apresentadas em mg/dL/h. Estes resultados foram obtidos por meio de uma rotina elaborada em no software SPSS v20.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e a discussão desta pesquisa serão expostos em um único tópico. Os resultados estão descritos em tabelas e gráficos e as diferenças estatísticas (quando houver) sinalizadas nos mesmos.

4.1. Características da amostra

A tabela 3 demonstra as características da amostra no início e ao final da pesquisa em valores médios ± desvios padrão (DP) dos três grupos avaliados.

Tabela 3 - Características iniciais e finais da amostra para os grupos GDC, DTR e DTE

Características da amostra - Inicial							
Grupo	**Peso (kg)**	**Altura (m)**	**IMC (kg/m2)**	**Idade (anos)**	**Circunferência da cintura (cm)**	**Circunferência do quadril (cm)**	**Razão C/Q**
GDC	99,90 ± 14,73	1,75 ± 0,10	32,61 ± 1,68	54,00 ± 8,46	111,00 ± 7,12	108,00 ± 5,20	1,03 ± 0,06
DTR	97,08 ± 16,19	1,75 ± 0,10	31,51 ± 2,08	55,20 ± 7,40	107,90 ± 7,62	107,40 ± 6,35	1,01 ± 0,05
DTE	94,24 ± 8,62	1,71 ± 0,05	32,18 ± 3,48	55,29 ± 7,27	110,14 ± 6,87	103,43 ± 6,35	1,07 ± 0,05
Características da amostra - Final							
GDC	100,18 ± 15,11	1,75 ± 0,10	32,70 ± 1,80	54,20 ± 8,38	110,30 ± 6,63	107,60 ± 6,31	1,03 ± 0,05
DTR	95,42 ± 17,49	1,75 ± 0,10	30,93 ± 2,30	55,20 ± 7,40	105,50 ± 7,37	106,60 ± 6,95	0,99 ± 0,04
DTE	93,53 ± 7,84	1,71 ± 0,05	31,94 ± 3,22	55,43 ± 7,23	107,29 ± 4,89	103,71 ± 3,99	1,03 ± 0,02

Não houve diferença significativa entre os valores iniciais e finais. GDC: Grupo diabético controle; DTR:Diabéticos treinamento resistido; DTE: Diabéticos treinamento em esteira; IMC: Índice de Massa Corporal; Razão C/Q: Razão cintura quadril.

As variáveis que caracterizam a amostra (massa corporal, altura, IMC, idade, circunferência da cintura, circunferência do quadril e razão C/Q) não demonstraram diferenças significativas antes e após o treinamento e a situação controle. Assim como não foram identificadas diferenças destes parâmetros entre os grupos.

Por estas variáveis estarem relacionadas, ou seja, devido ao IMC ser calculado a partir da massa corporal e da altura e à razão C/Q calculada a partir da circunferência da cintura e da circunferência do quadril, serão discutidos aspectos que permeiam as variáveis IMC e razão C/Q.

A média do IMC de todos os grupos encontrou-se na classificação de obesidade I (2) antes da pesquisa e permaneceu na mesma classificação após a pesquisa (GDC: 32,61±1,68kg/m^2 *vs* 32,70±1,80kg/m^2 / DTR: 31,51±2,08kg/m^2 *vs* 30,93±2,30kg/m^2 / DTE: 32,18±3,48kg/m^2 *vs* 31,94±3,22kg/m^2). Isto pode ser atribuído ao fato que não houve intervenção na alimentação destes indivíduos, ao tempo entre as avaliações (pré e pós) ser de seis semanas (período relativamente curto para alterações na massa corporal), às intensidades e volumes de treinamentos aplicados e à maior dificuldade de indivíduos diabéticos diminuírem a massa de gordura.

Apesar do IMC ser um parâmetro que não considera a composição corporal (massa magra e massa gorda), este é um índice que correlaciona-se com o risco de aparecimento de doenças crônicas, como o DM2, principalmente em indivíduos sedentários que não apresentam um desenvolvimento exacerbado da massa muscular (68), características presentes nos voluntários desta pesquisa.

Narayan et al (2007) (69) correlacionaram o IMC com o risco de desenvolvimento do DM2 e concluíram que indivíduos do gênero masculino com idade entre 45 e 65 anos que classificam-se em um índice entre 30,00 e 35,00 kg/m^2 têm 50,9% de chance de serem acometidos por esta doença. Este mesmo estudo demonstra que o aumento do IMC é proporcional à incidência de DM2, ou seja, quanto maior o IMC (para a mesma idade), maior o risco de acometimento da doença. Isto porque o ganho de massa corporal (variável utilizada no cálculo do IMC) está associado ao sedentarismo e a má alimentação que também são causas do desenvolvimento do DM2. Os autores ainda salientam que estes dados coletados em 2004 devem ser interpretados com cautela, pois o número de indivíduos com DM2 aumenta a cada ano e este risco de aparecimento da doença também está relacionado com fatores sócio-econômicos, genéticos e de estilo de vida, o que pode aumentar ou diminuir os riscos em diferentes populações. Wild et al (2004) (27) afirmam que o risco de desenvolvimento do DM2 é maior em países em desenvolvimento, portanto, o risco de aparecimento desta doença encontra-se, provavelmente, maior na população da presente pesquisa do que na pesquisa realizada por Narayan et al (2007) (69), que foi desenvolvida nos Estados Unidos.

Em concordância com os resultados encontrados, Cauza et al (2005) (61) também não encontraram diferenças significativas no IMC após treinamento para diabéticos tipo 2, mesmo com a intervenção do exercício mais longa (quatro meses)

que nesta pesquisa. Estes autores compararam um treinamento em cicloergômetro a 60% do $VO_{2máx}$ com um treinamento resistido para hipertrofia e resistência muscular (10 a 15 repetições máximas para todos os grupos musculares) e em ambos não houve alteração neste índice, porém, nos dois grupos investigados houve diminuição da massa de gordura. Mesmo assim, não se pode afirmar que a permanência dos mesmos índices de massa corporal antes e após os treinamentos ocorreu por causa de ganhos na massa muscular, pois esta variável e outras variáveis da composição corporal, como o percentual de água, não foram verificadas na pesquisa destes autores.

Em relação à intensidade dos exercícios aplicados na presente pesquisa, o grupo que realizou o treinamento resistido (DTR) (exercícios mais relacionados ao ganho de massa muscular) executaram os exercícios com carga de 30% de 1RM (intensidade do LAn) que não prevê ganhos significativos de musculatura, ao contrário da intensidade aplicada na pesquisa de Cauza et al (2005) (61), que aplicou cargas recomendadas para a hipertrofia muscular. Da mesma maneira, o grupo DTE realizou exercícios em esteira na intensidade relativa ao LAn que também não teve como objetivo o aumento da massa muscular. O tempo de seis semanas pode ter sido relativamente curto para expressar diferenças nessa variável, possivelmente, se o tempo de investigação fosse maior, o IMC apresentaria diferenças significativas.

Em pesquisa semelhante, Vancea et al (2009) (36), avaliaram o IMC de três grupos durante 20 semanas. O grupo controle não realizou exercícios, o grupo G3 realizou exercício em esteira entre 60 e 70% da FCmáx (calculada pela fórmula 220-idade) três vezes semanais e o grupo G5 realizou exercício em esteira entre 60 e 70% da FCmáx cinco vezes por semana. Foram observadas diminuições significativas no IMC dos grupos G3 e G5 após oito, 16 e 20 semanas em relação ao valor basal, mas estas alterações não foram suficientes para classificar os indivíduos em outra categoria de IMC, que inicialmente era de sobrepeso e permaneceu sobrepeso ao final do treinamento. Estes autores também observaram que no grupo G5 não houve diferença significativa do IMC entre a oitava, a décima sexta e a vigésima semana e justificaram este fato com a possibilidade de aumento de ingestão de alimentos devido ao maior gasto energético ocasionado pelo treinamento, o que também pode justificar a não redução do IMC nos voluntários desta pesquisa.

Além da frequência semanal de treinamento a carga aplicada também parece influenciar na redução do IMC. Karstoft et al (2013) (55), compararam grupos de diabéticos tipo 2 que realizaram caminhada com a mesma frequência semanal (cinco vezes) e mesmo tempo de duração da sessão (60 minutos) por quatro meses, porém em velocidades diferentes. Um grupo treinou em velocidade constate e moderada e outro grupo variou entre baixa e alta intensidade a cada três minutos. Foi observada redução significativa no IMC somente no grupo que variou a intensidade, associando a diminuição desta variável à intensidade do exercício físico.

Ressalta-se, ainda, que o processo de perda de massa de gordura e aumento de massa muscular em diabéticos tipo 2, difere-se do processo em indivíduos sem a doença, principalmente naqueles que classificam-se com o IMC encontrado nesta pesquisa. Lau e Teoh (2013) (68) afirmam que indivíduos diabéticos tipo 2 sobrepesos e obesos têm maior dificuldade em perder peso comparados às pessoas saudáveis devido a alguns fatores que compõem um ciclo vicioso: 1) na presença de resistência à insulina, os principais órgãos responsáveis pela disponibilidade da glicose são o fígado e os músculos esqueléticos; 2) a hiperinsulinemia promove a síntese e o armazenamento de triglicerídeo enquanto inibe a lipólise nos adipócitos, resultando na expansão do tecido adiposo; 3) a normoglicemia induzida por agentes (medicamentos) anti-hiperglicemiantes pode promover ganhos de peso e continuar o ciclo vicioso.

Este mesmo ciclo vicioso e os mesmos fatores de intensidade, tempo de intervenção e ingestão alimentar podem explicar a não diminuição da razão C/Q antes e após os treinamentos e situação controle, visto que esta razão também está intimamente ligada ao acúmulo de gordura corporal na região central do corpo (obesidade andróide) (26).

A razão C/Q relaciona-se não só com o risco para o desenvolvimento da síndrome metabólica e com a mortalidade por doenças cardiovasculares (2), mas também ao aparecimento do DM2, pois estudos demonstram que o acúmulo de gordura abdominal contribui com o aumento da taxa de triglicerídeos e LDL, causando um desequilíbrio lipídico que pode levar ao desenvolvimento da doença.

Os indivíduos avaliados neste trabalho classificaram-se em valores que representam um alto risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares no início e ao final desta pesquisa (GDC: 1,03 ± 0,06 *vs* 1,03 ± 0,05 / DTR: 1,01 ± 0,05

vs 0,99 ± 0,04 / DTE: 1,07 ± 0,05 *vs* 1,03 ± 0,02), porém nos grupos de treinamentos observam-se tendências para a diminuição desta variável que, talvez, se o tempo de treinamento fosse maior, este resultado seria mais expressivo. Esta tendência pode incentivar ainda mais o tratamento da doença e a prevenção de doenças associadas à ela por meio do exercício físico, pois sabe-se que as maiores causas de morte de indivíduos diabéticos tipo 2 são relacionadas com doenças cardiovasculares e que a diminuição desta razão está positivamente relacionada com a diminuição da obesidade central, a diminuição da resistência à insulina e ao controle da síndrome metabólica (70).

Assim como o IMC, a alteração da razão C/Q também pode associar-se ao volume de exercício aplicado. Vancea et al (2009) (36), citados anteriormente, não observaram diferenças significativas na circunferência da cintura no grupo que realizou o treinamento três vezes semanais (grupo G3), como o protocolo desta pesquisa, enquanto que o grupo que treinou cinco vezes por semana (grupo G5) apresentou diminuições significativas.

Desta forma, tanto a redução do IMC, como a redução da razão C/Q parecem estar associados à frequência semanal, ao volume e à intensidade do exercício, além do controle da ingestão calórica. Porém, a permanência destas variáveis em valores semelhantes antes e após esta pesquisa não determinam que outros benefícios estejam associados aos protocolos prospostos. De acordo com o ACMS (2010) (52), o melhor programa para a perda de peso de indivíduos diabéticos tipo 2 é a combinação de exercícios, dieta e mudanças no comportamento e o volume de exercício aplicado para esta finalidade deve ser até maior do que o volume recomendado para melhoras no controle glicêmico e diminuições do risco cardiovascular, isto porque, geralmente, pessoas obesas e idosas têm dificuldade para realizar exercícios suficientes que aumentem o gasto energético de maneira exacerbada e comumente contrabalanceiam o dispêndio ocasionado pelo exercício aumentando a ingestão de alimentos.

4.2. HbA1C

Os valores de HbA1C pré e pós treinamento físico resistido e em esteira e na situação controle estão expostos na tabela 4 em valores médios ± DP, bem como a

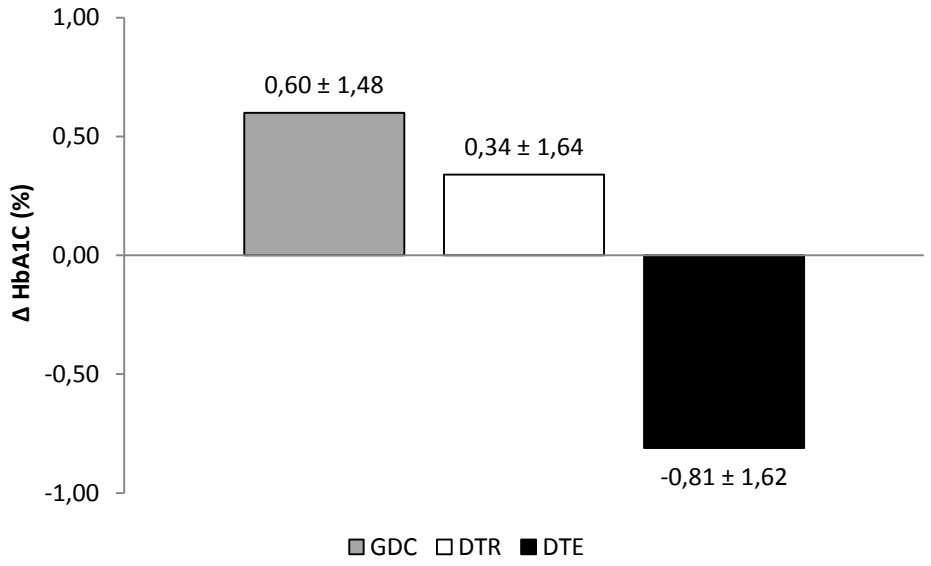
magnitude de aumento ou diminuição desta variável, representada pela diferença (Δ) entre o valor final e o valor inicial dos três grupos (GDC, DTR e DTE).

Tabela 4 - Valores médios (± DP) iniciais e finais de HbA1C e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE

HbA1C (%)			
Grupo	**Pré**	**Pós**	**Δ**
GDC	8,90 ± 1,94	9,50 ± 1,90	0,60 ± 1,48
DTR	8,08 ± 1,38	8,42 ± 2,86	0,34 ± 1,64
DTE	9,78 ± 1,88	8,97 ± 1,24	-0,81 ± 1,62

Verifica-se no gráfico 1 os Δs da HbA1C dos três grupos investigados em valores médios ± DP, enfatizando a redução desta variável no grupo DTE.

Gráfico 1 - Δ HbA1C dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



A HbA1C não demonstrou diferenças significativas antes e após os treinamentos e situação controle e também não foi observada diferenças nesta variável entre os Δs dos três grupos avaliados (GDC: 8,90 ± 1,94% *vs* 9,5 ± 1,90%; Δ: 0,60 ± 1,48% / DTR: 8,08 ± 1,38% *vs* 8,42 ± 2,86%; Δ: 0,34 ± 1,62% / DTE: 9,78 ±

1,88% *vs* 8,97 ± 1,24%; Δ: -0,81 ± 1,64%). Todos os resultados encontrados nos grupos classificam os indivíduos em um valor acima do valor de referência de HbA1C para indivíduos saudáveis (13), ou seja, valores indicados como diagnóstico para diabéticos.

Este resultado não significativo pode estar relacionado ao tempo de sensibilidade do exame que reflete a concentração de glicemia num período de três a quatro meses anterior à coleta de sangue (1). O tempo total da intervenção em cada voluntário foi de nove semanas (aproximadamente dois meses) e o tempo entre as dosagens de HbA1C foi de seis semanas (um mês e meio). Isto justifica a não alteração desta variável, pois tanto o exame realizado antes do treinamento como o exame realizado após o treinamento estaria demonstrando valores referentes a períodos anteriores ao início da pesquisa.

Sabe-se que a HbA1C é um bom preditor do controle glicêmico em longos períodos e pode contribuir na manutenção de medicamentos e intervenções com o exercício físico, bem como apontar os riscos para doenças cardiovasculares (53). Diversos estudos (71) encontraram resultados positivos na HbA1C após o treinamento físico, porém em alguns estudos com períodos maiores de treinamento do que o aplicado nesta pesquisa também obtiveram resultados não significativos nesta molécula (61). Boulé et al (2005) (72) afirmam que estudos no âmbito da atividade física sobre a influência do exercício físico na HbA1C demonstram resultados heterogêneos.

Allen et al (2008) (24) encontraram diferenças significativas na HbA1C após quatro semanas de um programa de incentivo à atividade física em indivíduos diabéticos tipo 2 e a utilização de monitor contínuo de glicose para conscientização dos indivíduos. O grupo que recebeu a intervenção reduziu 1,16 ± 1,04 % na HbA1C e não foram encontradas diminuições significativas no grupo controle.

Em artigo de revisão, Zanuso et al (2009) (71) concluíram que o treinamento aeróbio e o treinamento resistido promovem uma redução no percentual da HbA1C comparados aos grupos controle, porém o treinamento com exercícios combinados (aeróbios e resistidos) promovem uma redução adicional na HbA1C do que os treinamentos realizados isoladamente. Afirmam, ainda, que a intensidade do exercício prevalece ao volume em relação às reduções na HbA1C. Em contrapartida, Thomas et al (2009) (73), discutem que apesar de diversos tipos e protocolos de exercício promoverem a melhora no controle glicêmico, comprovados

por reduções na HbA1C, a melhor intensidade de exercício aplicada seria a moderada que pode ser mantida com regularidade, diferente do treinamento com altas intensidades em que o indivíduo não consegue manter por longos períodos. A intensidade aplicada na presente pesquisa, apesar de não ter promovido reduções na HbA1C (talvez pelo curto período aplicado) foi uma intensidade em que os indivíduos conseguiram manter sem dificuldades, principalmente no protocolo de exercícios resistidos, afirmação evidenciada na escala de percepção subjetiva do esforço que será discutida posteriormente.

Em concordância com os resultados encontrados nesta pesquisa, Cauza et al (2005) (61), não encontraram reduções significativas na HbA1C após quatro meses de treinamento resistido e treinamento de endurance comparados aos valores basais. Karstkof et al (2013) (55) também não encontraram alterações na HbA1C após quatro meses de treinamento físico, mesmo comparando grupos que executaram as sessões com intensidades diferentes. Estes autores relatam que foram identificadas grandes variações individuais na resposta da HbA1C, resultado que na média dos grupos não foi expressivo. Adicionalmente, Dela et al (2004) (11), demonstraram que indivíduos que não fazem um adequado controle glicêmico demonstram uma menor responsividade ao treinamento físico.

Os resultados da presente pesquisa também demonstram variações individuais na resposta da HbA1C. No grupo DTR, dois indivíduos reduziram o percentual desta molécula após o treinamento de forma expressiva (indivíduo C: 7,2% para 6,4% e indivíduo D: 8,0% para 7,0%) e no grupo DTE, quatro indivíduos apresentaram respostas positivas nesta variável (indivíduo C: 10,3% para 6,2%, indivíduo D: 8,8% para 7,9%, indivíduo F: 12,0% para 7,9% e indivíduo G: 11,4% para 6,6%). Já no grupo controle, somente um indivíduo apresentou melhora na HbA1C (indivíduo A: 10,9% para 8,0%). Possivelmente, essas variações individuais também estão relacionadas ao próprio controle glicêmico de cada indivíduo e aos hábitos alimentares e na análise média do percentual de HbA1C dos grupos, os indivíduos com maiores complicações no controle glicêmico fazem com que este resultado não seja significativo. Portanto, é válido considerar a diminuição do percentual da HbA1C destes indivíduos, apesar da média de grupo, pois para estes participantes esta redução significa melhoras na glicemia e diminuição dos riscos de doenças cardiovasculares.

Sumariamente, apesar da HbA1C refletir a concentração média de glicemia de três a quatro meses, esta mensuração dificulta um rápido *feedback* da efetividade da intervenção com o exercício. Como a HbA1C reflete a média da glicose sanguínea, indivíduos com grandes variações na glicemia (muito tempo em hipo ou hiperglicemia) podem ter o mesmo percentual de HbA1C que indivíduos que se mantêm com a glicemia equilibrada durante mais tempo. Consequentemente, quando o exercício promove alterações no controle da glicemia em um curto período de tempo, a HbA1C não é sensível para captar estas mudanças. Portanto, é importante considerar as concentrações da HbA1C de cada indivíduo devido às influências do estágio e do controle do DM2 em relação às respostas obtidas por meio do treinamento físico.

4.3. Glicemia de jejum

As concentrações médias da glicemia de jejum demonstraram diferenças significativas antes e após o treinamento em esteira (DTE) e entre os Δs dos grupos DTE x GDC, DTE x DTR e DTE x DTR. Estes resultados estão expostos na tabela 5.

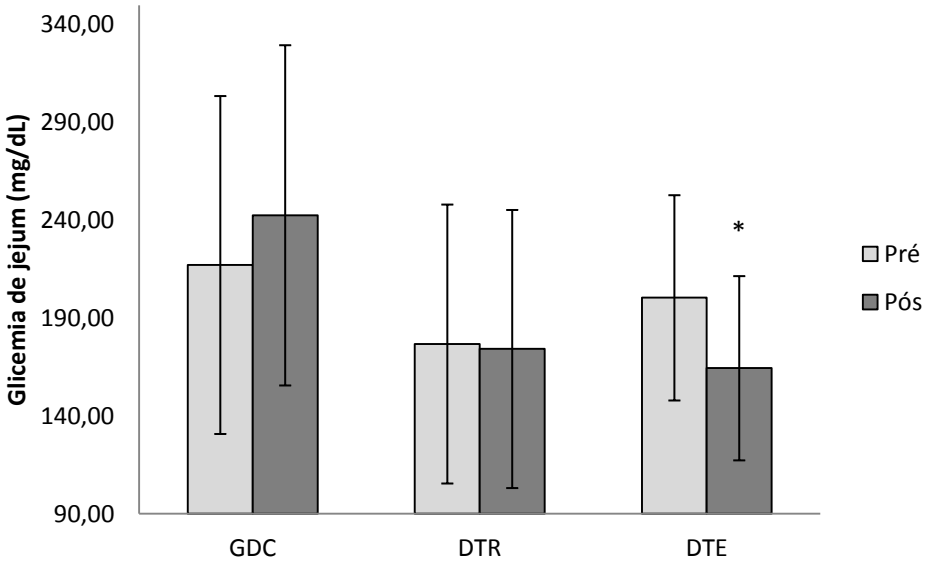
Tabela 5 - Valores médios (± DP) iniciais e finais da glicemia de jejum e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE

Glicemia de jejum (mg/dL)			
Grupo	**Pré**	**Pós**	**Δ**
GDC	217,20 ± 86,39	242,60 ± 86,98	25,40 ± 61,94
DTR	176,80 ± 71,31	174,25 ± 71,09	-2,55 ± 12,80[a]
DTE	200,42 ± 52,48	164,42 ± 47,11 *	-36,00 ± 28,75[ab]

*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de $p<0,05$. [a] Diferença significativa do Δ GDC, com valor de $p<0,05$. [b] Diferença siginifcativa do Δ DTR, com valor de $p<0,05$.

Os valores médios ± DP das concentrações de glicemia de jejum dos três grupos pré e pós intervenção e situação controle estão demonstrados no gráfico 2, ressaltando a diferença significativa na redução desta variável no grupo DTE.

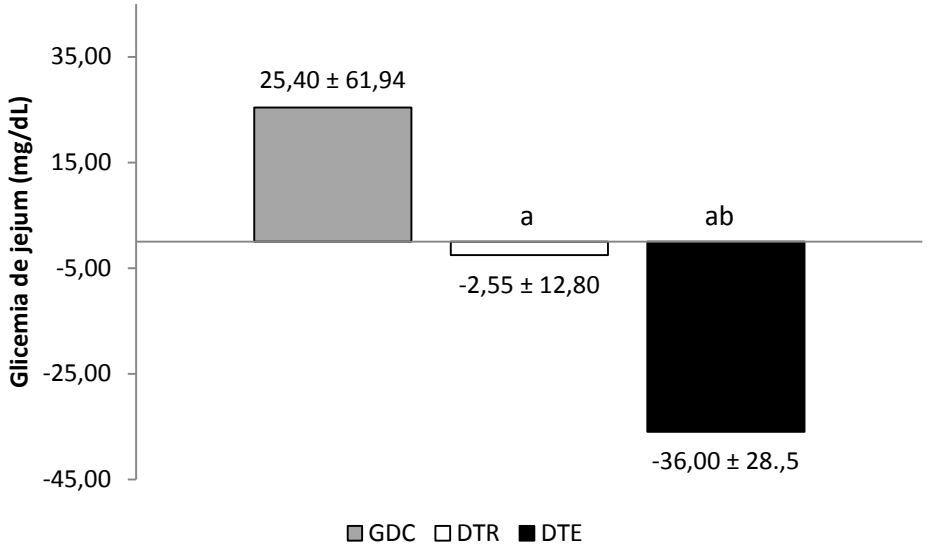
Gráfico 2 - Glicemia de jejum inicial e final dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de p<0,05.

Ao comparar a variação (Δ) da concentração da glicemia de jejum antes ao final da pesquisa, nota-se diferenças estatísticas entre os grupos, mostradas no gráfico 3.

Gráfico 3 - Δ Glicemia de Jejum dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



[a] Diferença significativa do Δ GDC, com valor de p<0,05. [b] Diferença siginifcativa do Δ DTR, com valor de p<0,05.

Assim como a HbA1C, a glicemia de jejum é uma ferramenta útil para o diagnóstico do DM2. Porém, esta variável determina pontualmente a concentração da glicose sanguínea no momento da coleta de sangue.

A glicemia de jejum demonstrou redução significativa após o treinamento em esteira em relação à concentração inicial da pesquisa (DTE: 200,42 ± 52,48mg/dL *vs* 164,42 ± 47,11mg/dL), porém não expressou variações significativas nos demais grupos (GDC: 217,20 ± 86,39mg/dL *vs* 242,60 ± 86,98mg/dL e DTR: 176,80 ± 71,31mg/dL *vs* 174,25 ± 71,09mg/dL). Todos os valores médios de glicemia de jejum encontrados classificaram os indivíduos em concentrações superiores dos valores de normalidade, que, para o diagnóstico de DM2, devem estar acima de 126 mg/dL (52).

Existem controvérsias nos estudos científicos que envolvem a glicemia de jejum como um fator para a identificação de riscos de desenvolvimento de distúrbios cardiovasculares (74) (75). Alguns autores (75) afirmam que esta mensuração pode relacionar-se com o aparecimento de complicações advindas da hiperglicemia, enquanto outros autores (74) afirmam que é sensível apenas ao diagnóstico do DM2 e também, para identificar anormalidades no metabolismo da glicose que precedem a doença, refletindo um quadro transitório entre o indivíduo saudável e o diabético

tipo 2 (pré-diabetes). Isso porque a característica pontual do exame não considera as flutuações da glicose comuns no indivíduo diabético, mas não se descarta a possibilidade que exames de glicemia de jejum realizados com certa frequência podem demonstrar informações importantes no avanço ou no controle do DM2.

No estudo realizado por Dustan et al (2002) (76), foi comparado um programa de treinamento físico que envolveu exercícios resistidos que progrediram de 50 a 80% de 1RM (alta intensidade) com um programa de treinamento com alongamentos (baixa intensidade) e não foram encontradas diferenças significativas na glicemia de jejum em indivíduos diabéticos tipo 2 após três e seis meses de treinamento em ambos os grupos.

O mesmo pode ocorreu na presente pesquisa e apesar da glicemia de jejum ter expressado diminuições significativas apenas no grupo DTE, não se pode desconsiderar o benefício individual desta variável no grupo DTR, pois dos cinco avaliados deste grupo, três obtiveram uma diminuição nas concentrações de glicose sanguínea (indivíduo A: 303 mg/dL para 280 mg/dL; indivíduo B: 162 mg/dL para 145 mg/dL e indivíduo E: 134 mg/dL para 126 mg/dL). Mesmo com esta consideração, ao comparar os Δs entre os grupos, foram encontradas diferenças entre os grupos que realizaram treinamento e o grupo controle e também, entre o grupo DTE e DTR, em que a diminuição foi maior para o grupo que treinou em esteira (GDC: Δ: 25,40 ± 61,94 mg/dL/ DTR: Δ: -2,55 ± 2,80 mg/dL[a]/ DTE: Δ: -36,00 ± 28,75 mg/dL[ab]). Em consonância, a HbA1C demonstrou uma tendência em diminuir mais expressivamente no grupo DTE, apesar de não terem sido observadas diferenças estatísticas, como discutido anteriormente.

Estes resultados podem ser embasados na afirmação do ACSM (2010) (52) que conclui que o controle glicêmico é dependente do volume e da intensidade do exercício aplicado e que as adaptações crônicas estão intimamente relacionadas ao protocolo das sessões. Afirma ainda que o exercício aeróbio é a mais tradicional forma de prescrição de exercício para diabéticos tipo 2 e que uma semana de treinamento aeróbio pode promover e melhora na sensibilidade à insulina destes indivíduos. Apesar de ambos os protocolos de treinamento aplicados nesta pesquisa terem a mesma intensidade relativa (limiar anaeróbio) pode-se considerar que a característica do movimento determinada pelo tipo de exercício (caminhada em esteira e exercício resistido) promove uma ativação muscular diferente, visto que na caminhada em esteira são recrutados mais grupamentos musculares do que nos

exercícios resistidos, que apresentam ações isoladas. Além disso, embora o tempo da sessão de cada protocolo tenha sido, em sua totalidade, o mesmo, deve-se considerar que na sessão do grupo DTR haviam intervalos de dois minutos entre as séries o que afetou o volume da sessão de treinamento.

A adaptação da glicemia mediante ao treinamento aplicado ao grupo DTE pode ser relacionada à maior síntese de glicogênio e ao aumento da expressão do GLUT-4 sem a sinalização da insulina (77). Outro aspecto que deve ser considerado é que o treinamento em intensidade moderada aumenta a capacidade de oxidação lipídica, que pode ser a peça chave para o aumento da ação da insulina (78)

Outros estudos relatam os benefícios do treinamento resistido na ação da insulina e consequentemente na glicemia de jejum (79) (80) (81). Contudo, esta adaptação é relacionada ao aumento da massa muscular que contribui com a utilização de glicose de forma mais exacerbada e ainda, destaca-se que o treinamento resistido pode prevenir ou retardar a sarcopenia causada pela idade e pelo desuso. Na presente pesquisa, a intensidade do treinamento resistido não objetivou o ganho de massa muscular, porém a ativação muscular isolada pode trazer benefícios adicionais na preservação da musculatura em intensidades baixas, garantindo além do benefício físico a permanência de indivíduos diabéticos no programa de exercícios, pois pessoas diabéticas têm maior dificuldade em realizar exercícios intensos, devido ao comprometimento neural ocasionado pela patologia, o que causa maior sensação de dor que em pessoas saudáveis.

Em concordância com estas afirmações, Kwon et al (2010) (82) aplicaram 12 semanas de treinamento resistido de baixa intensidade em mulheres diabéticas tipo 2 e obtiveram ganhos de massa muscular, ganhos de força e diminuição da massa de gordura, sem evidenciar alterações na sensibilidade à insulina e na glicemia de jejum.

Vancea et al (2009) (83) também não encontraram reduções significativas na glicemia de jejum após protocolos de exercício com diferentes frequências semanais (70% da FCmáx em esteira). Apesar disso, neste estudo o grupo que treinou cinco vezes por semana apresentou, após 20 semanas, valores médios de glicemia de jejum abaixo do valor de referência para o diagnóstico de diabetes.

Contudo, na presente pesquisa ficou evidenciado que o protocolo do grupo DTE promoveu a diminuição da glicemia de jejum, porém, por ser uma mensuração pontual, a glicemia de jejum parece não ser a melhor variável para verificar o

controle glicêmico. No entanto, a análise das concentrações de forma frequente podem expressar mudanças na alimentação, no exercício físico e em medicamentos. Adicionalmente, destaca-se a glicemia de jejum como um método rápido e de baixo custo para o diagnóstico e controle do DM2.

4.4. Frutosamina

Assim como na glicemia de jejum, a diminuição da concentração de frutosamina foi significativa apenas no grupo DTE. Encontrou-se diferenças entre os Δs dos grupos DTE e GDC e entre os Δs dos grupos DTR e GDC, como demonstrado na tabela 6.

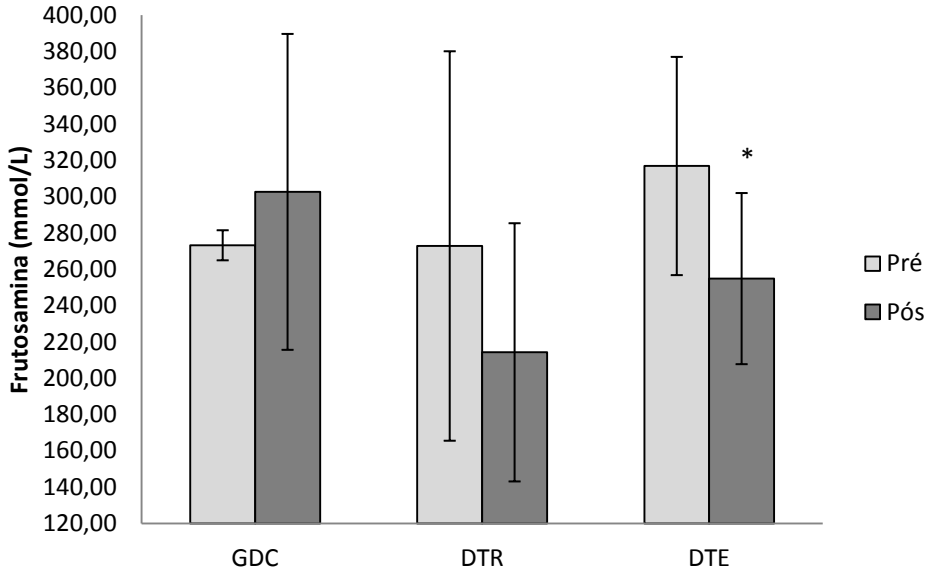
Tabela 6 - Valores médios (± DP) iniciais e finais da concentração de Frutosamina e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE

Frutosamina (mmol/L)			
Grupo	**Pré**	**Pós**	**Δ**
GDC	273,20 ± 82,80	302,60 ± 86,98	29,40 ± 34,00
DTR	272,80 ± 107,22	214,25 ± 71,09	-58,55 ± 130,03 [a]
DTE	316,85 ± 60,08	254,85 ± 47,11*	-62,00 ± 33,94 [a]

*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de $p<0,05$. [a] Diferença significativa do Δ GDC, com valor de $p<0,05$.

Pode-se visualizar as diferenças entre a situação inicial e final das concentrações de frutosamina dos grupos no gráfico 4.

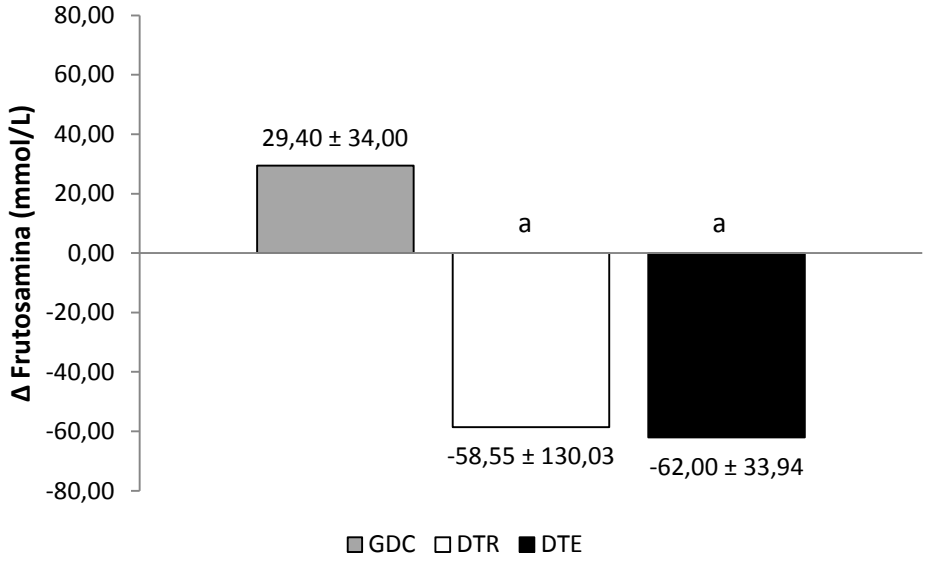
Gráfico 4 - Frutosamina inicial e final dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de p<0,05.

Tanto o Δ de frutosamina do DTR como o Δ do DTE foram diferentes estatisticamente do Δ do GDC. O gráfico 5 demonstra estas diferenças.

Gráfico 5 - Δ Frutosamina dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



. [a] Diferença significativa do Δ GDC, com valor de p<0,05.

A frutosamina, também conhecida como albumina glicada, apresenta-se como uma forma de investigação do controle glicêmico de indivíduos DM2. Esta molécula difere-se da HbA1C em relação ao tempo de sensibilidade do exame que detecta valores médios da concentração de glicemia de uma a duas semanas precedentes à coleta de sangue. Isso porque o tempo de vida médio da albumina é em torno de 17 dias. Assim, alterações glicêmicas em um curto período de tempo podem ser visualizadas com a mensuração da frutosamina (84).

No presente estudo, a concentração de frutosamina de todos os grupos demonstrou-se dentro do valor de normalidade e apresentou diminuições significativas após o treinamento do grupo DTE em relação à concentração basal (DTE: 316,85 ± 60,08mmol/L vs 254,85 ± 47,11mmol/L), assim como ocorreu a tendência da diminuição do percentual de HbA1C e as diminuições significativas da glicemia de jejum neste mesmo grupo. Os grupos GDC e DTR não apresentaram diferenças significativas nos valores pré e pós intervenção (GDC: 273,20 ± 8,28mmol/L vs 302,60 ± 86,98mmol/L e DTR: 272,80 ± 107,22mmol/L vs 214,25 ± 71,09mmol/L), da mesma forma que observado no percentual de HbA1C e glicemia de jejum.

Os Δs dos grupos DTR e DTE foram diferentes do Δ do grupo GDC (GDC: Δ: 29,40 ± 34,00/ DTR: Δ: -58,55 ± 130,03ª/ DTE: Δ: -62,00 ± 33,94ª) e tanto o grupo DTR como o grupo DTE demonstraram valores negativos nas diferenças das concentrações pré e pós exercício, enquanto que o grupo GDC apresentou valor positivo nesta diferença. Isto demonstra, assim como a glicemia de jejum, que mesmo que o grupo DTR não tenha apresentado uma diminuição significativa antes e após o treinamento, observou-se um melhor controle glicêmico do que o grupo controle. É válido ressaltar que o alto valor do desvio padrão do grupo DTR mostra que as variações individuais no controle glicêmico, relatadas anteriormente, também estiveram presentes nos resultados desta variável.

Considera-se a frutosamina como a forma mais eficaz de verificar o controle glicêmico neste estudo, visto que o período do treinamento foi de seis semanas, no entanto, é importante destacar que a mensuração após as intervenções foi feita na semana subsequente do término dos treinamentos (devido à necessidade de dosagem de outras variáveis sanguíneas) e os resultados podem representar valores médios da concentração da glicemia no período em que os indivíduos ainda

estavam em exercício e que os resultados poderiam ser ainda mais expressivos se a coleta de sangue fosse realizada após duas semanas do final dos treinamentos.

Estudos sugerem que a frutosamina monitora de forma mais eficaz o controle glicêmico comparado a HbA1C, principalmente em indivíduos que fazem hemodiálise e em indivíduos que não controlam adequadamente a glicemia (84). Os voluntários que participaram desta pesquisa não apresentavam complicações renais, mas foi observado que alguns deles não controlavam a glicemia adequadamente, pois por vezes chegavam ao laboratório sem fazer uso do medicamento ou alimentavam-se com comidas hipercalóricas, o que era identificado em conversas com os indivíduos e expresso na glicemia casual (verificada todos os dias das sessões de exercício).

Apesar Yang et al (2012) (84) considerarem a frutosamina como um melhor monitor do controle glicêmico, a quantidade de estudos que utilizam essa molécula como ferramenta para verificar o efeito do treinamento físico é bem inferior ao número de estudos que mensuram a HbA1C. Em pesquisa destes mesmos autores foram encontradas significantes e positivas correlações da frutosamina com a HbA1C e a glicemia de jejum.

Halle et al (1999) (85) verificaram diminuições na concentração de frutosamina após quatro semanas de exercício aeróbio e não encontraram diferenças significativas na HbA1C em indivíduos obesos e diabéticos tipo 2. Estes autores reforçam a afirmação feita anteriormente que a molécula de frutosamina é mais sensível a períodos menores de intervenção. Em outro estudo, foram demonstradas diferenças encontradas diminuições na concentração de frutosamina e no percentual da HbA1C após 12 semanas de treinamento em intensidade moderada, possivelmente, devido ao período da pesquisa ser maior.

Assim como na HbA1C e na glicemia de jejum, observaram-se diminuições individuais da frutosamina no grupo DTR antes e após o treinamento, mesmo que a média do grupo não tenha apresentado diferenças significativas (pré e pós). Três dos cinco indivíduos avaliados reduziram as concentrações nesta mensuração (indivíduo A: 448mmol/L para 189mmol/L, indivíduo C: 284mmol/L para 237mmol/L e indivíduo D: 234mmol/L para 220mmol/L). Talvez, se o número de voluntários neste grupo fosse maior, a frutosamina expressaria diferenças significativas após o treinamento resistido.

Em concordância com os resultados da HbA1C e da glicemia de jejum, a frutosamina também demonstrou que o grupo DTE realizou o protocolo que promoveu maior controle glicêmico comparado aos grupos GDC e DTR. Porém, reforça-se as ressalvas observadas anteriormente em relação ao volume e intensidade de exercício aplicados.

4.5. Cinética da glicose

Para estruturar a cinética da glicose monitorizada continuamente, foram consideradas 288 mensurações da glicose intersticial correspondentes aos valores obtidos a cada cinco minutos durante 24 horas. Estes valores médios dos grupos GDC, DTR e DTE foram divididos em períodos e plotados em gráficos em função do tempo (gráficos 6, 7 e 8 – período entre 18:00 e 23 horas, gráficos 9, 10 e 11 – período entre 23:00 e 7:00 horas, gráficos 12, 13 e 14 – período entre 7:00 e 12 horas e gráficos 15, 16 e 17 – período entre 12:00 e 18:00 horas).

Gráfico 6 - Cinética da glicose no período das 18 às 23 horas (pré e pós treinamento do grupo GDC)

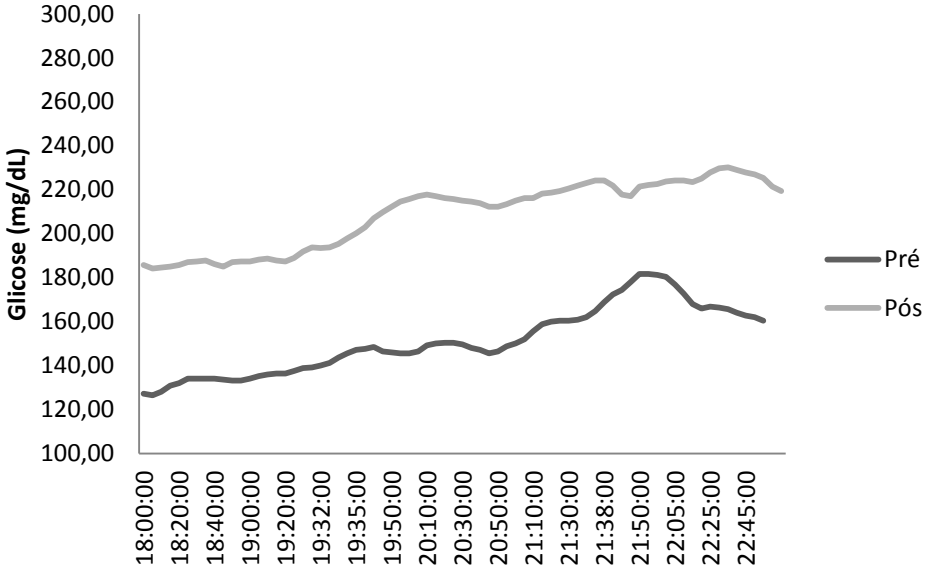


Gráfico 7 - Cinética da glicose no período das 18 às 23 horas (pré e pós treinamento do grupo DTR)

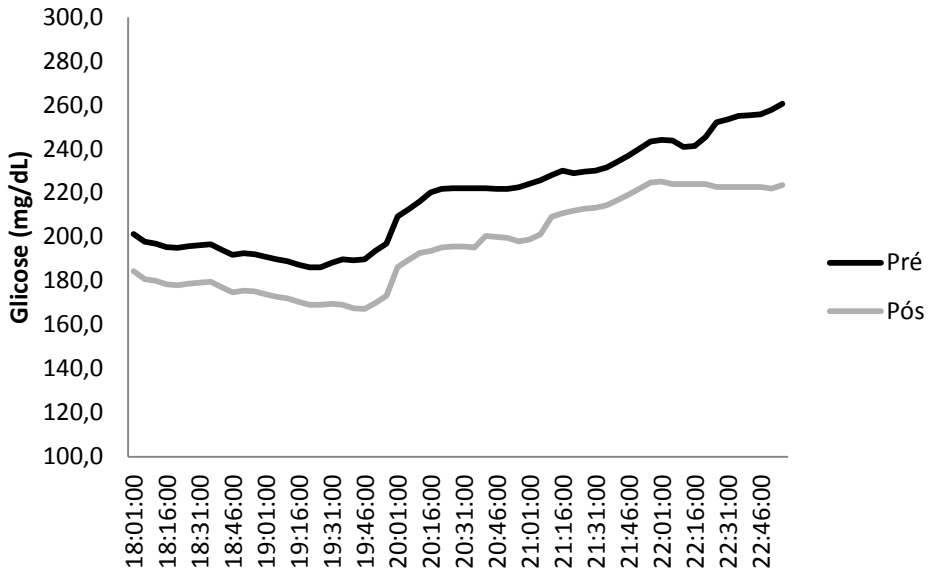


Gráfico 8 - Cinética da glicose no período das 18 às 23 horas (pré e pós treinamento do grupo DTE)

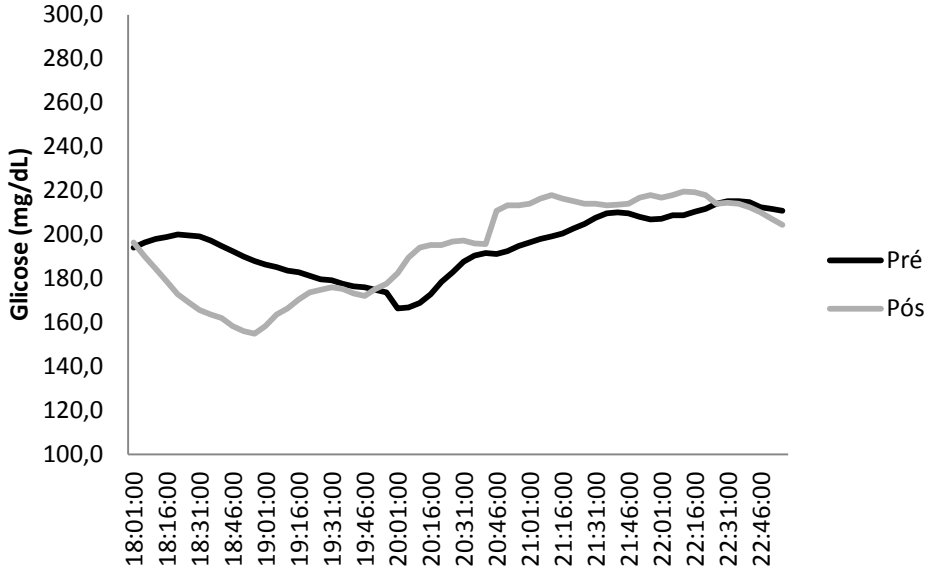


Gráfico 9 - Cinética da glicose no período das 23 às 7 horas (pré e pós treinamento do grupo GDC)

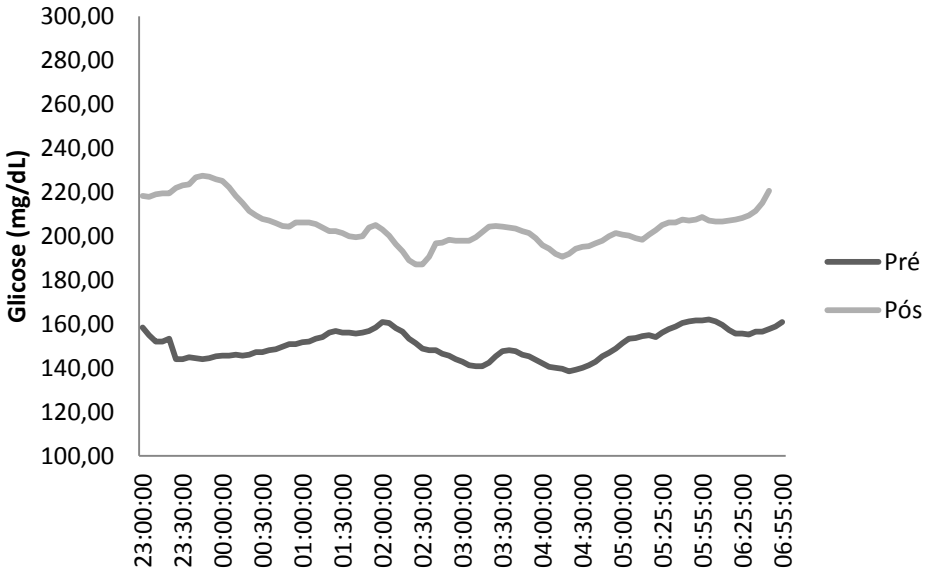


Gráfico 10 - Cinética da glicose no período das 23 às 7 horas (pré e pós treinamento do grupo DTR)

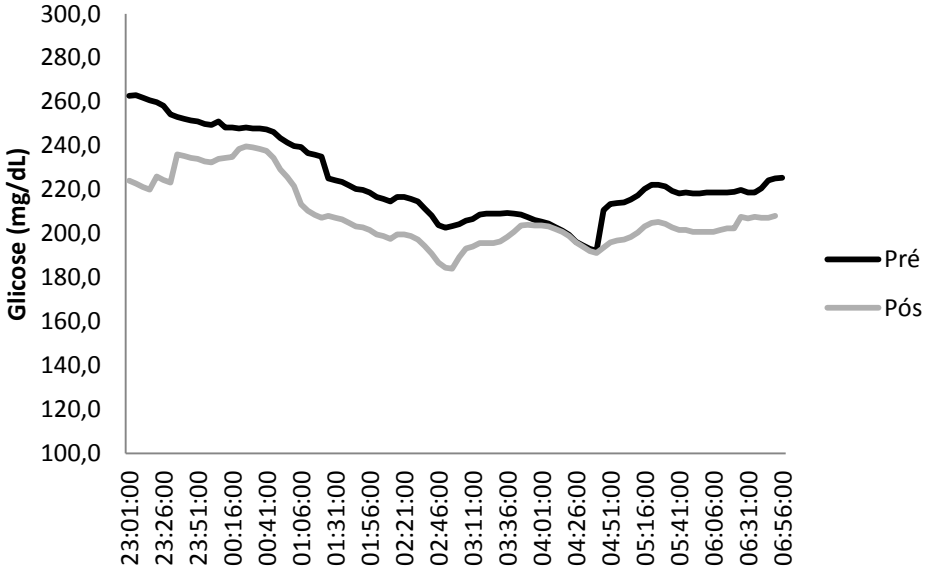


Gráfico 11 - Cinética da glicose no período das 23 às 7 horas (pré e pós treinamento do grupo DTE)

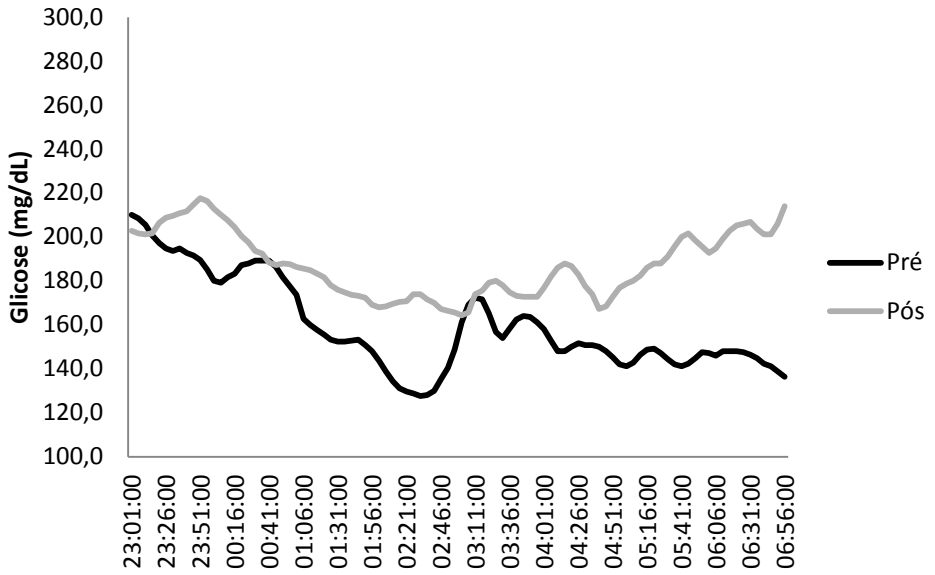


Gráfico 12 - Cinética da glicose no período das 7 às 12 horas (pré e pós treinamento do grupo GDC)

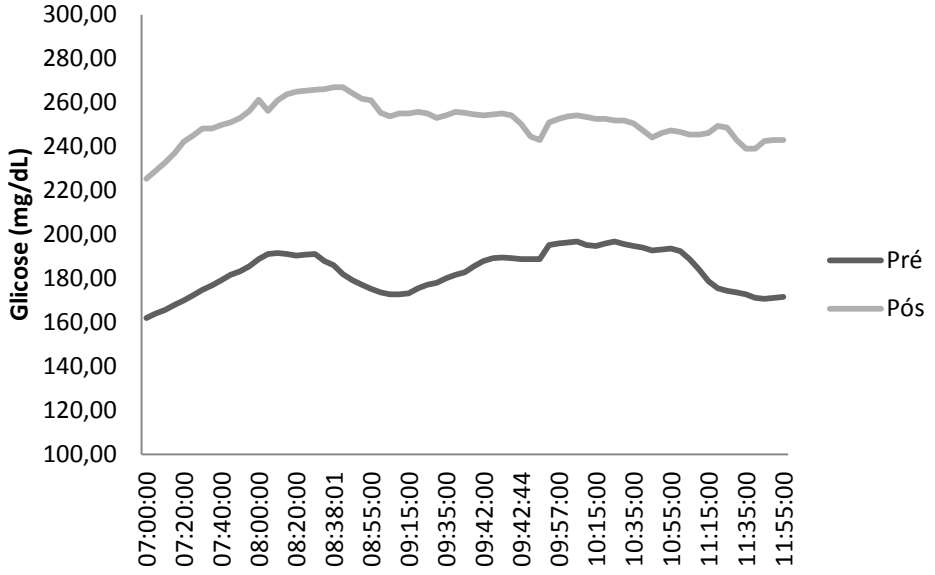


Gráfico 13 - Cinética da glicose no período das 7 às 12 horas (pré e pós treinamento do grupo DTR)

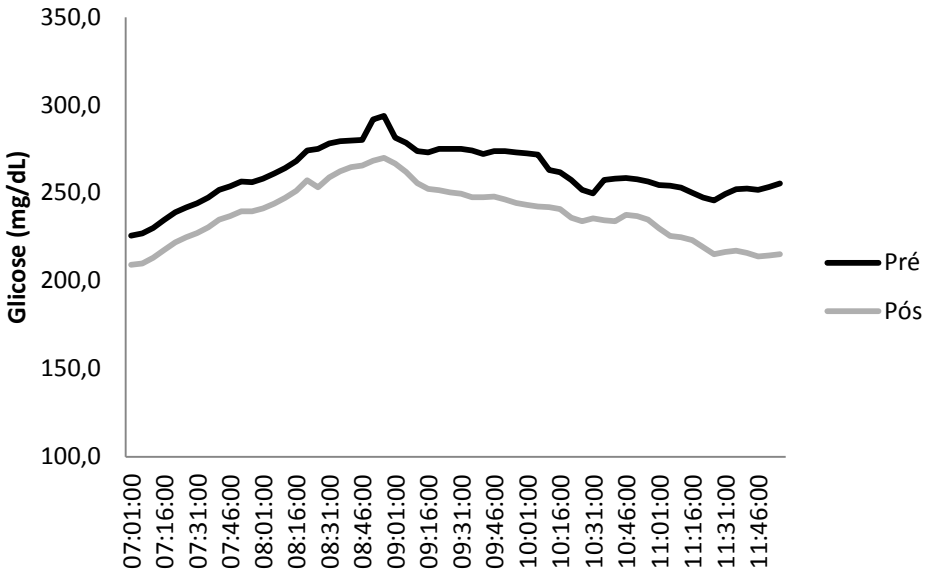


Gráfico 14 - Cinética da glicose no período das 7 às 12 horas (pré e pós treinamento do grupo DTE)

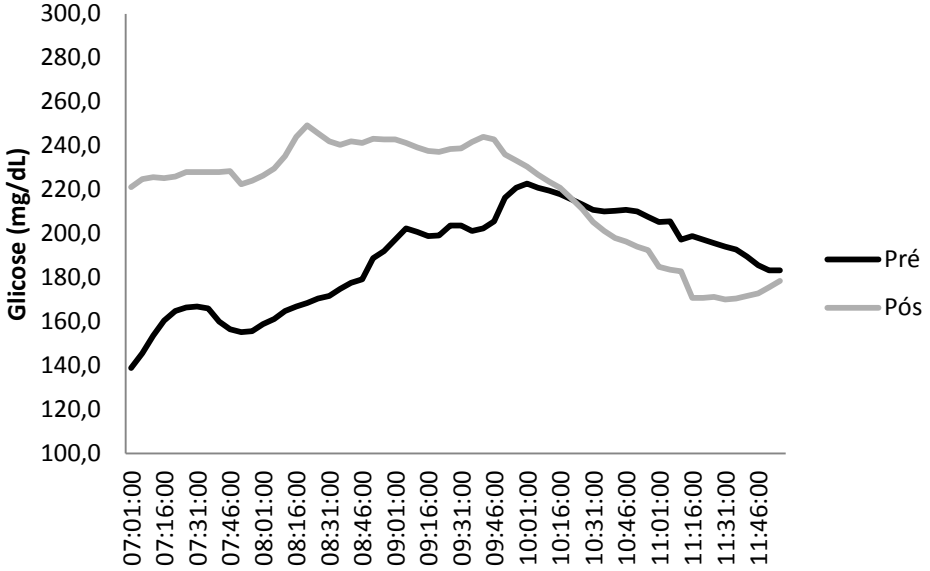


Gráfico 15 - Cinética da glicose no período das 12 às 18 horas (pré e pós treinamento do grupo GDC)

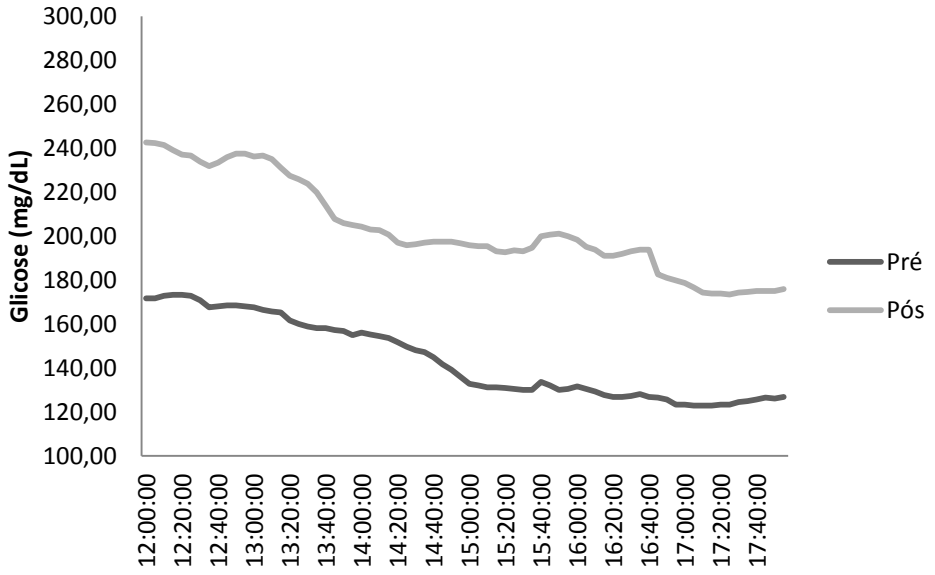


Gráfico 16 - Cinética da glicose no período das 12 às 18 horas (pré e pós treinamento do grupo DTR)

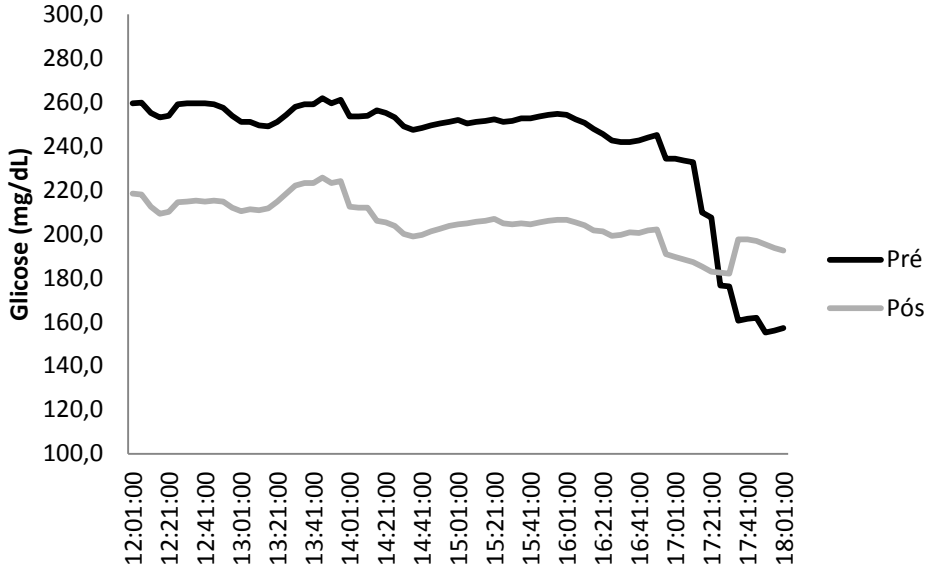
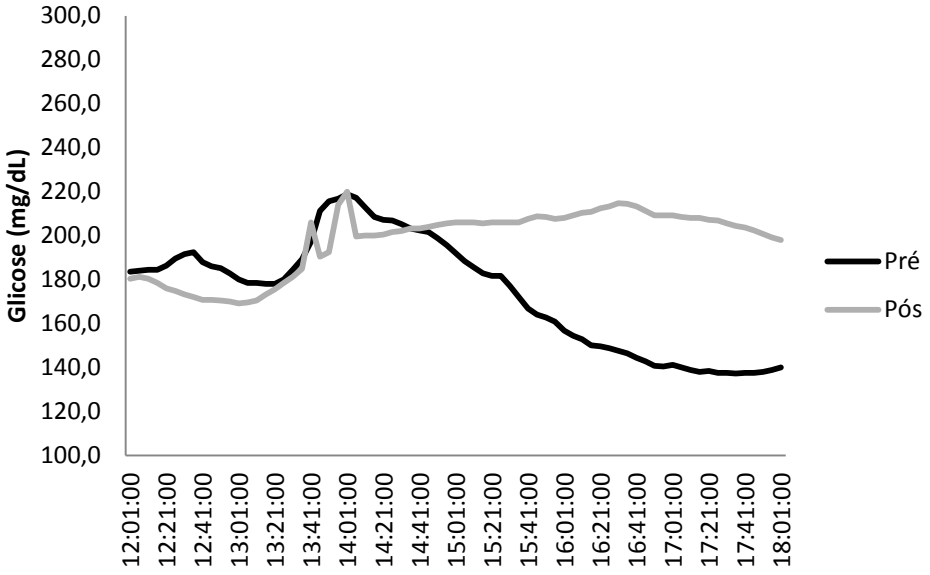


Gráfico 17 - Cinética da glicose no período das 12 às 18 horas (pré e pós treinamento do grupo DTE)



A área sob a curva (ASC) da mensuração de glicose foi calculada e somada nos seguintes períodos: durante 24 horas, entre 18:00 e 23:00 horas, entre 23:00 e 7:00 horas, entre 7:00 e 12:00h e entre 12:00 e 18:00 horas. Ressalta-se que os resultados demonstrados na tabela 7 representam as médias das ASC de cada grupo (GDC, DTR e DTE) nos períodos indicados e que o Δ representa a diferença da ASC entre as avaliações pré e pós treinamentos e situação controle.

A partir dos valores observados na tabela 7, calculou-se as médias da ASC de cada grupo por hora em cada período, ou seja, o valor total do período foi dividido pelo número de horas correspondentes ao mesmo.

Tabela 7 - Valores médios (± DP) da área sob a curva da glicose dos grupos GDC, DTE e DTR

Período	Média e desvio padrão da área sob a curva da glicose (mg/dL)											
	GDC			DTR			DTE					
	Pré	Pós	Δ	Pré	Pós	Δ	Pré	Pós	Δ			
24h	3792.64 ± 735.74	5222.40 ± 1924.95	1429.76	5448.23 ± 1663.17	5077.82 ± 1699.29	-370.41[a]	4217.58 ± 1466.33	4721.10 ± 1252.85	503.52[a]			
18h -23h	762.22 ± 182.34	1051.16 ± 462.70	288.94	1115.14 ± 418.32	1027.80 ± 415.40	-87.34[a]	995.22 ± 397.53	990.04 ± 377.55	-5.18[a]			
23h-7h	1209.50 ± 180.90	1656.12 ± 583.50	446.62	1806.38 ± 517.49	1670.70 ± 500.98	-135.68[a]	1260.44 ± 446.12	1503.80 ± 417.04	243.36[ab]			
7h-12h	896.00 ± 204.48	1233.12 ± 329.92	337.12	1271.30 ± 323.24	1188.30 ± 319.61	-83.00[a]	950.74 ± 347.97	1081.08 ± 256.50	130.34[ab]			
12h-18h	925.96 ± 240.31	1283.68 ± 574.41	357.72	1254.11 ± 471.69	1188.50 ± 528.10	-65.61[a]	1008.32 ± 306.63	1144.70 ± 419.82	136.38[ab]			

*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de $p<0,05$. [a] Diferença significativa do Δ GDC, com valor de $p<0,05$. [b] Diferença significativa do Δ DTR, com valor de $p<0,05$.

Tabela 8 - Valores médios (± DP) da área sob a curva da glicose dos grupos GDC, DTE e DTR

Período	Média e desvio padrão da área sob a curva da glicose por hora (mg/dL/hora)											
	GDC			DTR			DTE					
	Pré	Pós	Δ	Pré	Pós	Δ	Pré	Pós	Δ			
24h	158.03 ± 30.66	217.60 ± 80.21	59.57	227.01 ± 69.30	211.58 ± 70.80	-15.43[a]	175.73 ± 61.10	196.71 ± 52.20	20.98[a]			
18h - 23h	152.44 ± 36.47	210.23 ± 92.54	57.79	223.03 ± 83.66	205.56 ± 100.20	-17.47[a]	199.04 ± 79.51	198.01 ± 75.51	-1.04[a]			
23h - 7h	151.19 ± 22.61	207.02 ± 72.94	55.83	225.80 ± 64.69	208.84 ± 39.95	-16.96[a]	157.56 ± 55.76	187.98 ± 52.13	30.42[ab]			
7h - 12h	179.20 ± 40.90	246.62 ± 65.98	67.42	254.26 ± 64.65	237.66 ± 105.62	-16.60[a]	190.15 ± 69.59	216.22 ± 51.30	26.07[ab]			
12h - 18h	154.33 ± 40.05	213.95 ± 95.74	59.62	209.02 ± 78.62	198.08 ± 88.02	-10.94[a]	168.05 ± 51.10	190.78 ± 69.97	22.73[ab]			

*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de $p<0,05$. [a] Diferença significativa do Δ GDC, com valor de $p<0,05$. [b] Diferença significativa do Δ DTR, com valor de $p<0,05$.

Analisando as tabelas 7 e 8, não foram observadas diferenças significativas da ASC da glicose antes e após os treinamentos dos grupos DTE e DTR, bem como na situação controle. Porém, foram verificadas diferenças significativas entre os Δs da ASC do grupo DTR e do grupo DTE comparados ao grupo GDC em todos os períodos avaliados e entre os Δs do grupo DTR e DTE nos períodos entre 23:00 e 7:00 horas, 7:00 e 12:00 horas e 12:00 e 18:00 horas, tanto nos valores absolutos (tabela 7) como nos valores relativos à uma hora (tabela 8).

Apesar do grupo GDC não apresentar diferenças significativas antes e após o treinamento na AUC da glicose, observa-se a tendência no aumento desta variável após a situação controle, ou seja, após seis semanas sem atividade física a cinética da glicose apresentou-se maior.

Qualitativamente, nota-se que apesar do grupo DTR ter apresentado maiores reduções da ASC da glicose comparado ao grupo DTE, os valores desta variável antes e após o treinamento apresentam-se maiores no grupo DTR, ou seja, o resultado demonstra que mesmo com as maiores reduções da ASC as concentrações de glicose deste grupo foi maior que a do grupo DTE, tanto no momento pré como no momento pós treinamento, em todos os períodos analisados.

Sendo assim, não se pode afirmar que o treinamento resistido foi melhor para o controle glicêmico dos indivíduos avaliados, porque além dos valores das concentrações da glicose monitorizada continuamente após o treinamento terem permanecido altos, as outras variáveis analisadas (discutidas anteriormente) que também são parâmetros para o controle da doença, como a frutosamina, não demonstraram reduções significativas no grupo DTR.

Além disso, este resultado pode estar associado ao fato de que não houve a intervenção na alimentação destes indivíduos e, como relatado anteriormente, a maior demanda energética associada ao exercício físico, principalmente no grupo DTE, pode ter influenciado no aumento da ingestão calórica. Ainda sobre este aspecto, a alteração na alimentação de um único indivíduo pode influenciar no resultado da cinética, visto que, diferente da HbA1C e da frutosamina que refletem a glicemia de períodos mais longos, o MCG reflete a glicemia do período em que é utilizado. Ressalta-se que outros fatores também podem ter influenciado nas flutuações da glicose durante o período de avaliações, como o fator emocional e a quantidade de horas que os indivíduos dormiram.

Diversos estudos investigaram os efeitos do uso do MCG no controle do DM, seja para a conscientização dos diabéticos em relação às variações da glicose, para o controle de medicamentos e alimentação, bem como para o incentivo à prática de atividade física. Poucos estudos utilizaram o MCG como forma de avaliar os efeitos do treinamento físico no controle glicêmico, como realizado na presente pesquisa.

De acordo com Gilliam et al (2009) (22) o uso do MCG promove a redução da HbA1C em indivíduos diabéticos quando a utilização do equipamento é realizada de forma permanente, no dia-a-dia. Contrário a estes autores, Chetty et al (2008) (86) realizaram uma revisão sistemática sobre os efeitos do uso do MCG na HbA1C e não encontraram reduções significativas após o uso do equipamento. Estes autores concluíram que ainda faltam evidências científicas sobre os benefícios no controle do DM com o uso do MCG. Ridell et al (2009) (25) afirmam que o uso do MCG reduz os eventos hipo e hiperglicemiantes e que deve ser utilizado em indivíduos que praticam exercícios físicos como uma estratégia para ajustes na dosagem de medicamentos e ingestão de carboidratos. Estes estudos citados, não aplicaram um treinamento físico como realizado nesta pesquisa, somente investigaram os efeitos da utilização do equipamento.

Já Cauza et al (2005) (61), compararam a cinética da glicose monitorizada continuamente após quatro meses de treinamento resistido (10 a 15 repetições máximas para diferentes grupos musculares) e treinamento de *endurance* (60% do $VO_{2máx}$) e encontraram reduções significativas no grupo que participou do treinamento de força, enquanto que o grupo que realizou o treinamento de *endurance* não demonstrou diferenças significativas na cinética da glicose após a intervenção. Apesar de este estudo ter comparado tipos de exercícios semelhantes aos aplicados na presente pesquisa, o intensidade do esforço foi diferente entre os protocolos empregados, ou seja, o treinamento resistido foi de alta intensidade e o treinamento de endurance foi de intensidade moderada. Esta diferença na intensidade pode ter sido determinante na redução significativa das concentrações da glicose após o treinamento resistido.

Bacchi et al (2012) (87), compararam a cinética da glicose agudamente em dois protocolos de exercícios e situação controle. Neste estudo, os indivíduos foram monitorizados por 48 horas e as primeiras 24 horas foram consideradas como controle. Nas 24 horas subsequentes os voluntários realizaram uma sessão de exercício físico. Um grupo realizou 40 minutos de exercícios dinâmicos (esteira,

cicloergômetro e elíptico) a 50% da FC de reserva, enquanto que o outro grupo participou de uma sessão de nove diferentes exercícios resistidos a 40% de 1RM. Estes autores encontraram reduções significativas na ASC da glicose do grupo de treinamento aeróbio e não identificaram diferenças na ASC da glicose do grupo do treinamento resistido em relação à situação controle. Os autores associaram este resultado ao recrutamento muscular envolvido nos diferentes tipos de exercício e afirmaram que este mecanismo pode não estar envolvido com as adaptações crônicas ao treinamento.

Também em sessão aguda de exercício, Figueira et al (2013) (65) compararam a ASC da glicose das 24 horas após exercício aeróbio (40 minutos no cicloergômetro a 70% da FCmáx) e das 24 horas após exercício combinado (20 minutos no cicloergômetro a 70% da FCmáx + três séries de quatro exercícios resistidos a 65% de 1RM) e não encontraram diferenças significativas entre as sessões de exercício.

A partir destas evidências, esclarece-se que a diversidade de protocolos de exercício associados ao uso do MCG e a carência de estudos com a aplicação de protocolos crônicos que investigam o controle glicêmico por meio do MCG em indivíduos diabéticos tipo 2, dificultam e limitam as discussões sobre os resultados encontrados. Além disso, a influência direta da alimentação e do estado emocional do indivíduo durante as avaliações com o MCG podem refletir alterações que não são inerentes ao efeito do exercício físico.

Ressalta-se que a principal função do MCG, inicialmente, é a mensuração de glicose para administrar a insulina em indivíduos diabéticos tipo 1 em conjunto com a bomba de insulina e, parece que a utilização do equipamento para fins de avaliação do controle glicêmico em diabéticos tipo 2 não é tão eficaz como a função inicial do MCG, principalmente em situações crônicas como na presente pesquisa, onde as avaliações para a comparação da cinética da glicose encontram-se em momentos (dias) diferentes em que o indivíduo pode apresentar uma rotina diária diferente.

Assim, sugere-se que o MCG não foi sensível às alterações no controle glicêmico após o treinamento do grupo DTE, do grupo DTR e na situação controle na presente pesquisa e que o uso deste equipamento seria mais interessante para auxiliar em outras intervenções, como alimentação e tratamento medicamentoso, e para identificar previamente eventos hipo e hiperglicemiantes do que para comparar

protocolos de exercício e verificar um possível benefício da atividade física para indivíduos diabéticos tipo 2. Mas, mesmo com as dificuldades encontradas na rotina diária, o MCG foi sensível em demonstrar diferenças entre os grupos treinados e o grupo não treinado.

4.6. Colesterol total e triglicérides

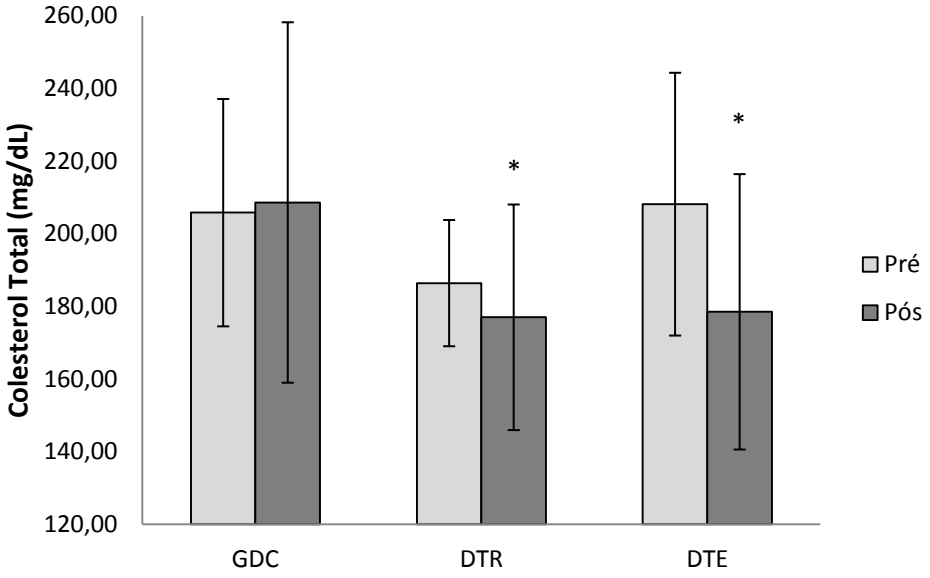
Os grupos DTR e DTE demonstraram diferença significativa dos valores médios das concentrações de colesterol total entre os momentos iniciais e finais do treinamento físico, porém a magnitude da diminuição desta variável foi maior no grupo DTE (Δ), comparado ao grupo DTR. Na tabela 9 e no gráfico 18, observam-se os valores da concentração de colesterol total dos grupos e estas diferenças.

Tabela 7 - Valores médios (± DP) iniciais e finais da concentração de colesterol total e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE

Colesterol Total (mg/dL)			
Grupo	**Pré**	**Pós**	**Δ**
GDC	205,80 ± 31,30	208,60 ± 49,62	2,80 ± 20,80
DTR	186,40 ± 17,38	177,00 ± 31,05*	-9,40 ± 21,29
DTE	208,14 ± 36,17	178,50 ± 37,91*	-29,64 ± 24,49 [a b]

*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de p<0,05. [a] Diferença significativa do Δ GDC, com valor de p<0,05. [b] Diferença significativa do Δ DTR, com valor de p<0,05.

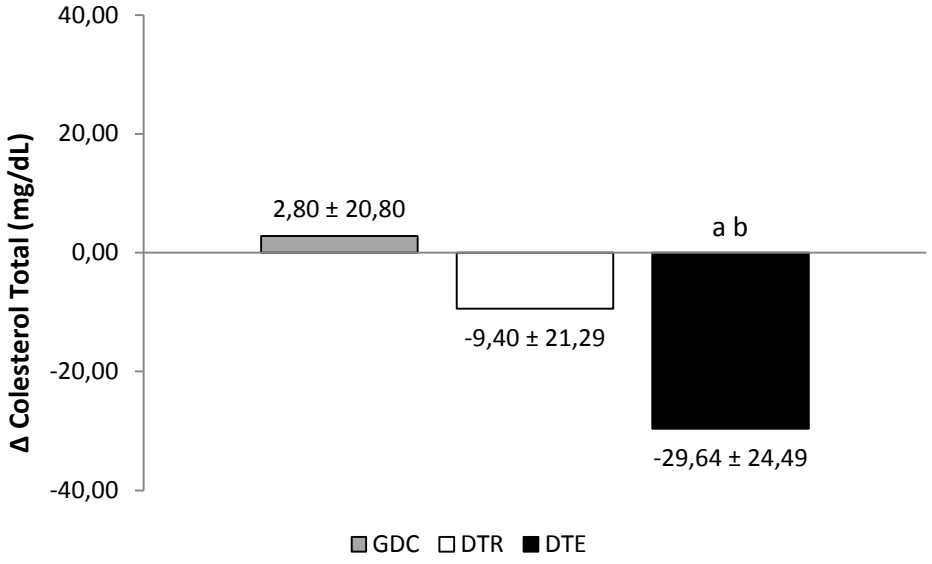
Gráfico 18 - Colesterol total inicial e final dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de p<0,05.

Apesar de ambos os grupos de treinamento (DTE e DTR) expressarem diminuições significativas, os Δs de colesterol total dos grupos DTR e DTE foram diferentes estatisticamente, ou seja, no grupo DTE houve uma diminuição significativamente maior do colesterol do que no grupo DTR. Além disso, não houve diferença significativa entre o Δ do DTR e o Δ do GDC (gráfico 19).

Gráfico 19 - Δ colesterol total dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



[a] Diferença significativa do Δ GDC, com valor de p<0,05. [b] Diferença significativa do Δ DTR, com valor de p<0,05.

Observam-se na tabela 10 os valores médios ± DP de triglicérides nos momentos iniciais e finais das intervenções nos três grupos e as variações (Δ) em cada grupo. Houve diminuição significativa desta variável no grupo DTR, porém não houve diferença da diminuição entre os grupos.

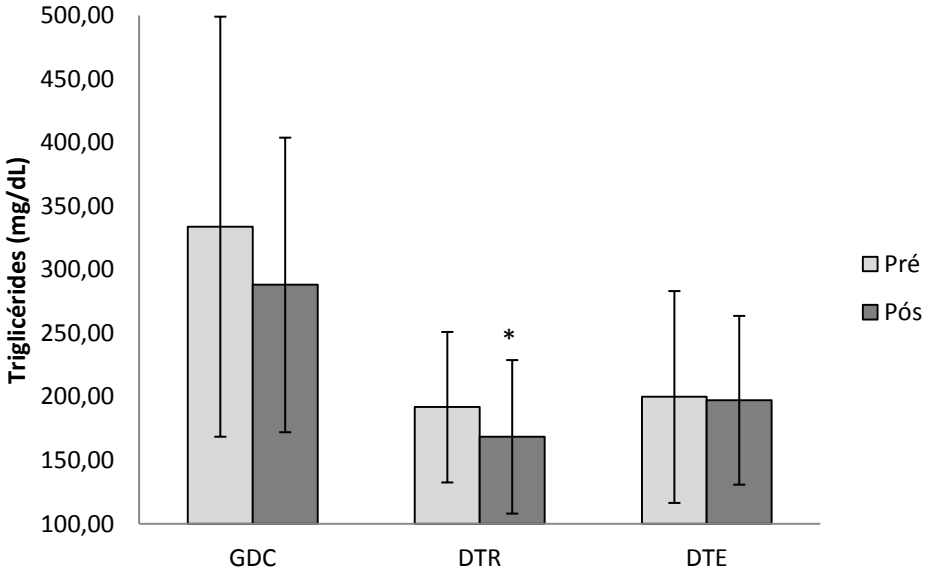
Tabela 8 - Valores médios (± DP) iniciais e finais da concentração de triglicérides e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE

Triglicérides (mg/dL)			
Grupo	**Pré**	**Pós**	**Δ**
GDC	333,80 ± 165,21	288,00 ± 115,86	-45,80 ± 124,33
DTR	191,80 ± 59,20	168,50 ± 60,38 *	-23,30 ± 8,61
DTE	199,85 ± 83,33	197,25 ± 66,38	-2,60 ± 57,07

*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de p<0,05.

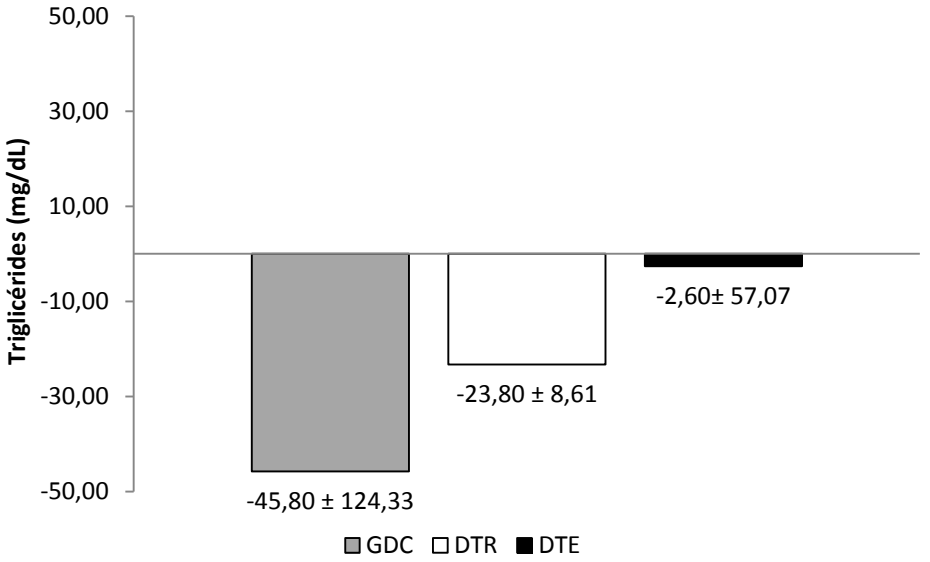
O gráfico 20 representa os valores médios ± DP da concentração de triglicérides pré e pós intervenção e o gráfico 21 representa os valores médios ± DP dos Δs dos grupos GDC, DTR e DTE.

Gráfico 20 - Triglicérides inicial e final dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de p<0,05.

Gráfico 21 - Δ triglicérides dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



O controle do perfil lipídico é complementar ao controle glicêmico no indivíduo diabético tipo 2 para prevenir as complicações relacionadas à doença. Geralmente, diabéticos tipo 2 apresentam dislipidemia, ocasionada pelo desequilíbrio no metabolismo energético (52).

Neste estudo, o grupo GDC classificou-se com um nível limítrofe dos valores de referência de colesterol no início e ao final da pesquisa (GDC: 205,80 ± 31,30 mg/dL *vs* 208,60 ± 49,62 mg/dL) e não foi encontrada diferença significativa entre estas concentrações. O grupo DTR classificou-se em um nível de colesterol dentro da normalidade antes e após o treinamento e houve diminuição significativa da concentração ao final da intervenção (DTR: 186,40 ± 17,38 mg/dL *vs* 177,00 ± 31,05mg/dL). Já o grupo DTE apresentou nível de colesterol limítrofe antes do treinamento físico e nível dentro da normalidade ao final do estudo, com diminuição significativa entre as concentrações pré e pós (DTE: 208,14 ± 36,17mg/dL *vs* 178,50 ± 37,91mg/dL). Ao comparar os Δs das concentrações de colesterol entre os grupos, o grupo DTE demonstrou reduções significativas em relação aos grupos GDC e DTR (ΔGDC: 2,80 ± 20,80 mg/dL; ΔDTR: -9,40 ± 21,29 mg/dL; ΔDTE: -29,64 ± 24,49 mg/dL), ou seja, o grupo DTE mostrou-se mais eficaz para a diminuição das concentrações de colesterol.

Em relação às concentrações de triglicerídeos, o grupo GDC apresentou altas concentrações antes e após o estudo, sem diferenças significativas entre estas concentrações (GDC: 333,80 ± 165,21mg/dL vs 288,00 ± 115,86mg/dL). Os grupos DTR e DTE apresentaram concentrações limítrofes de triglicerídeo pré e pós treinamento e foi observada diferença significativa destas concentrações apenas no grupo DTR (DTR: 191,80 ± 59,20mg/dL vs 168,50 ± 60,38mg/dL* e DTE: 199,85 ± 83,33mg/dL vs 197,25 ± 66,38mg/dL). Os Δs das concentrações pré e pós entre os grupos não demonstraram diferenças significativas (ΔGDC: -45,80 ± 124,33mg/dL; ΔDTR: -23,30 ± 8,62mg/dL; ΔDTE: -2,60 ± 57,07mg/dL).

Apesar dos grupos não apresentarem concentrações altas de colesterol e triglicerídeo, pois foram classificados com concentrações normais ou limítrofes, pode-se associar a diminuição significativa observada nos grupos DTR (diminuição nas concentrações de colesterol e triglicerídeo) e DTE (redução na concentração de colesterol) à diminuição dos riscos de desenvolvimento de doenças cardiovasculares e à prevenção destas complicações. De acordo com Ciolac e Guimarães (2004)

(88), o exercício físico é uma medida eficaz e não farmacológica no combate à dislipidemia, pois com a prática de atividades aeróbias ocorre a ampliação da utilização dos ácidos graxos pelo tecido muscular e a maior ação da enzima lipase lipoproteica.

É importante ressaltar que, apesar do grupo DTR ter reduzido os níveis de colesterol e triglicerídeo, o grupo DTE alterou a classificação nos valores de referência de concentração de colesterol e adequou-se de valores limítrofes para níveis normais de colesterol, o que, em visão clínica, é um resultado mais expressivo em relação à prevenção de aparecimento de doenças cardiovasculares.

Contrário aos resultados encontrados nesta pesquisa, em que o treinamento em esteira foi efetivo para a diminuição do colesterol e o treinamento resistido demonstrou reduções significativas nas concentrações de colesterol e triglicerídeo, o ACSM (2010) (52) sugere que o treinamento físico aeróbio promove pequena redução da concentração de colesterol (aproximadamente 5%) e não promove alterações na concentração de triglicerídeo quando não está associado à perda de peso. Na presente pesquisa, não houve redução da massa corporal durante a intervenção nos três grupos investigados, porém foi possível observar melhoras no perfil lipídico, principalmente no grupo DTE que alterou a categoria de classificação da concentração de colesterol de limítrofe para valores dentro da normalidade e reduziu 14,24% da concentração antes e após o treinamento. Adicionalmente, o grupo DTR reduziu 5,04% da concentração de colesterol e 12,14% da concentração de triglicerídeo.

No estudo de Karstoft et al (2013) (55), em que foi comparado um treinamento com caminhada contínua em intensidade moderada com caminhada intervalada (intensidade moderada e intensa) durante quatro meses com indivíduos diabéticos, não foi observada diferença significativa em ambos os grupos nas concentrações de colesterol total e triglicerídeo, antes e após o treinamento, mesmo com a significativa redução de massa corporal no grupo que treinou de maneira intervalada. Dustan et al (2002) (76) também não encontraram diferenças significativas no perfil lipídico de indivíduos diabéticos tipo 2 após seis meses de treinamento resistido e alongamento. Já Halle et al (1999) (85) associaram dieta alimentar ao programa de treinamento físico aeróbio e observaram redução significativa nas concentrações de colesterol após quatro semanas.

De acordo com estes estudos citados acima, sugere-se que a resposta do perfil lipídico em relação ao exercício físico ocorre de maneira variada e pode ser dependente do protocolo de exercício e da associação com a intervenção alimentar. Apesar do consenso do ACSM (2010) (52) afirmar que o exercício aeróbio isolado promove pouca ou nenhuma alteração nas concentrações de colesterol e triglicerídeo, foi possível identificar melhoras destas variáveis nesta pesquisa.

4.7. Ergoespirometria

- Intensidade no LAn e intensidade máxima

A intensidade do LAn no teste ergosespirométrico aumentou significativamente no grupo DTE após o treinamento físico, porém não houve diferença significativa nesta variável nos grupos GDC e DTR. O Δ do grupo DTE também demonstrou-se diferente estatisticamente dos outros grupos. Já a intensidade máxima no teste não se alterou em todos os grupos, como observado na tabela 11.

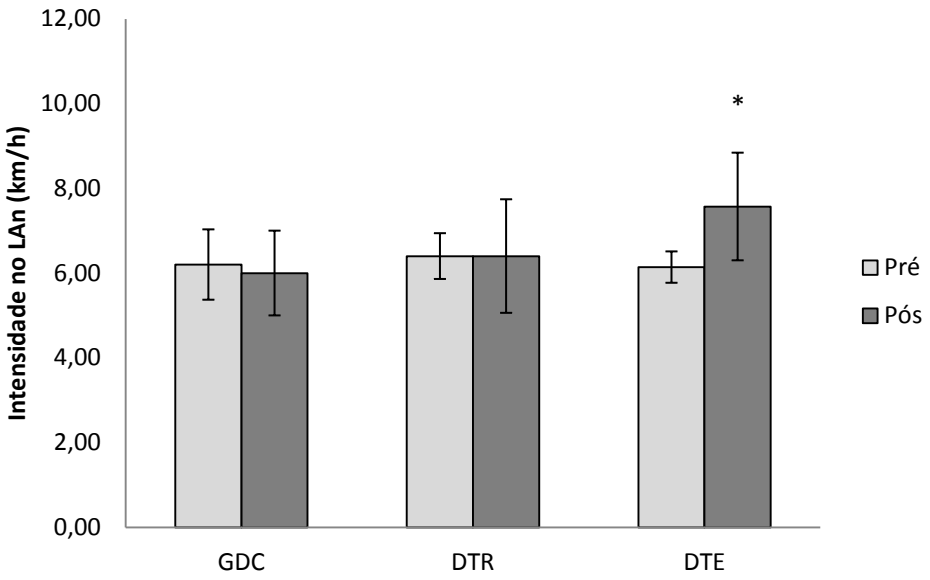
Tabela 9 - Valores médios (± DP) iniciais e finais da intensidades no LAn e máximas e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE

Intensidade no Lan (km/h)			
Grupo	**Pré**	**Pós**	**Δ**
GDC	6,20 ± 0,83	6,00 ± 1,00	-0,20 ± 0,44
DTR	6,40 ± 0,54	6,40 ± 1,34	0,00 ± 1,00
DTE	6,14 ± 0,37	7,57 ± 1,27 *	1,43 ± 0,97 [a b]
Intensidade Máxima (km/h)			
GDC	9,20 ± 0,83	8,60 ± 1,34	-0,60 ± 0,89
DTR	8,60 ± 1,34	8,40 ± 1,51	-0,20 ± 0,44
DTE	8,14 ± 0,69	8,71 ± 1,11	0,57 ± 0,97

*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de $p<0,05$. [a] Diferença significativa do Δ GDC, com valor de $p<0,05$. [b] Diferença significativa do Δ DTR, com valor de $p<0,05$.

O gráfico 22 demonstra os valores médios da intensidade do LAn nas ergosespirometrias nos momentos iniciais e finais da pesquisa, enfatizando o aumento significativo desta variável no grupo DTE.

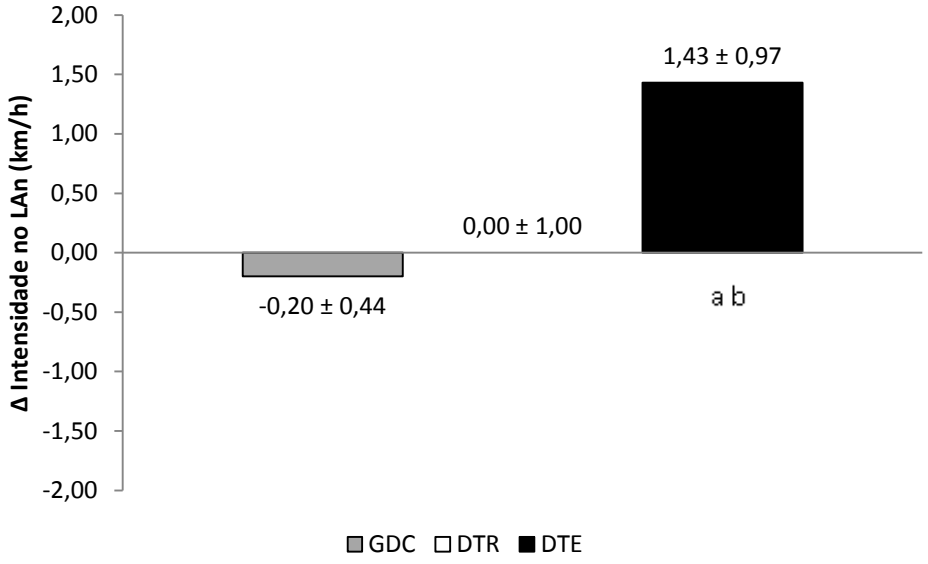
Gráfico 22 - Intensidade no LAn inicial e final dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de p<0,05.

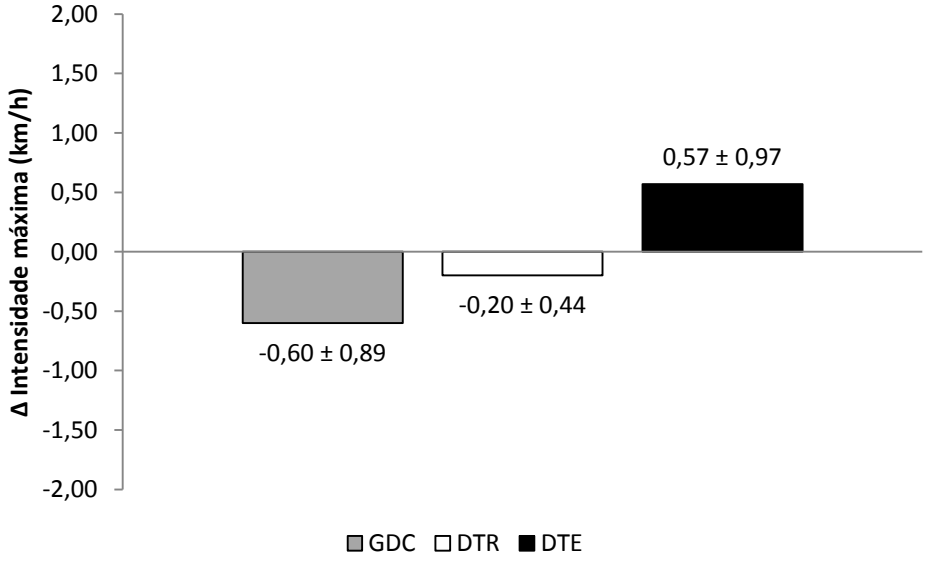
Os Δs da intensidade do LAn e os Δs da intensidade máxima do teste ergoespirométrico estão demonstrados nos gráficos 23 e 24, respectivamente. Visualiza-se o aumento significativo da intensidade do LAn no grupo DTE em relação aos outros grupos no gráfico 23.

Gráfico 23 - Δ intensidade no LAn dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



[a] Diferença significativa do Δ GDC, com valor de p<0,05. [b] Diferença significativa do Δ DTR, com valor de p<0,05.

Gráfico 24 - Δ intensidade máxima dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



- VO_2 no LAn e $VO_{2máx}$

Da mesma maneira que a intensidade do LAn aumentou no grupo DTE, o VO2 nesta intensidade também aumentou significativamente após o treinamento e este aumento demonstrou-se maior estatisticamente do que os grupos GDC e DTR. Não foram observados aumentos significativos no VO2máx nos grupos GDC, DTR e DTE. Estes resultados estão expostos na tabela 12.

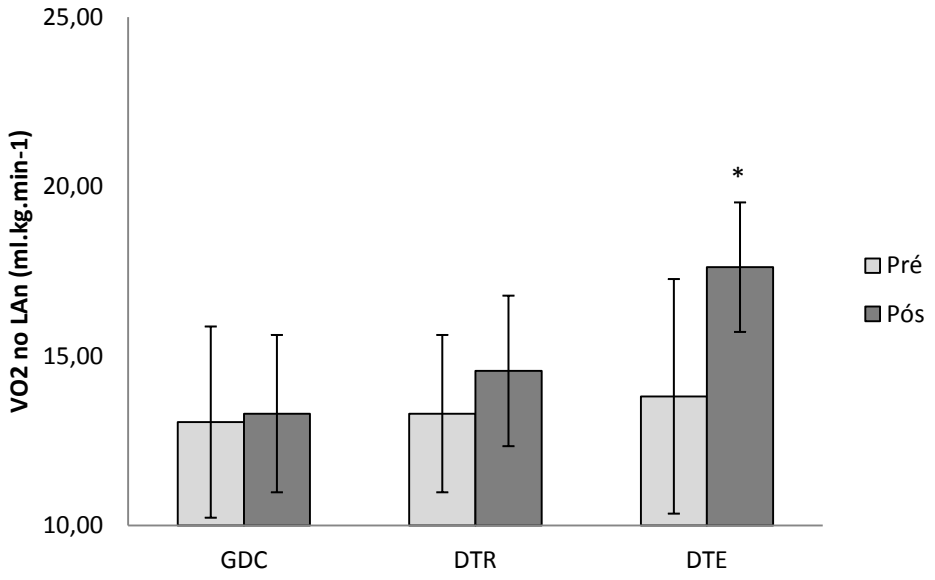
Tabela 10 - Valores médios (± DP) iniciais e finais do VO2 no LAn e VO2máx e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE

VO_2 no LAn ($ml.kg.min^{-1}$)			
Grupo	**Pré**	**Pós**	**Δ**
GDC	13,05 ± 2,82	13,30 ± 2,32	0,25 ± 1,08
DTR	13,30 ± 2,32	14,56 ± 2,22	1,26 ± 0,54
DTE	13,81 ± 3,46	17,62 ± 1,91 *	3,82 ± 3,34 [a]
$VO_{2máx}$ ($ml.kg.min^{-1}$)			
GDC	28,80 ± 8,26	24,54 ± 7,51	-4,26 ± 6,47
DTR	23,04 ± 5,57	29,67 ± 9,13	6,63 ± 7,28
DTE	22,82 ± 5,88	27,80 ± 5,15	4,98 ± 5,76

*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de $p<0,05$.
[a] Diferença significativa do Δ GDC, com valor de $p<0,05$.

Observam-se no gráfico 25 os valores médios ± DP do VO_2 no LAn pré e pós intervenção e situação controle.

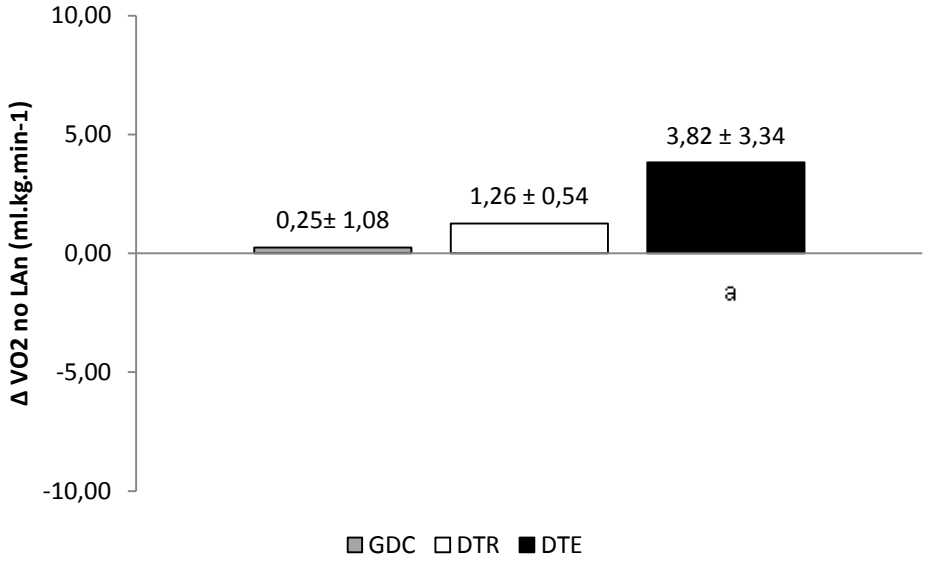
Gráfico 25 - VO2 no LAn inicial e final dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de p<0,05.

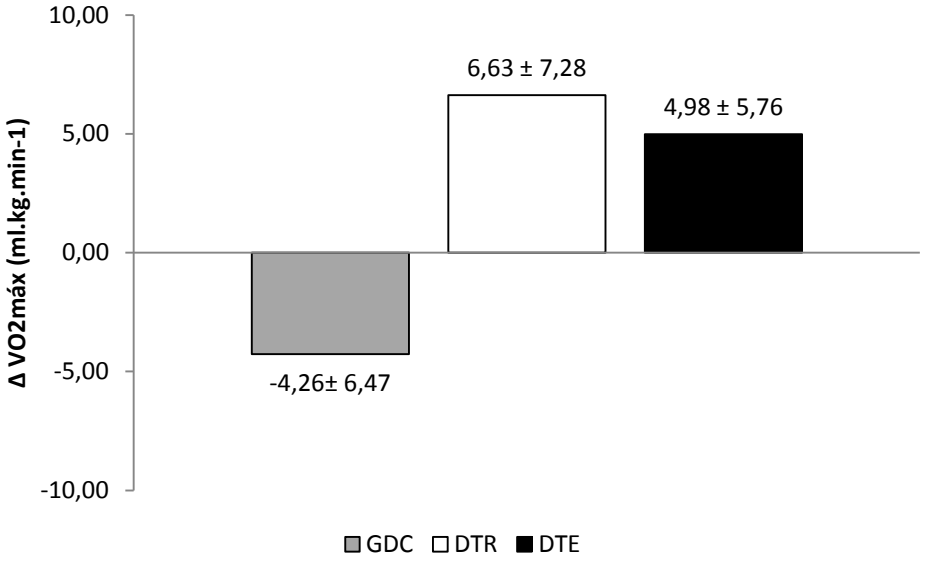
Os gráficos 26 e 27 demonstram os Δs do VO2 no LAn e os Δs do VO2máx dos grupos GDC, DTR e DTE, respectivamente. Observa-se no gráfico 14 um aumento significativo no VO2 no LAn em relação aos demais grupos.

Gráfico 26 - Δ VO2 no Lan dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



[a] Diferença significativa do Δ GDC, com valor de p<0,05.

Gráfico 27 - Δ VO2máx dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



A intensidade do LAn não apresentou diferenças significativas nos grupos GCD e DTR do início ao final da pesquisa (GDC: 6,20 ± 0,83 km/h *vs* 6,00 ± 1,00 km/h e DTR: 6,40 ± 0,54 km/h *vs* 6,40 ± 1,34 km/h), enquanto que o grupo DTE demonstrou aumento significativo nesta intensidade relativa ao LAn (DTE: 6,14 ± 0,37 km/h *vs* 7,57 ± 1,27 km/h) após o treinamento em relação à situação basal, ou seja, os indivíduos que realizaram o treinamento em esteira obtiveram adaptações fisiológicas que promoveram a melhora na capacidade física aeróbia. Ao comparar os Δs entre os grupos, o Δ do grupo DTE apresentou-se significativamente maior que os Δs dos grupos GDC e DTR (ΔGDC: -0,20 ± 0,44 km/h; ΔDTR: 0,00 ± 1,00 km/h e ΔDTE: 1,43 ± 0,97 km/h).

A intensidade máxima da ergoespirometria não demonstrou alterações significativas nos três grupos investigados (GDC: 9,20 ± 0,83 km/h *vs* 8,60 ± 1,34 km/h; DTR: 8,60 ± 1,34 km/h *vs* 8,40 ± 1,51 km/h **e** DTE: 8,14 ± 0,69 km/h *vs* 8,71 ± 1,11 km/h). Os Δs entre os grupos também não foram estatisticamente diferentes (ΔGDC: -0,60 ± 0,89 km/h; ΔDTR: -0,20 ± 0,44 km/h e ΔDTE: 0,57 ± 0,97 km/h).

O VO_2 no LAn, assim como a intensidade relativa ao LAn na ergospirometria, apresentou aumento significativo apenas no grupo DTE após o treinamento (GDC: 13,05 ± 2,82 ml.kg.min^{-1} *vs* 13,30 ± 2,32 ml.kg.min^{-1}; DTR: 13,30 ± 2,32 ml.kg.min^{-1}

vs 14,56 ± 2,22 ml.kg.min^{-1} e DTE: 13,81 ± 3,46 ml.kg.min^{-1} *vs* 17,62 ± 1,91 ml.kg.min^{-1*}) e o Δ deste grupo mostrou-se significativamente maior que o Δ do grupo GDC (ΔGDC: 0,25 ± 1,08 ml.kg.min^{-1}; ΔDTR: 1,26 ± 0,54 ml.kg.min^{-1} e ΔDTE: 3,82 ± 3,34 ml.kg.min^{-1b}).

Já o $VO_{2máx}$ não demonstrou diferenças significativas do início ao final da pesquisa nos três grupos investigados (GDC: 28,80 ± 8,26 ml.kg.min^{-1} *vs* 24,54 ± 7,51 ml.kg.min^{-1}; DTR: 23,04 ± 5,57 ml.kg.min^{-1} *vs* 29,67 ± 9,13 ml.kg.min^{-1} e DTE: 22,82 ± 5,88 ml.kg.min^{-1} *vs* 27,80 ± 5,15 ml.kg.min^{-1}) e os Δs entre os grupos também não apresentaram diferenças estatísticas (ΔGDC: -4,26 ± 6,47 ml.kg.min^{-1}; ΔDTR: 6,63 ± 7,28 ml.kg.min^{-1} e ΔDTE: 4,98 ± 5,76 ml.kg.min^{-1}).

De acordo com o $VO_{2máx}$, o grupo GDC classificou-se como aptidão física fraca no início da pesquisa e como aptidão física muito fraca ao final do estudo, mostrando que o grupo regrediu na tabela de classificação do nível de aptidão física. O grupo DTR apresentou aptidão física muito fraca antes do treinamento e aptidão física fraca após o treinamento, ou seja, melhorou na classificação de aptidão física. Assim como o grupo DTE, que também aumentou a sua classificação de muito fraca para fraca aptidão física.

Alguns estudos (89) (90) (91) (92) relatam que, geralmente, indivíduos diabéticos tipo 2 possuem um $VO_{2máx}$ menor do que indivíduos saudáveis, devido não só aos fatores fisiológicos envolvidos na resistência à insulina, mas também porque, normalmente, apresentam sobrepeso ou obesidade e são sedentários.

A especificidade do treinamento é uma das justificativas para a melhora da intensidade e do VO2 relativos ao LAn no grupo DTE, pois o grupo que treinou em esteira realizou os mesmos gestos motores que os executados durante a avaliação ergoespirométrica. Além disso, a quantidade de grupamento muscular envolvida na tarefa executada por este grupo e o caráter contínuo do exercício parecem ser determinantes para melhorar a capacidade cardiorrespiratória dos indivíduos. Ressalta-se, ainda, que o grupo DTE apresentou um maior aumento da FC durante as sessões de treinamento, comparado ao grupo DTR (será discutido posteriormente), o que demonstra uma maior sobrecarga cardíaca neste grupo.

Não foram encontrados estudos que comparassem estas variáveis (intensidade e VO_2 relativos ao LAn) antes e após o treinamento físico em indivíduos diabéticos. Isto porque, geralmente, as pesquisas investigam o $VO_{2máx}$ não só para

verificar a aptidão física, mas também para a prescrição do exercício. Alguns estudos (61) determinam a intensidade do treinamento a partir de percentuais do $VO_{2máx}$, o que pode submeter indivíduos ao treinamento de diferentes potências bioenergéticas, visto que uma intensidade relativa ao $VO_{2máx}$ pode estar acima ou abaixo do LAn de acordo com a capacidade física do indivíduo. Diferente disso, a determinação da intensidade do exercício no presente estudo foi feita a partir do LAn, o que torna a prescrição mais precisa em relação ao metabolismo energético recrutado durante o exercício. E ainda, o VO_2 relativo ao LAn foi mais sensível em detectar melhoras na aptidão física dos indivíduos do que o $VO_{2máx}$ que não demonstrou diferenças significativas.

Cauza et al (2005) (61) também não encontraram diferenças significativas no VO2máx após treinamento de endurance e resistido durante quatro meses com indivíduos diabéticos tipo 2. Neste estudo a intensidade do treinamento de endurance foi de 60% do $VO_{2máx}$ e não considerou a capacidade individual de cada participante. Desta maneira, reforça-se a possibilidade de que a melhora da capacidade aeróbia dos indivíduos poderia ter sido detectada se o VO_2 no LAn fosse verificado.

Em consonância, Maiorana et al (2002) (60) aplicaram um treinamento combinado de exercício em esteira, cicloergômetro (70 a 85% da FCmáx) e exercícios resistidos (55 a 65% da contração voluntária máxima) durante oito semanas para 16 indivíduos diabéticos e não encontraram diferença significativa no $VO_{2máx}$ ($VO_{2máx}$ pré: 23,1 ± 1,2 $ml.kg.min^{-1}$ e $VO_{2máx}$ pós: 24,8 ± 1,4 $ml.kg.min^{-1}$).

Em meta-análise sobre o treinamento cardiorrespiratório de indivíduos diabéticos tipo 2 realizada por Boule et al (2003) (31), foi identificado, a partir de 212 participantes incluídos nos estudos investigados, um aumento médio de 11,8% no $VO_{2máx}$ após as intervenções com treinamento e 1% de redução nos grupos controles, porém relatam que o efeito do exercício no VO2máx nos estudos não é homogêneo. Estes autores atribuem esta heterogeneidade entre os estudos a um estudo incluído na meta-análise que demonstrou um aumento de 40,9% no $VO_{2máx}$ após treinamento em alta intensidade, enquanto que os estudos que impuseram intensidade iguais ou menores que 70% do $VO_{2máx}$ demonstraram um aumento médio percentual menor, de 9,5%.

Na presente pesquisa, apesar de não apresentar diferenças significativas no $VO_{2máx}$, houve um aumento médio de 21,82% no $VO_{2máx}$ após o treinamento do

grupo DTE e 28,77% no grupo DTR. A melhora fisiológica implícita neste aumento deve ser considerada além dos resultados estatísticos, visto que em estudo realizado por Blair et al (1995) (93), foi identificado que o aumento de 1,44ml.kg.min^{-1} no $VO_{2máx}$ reduz 7,9% da mortalidade. Isto porque o aumento do VO2máx representa não somente a melhora da capacidade cardiorrespiratória como também torna as atividades diárias, como subir escadas, mais fáceis de se realizar, promovendo aos indivíduos um modo de vida mais ativo.

Outro resultado importante identificado na meta-análise de Boule et al (2003) (31) foi que a intensidade do treinamento tem alta correlação com a melhora do $VO_{2máx}$, ou seja, quanto mais intenso o treinamento, maior é o aumento do $VO_{2máx}$ e que outras variáveis, como volume, tipo, duração e frequência do programa de treinamento não predizem a melhora desta capacidade.

No presente estudo, ambos os protocolos de treinamento foram aplicados com a mesma intensidade relativa (LAn). Sugere-se que o grupo DTE tenha apresentado melhora mais eficaz na capacidade aeróbia, comparado aos demais grupos (DTR e GDC) devido ao aumento significativo na intensidade e no VO_2 relativo ao LAn. No entanto, não se deve desconsiderar a melhora qualitativa no $VO_{2máx}$ observada em ambos os grupos de treinamento e também a especificidade do treinamento em esteira que pode ter proporcionado aumentos adicionais no VO_2.

4.8. Volume do teste de fadiga

O volume do teste de fadiga demonstrou aumentou significativamente nos grupos DTR e DTE após os treinamentos. Já, no grupo GDC não houve aumento significativo nesta variável. Apesar, dos grupos DTR e DTE apresentarem este aumento pós exercício, os Δs destes grupos não foram diferentes estatisticamente do Δ do grupo GDC. Observam-se estes resultados na tabela 13.

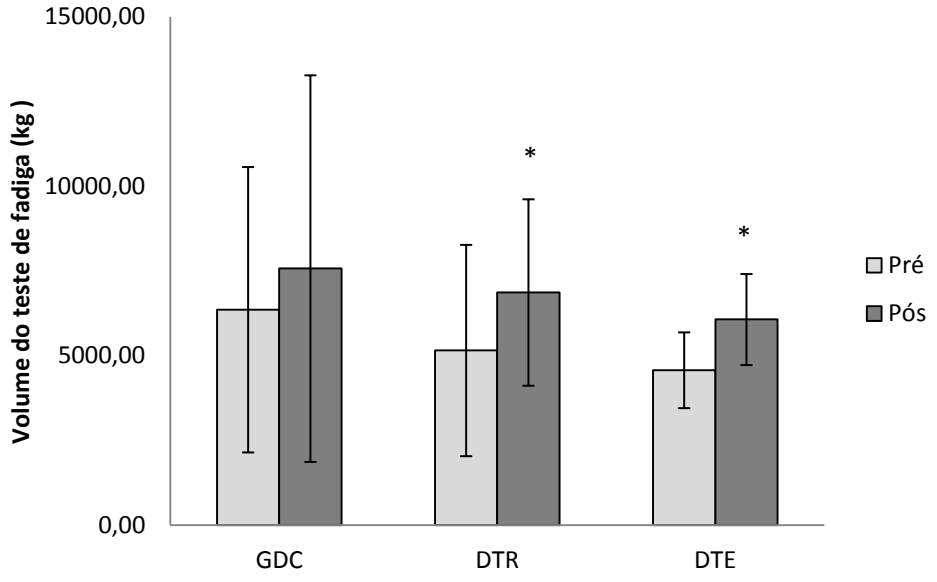
Tabela 11 - Valores médios (± DP) iniciais e finais do volume no teste de fadiga e os Δs dos grupos GDC, DTR e DTE

Volume do teste de fadiga (kg)			
Grupo	**Pré**	**Pós**	**Δ**
GDC	6356,40 ± 4209,56	7569,40 ± 5702,65	1213,00 ± 3541,54
DTR	5153,60 ± 3116,80	6864,80 ± 2749,89 *	1711,20 ± 1799,71
DTE	4571,28 ± 1117,36	6067,14 ± 1343,04 *	1495,86 ± 1082,38

*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de p<0,05.

O gráfico 28 apresenta os resultados do volume do teste de fadiga antes e após o treinamento físico e situação controle, com aumento significativo nos grupos DTR e DTE.

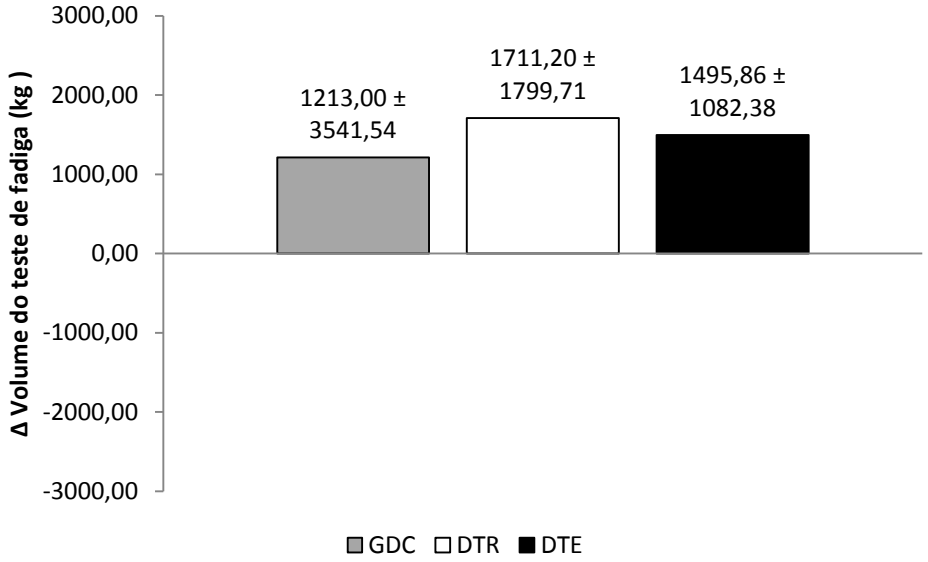
Gráfico 28 - Volume do teste de fadiga inicial e final dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



*Diferença significativa entre o valor pré e pós, com valor de p<0,05.

O gráfico 29 demonstra os Δs do volume do teste de fadiga dos três grupos.

Gráfico 29 - Δ volume do teste de fadiga dos grupos GDC, DTR e DTE (Médias ± DP)



O volume do teste de fadiga nesta pesquisa representa a capacidade muscular dos membros inferiores dos indivíduos avaliados e a mudança deste volume pode representar alterações nesta capacidade.

Não foram observadas diferenças significativas no volume do teste de fadiga no grupo GDC no início a ao final da pesquisa, enquanto que os grupos DTR e DTE apresentaram aumentos significativos nesta variável (GDC: 6356,40 ± 4209,56 *vs* 7569,40 ± 5702,65; DTR: 5153,60 ± 3116,80 *vs* 6864,80 ± 2749,89 e DTE: 4571,28 ± 1117,36 *vs* 6067,14 ± 1343,04). No entanto, os Δs entre os grupos não demonstraram diferenças significativas (ΔGDC: 1213,00 ± 3541,54; ΔDTR: 1711,20 ± 1799,71 e ΔDTE: 1495,86 ± 1082,38). O alto valor dos desvios padrão verificados no grupo controle pré e pós intervenção podem explicar o fato de não haver diferença significativa entre os grupos.

De acordo com Tessier (2000) (94) o treinamento físico resulta em adaptações musculares que aumentam a capacidade oxidativa do músculo esquelético e o aumento do fluxo sanguíneo, promovido pela maior capilarização, porém alterações na força muscular ocorrerão com treinamentos específicos para este objetivo. No presente estudo, foi avaliada a capacidade máxima dos indivíduos em manter o exercício (*leg press*) com a mesma carga relativa antes e após o treinamento, avaliando o número de repetições máximas com 60% de 1RM. Essa avaliação refletiu a resistência muscular localizada dos músculos dos membros

inferiores. Como os treinamentos aplicados não objetivaram especificamente o aumento de força muscular, o teste de fadiga foi sensível aos benefícios musculares promovidos pelo exercício físico, tanto no grupo DTE, como no grupo DTR.

Esse resultado demonstra que ambos os protocolos de treinamento são eficazes no aumento da capacidade muscular, o que pode implicar na maior facilidade em realizar tarefas diárias e consequentemente tornar o estilo de vida dos indivíduos mais ativo. O ACSM (2010) (52) afirma que o aumento da capacidade muscular em indivíduos idosos é importante para atividades do dia-a-dia que requerem tanto esforços estáticos como dinâmicos, bem como pode prevenir quedas.

Ao contrário desta pesquisa, Bacchi et al (2012) (87) não encontraram aumentos significativos na capacidade muscular de membros inferiores e superiores após treinamento aeróbio (60 minutos a 60-65% da FC de reserva) e treinamento resistido (nove exercícios para grandes grupos musculares que progrediram de 30-50% de 1RM para 70-80% de 1RM) durante quatro meses. Estes autores avaliaram a capacidade muscular por meio do teste de 1RM na cadeira extensora e no exercício supino reto e, apesar dos dois grupos não apresentarem aumentos significativos após os treinamentos, a magnitude do aumento foi maior no grupo que realizou o treinamento resistido comparado ao grupo que treinou aerobiamente. O grupo que realizou o treinamento aeróbio aumentou em média 3,0kg na extensão do joelho e 1,3kg no exercício supino reto e o grupo que participou do treinamento resistido aumentou em média 10,3kg e 12,3kg, respectivamente.

Dustan et al (2002) também avaliaram a capacidade muscular com o teste de 1RM após treinamento resistido de alta intensidade e treinamento de alongamento. Estes pesquisadores encontraram aumentos significativos de força muscular de membros superiores após três meses de treinamento e aumentos significativos de força nos membros superiores e inferiores foram observados após seis meses de treinamento no grupo que participou do treinamento resistido. Já Tokmakidis et al (2004) (57), avaliaram a capacidade muscular por teste de repetições máximas e encontraram diferenças significativas nesta variável após quatro semanas de treinamento resistido a 60% de 1RM em mulheres diabéticas tipo 2.

Sugere-se que o método de avaliação da capacidade muscular interfere nos resultados obtidos, devido ao fato que indivíduos que iniciam um programa de atividade física não estão habituados ao gesto motor dos equipamentos de exercício

resistido, o que pode levar a resultados subestimados do teste de 1RM, mesmo que façam sessões de adaptação. Observou-se que as repetições realizadas com cargas moderadas são realizadas com maior facilidade de execução do que cargas máximas, pois os indivíduos iniciantes sentem-se intimidados com a quantidade de carga aplicada nos testes de 1RM. O teste de fadiga aplicado nesta pesquisa pode ser mais eficaz em demonstrar aumentos na capacidade muscular em indivíduos diabéticos tipo 2, mesmo porque este teste não se limita à avaliação da força, mas considera o aumento da resistência muscular localizada.

Durante as sessões de avaliação foi observado receio de alguns indivíduos em realizar o teste de carga máxima, o que pode ter subestimado esta carga. Porém, foi possível corrigir este possível erro com o teste de fadiga, pois os indivíduos realizaram repetições máximas após a pesquisa com a mesma carga determinada antes do início do treinamento. Essa correção não seria possível com o teste de 1RM, pois somente a adaptação aos equipamentos, implícita nas sessões de exercício (principalmente no grupo DTR), acarretaria em aumentos na força muscular que não foram inerentes ao ganho de força e sim ao processo adaptativo. Além disso, as intensidades dos protocolos de treinamento não previam o ganho de força muscular, o que também favorece a aplicação do teste de fadiga.

Em relação a estas afirmações, é importante ressaltar que foi observado que um indivíduo do grupo GDC por receio do teste de 1RM, subestimou a sua carga máxima e obteve volumes muito altos no teste de fadiga, o que pode explicar a ausência de diferenças significativas entre os Δs dos três grupos investigados.
Contudo, o teste de fadiga foi eficaz para identificar o aumento da capacidade muscular nos grupo DTR e DTE e, provavelmente, reduziu os erros inerentes ao teste de 1RM.

4.9. FC, PSE e Glicemia casual nas sessões de treinamento

Verificou-se a FC, a PSE e a glicemia casual em todas as sessões de treinamento imediatamente antes, no tempo médio da sessão de exercício (15 minutos para o DTE e 18 minutos para o DTR), ao final da sessão de exercício, um minuto após, dois minutos após e quatro minutos após a sessão de exercício.

Na tabela 14, foram consideradas apenas as variações (Δ) dos valores médios dos momentos imediatamente antes e imediatamente após cada sessão do exercício dos grupos DTR e DTE.

Foram encontradas diferenças significativas nas médias dos Δs da FC e da PSE entre os grupos DTR e DTE, considerando as 18 sessões de treinamento. Estas variáveis demonstraram um aumento significativo no grupo DTE, comparado ao grupo DTR. No entanto, não foi observada diferença estatística entre as médias dos Δs da glicemia casual nas 18 sessões de treino dos grupos DTR e DTE (tabela 14).

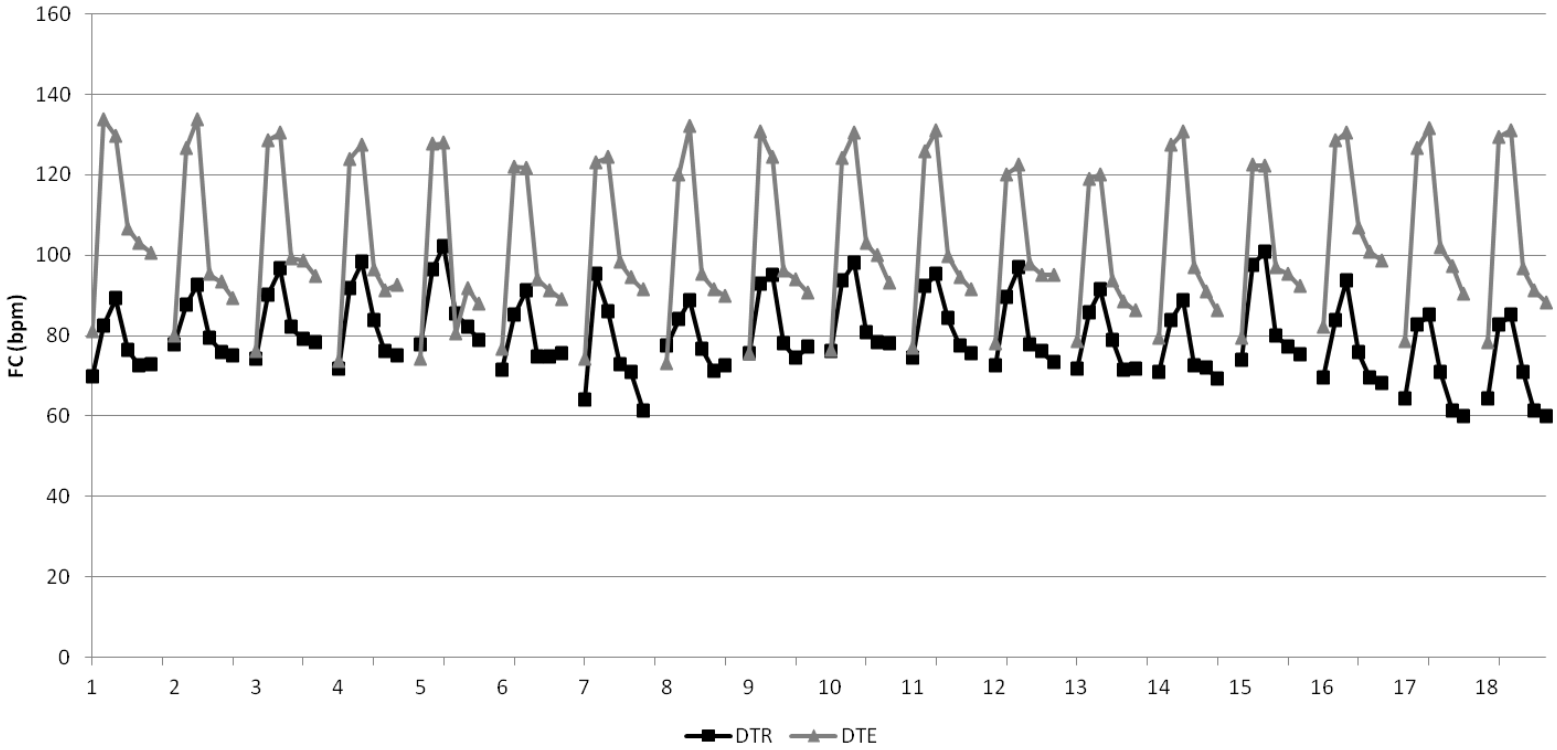
Tabela 12 - Valores médios dos Δs da FC, da PSE e da Glicemia casual imediatamente antes e imediatamente após cada sessão e treinamento dos grupos DTR e DTE.

Sessão de treinamento	**FC (bpm)**		**PSE**		**Glicemia casual(mg/dL)**	
	Δ DTR	**Δ DTE**	**Δ DTR**	**Δ DTE**	**Δ DTR**	**Δ DTE**
1	19,40	48,46	3,80	8,00	13,80	64,86
2	14,80	53,81	3,20	8,00	56,25	59,00
3	22,40	54,33	2,80	8,00	60,00	51,57
4	26,60	53,71	5,20	7,00	29,00	36,29
5	24,60	53,57	4,20	7,43	79,80	42,29
6	19,80	45,00	2,80	8,83	56,60	48,00
7	22,00	50,17	3,80	7,00	56,00	32,00
8	11,40	59,00	3,60	7,14	16,40	56,67
9	19,60	48,83	4,00	8,00	69,00	72,50
10	22,00	54,14	3,40	7,86	56,80	24,57
11	21,00	54,00	3,80	7,14	47,00	51,00
12	24,40	44,40	4,20	8,00	32,80	40,83
13	19,60	41,50	3,80	7,14	69,80	33,83
14	18,05	51,29	3,40	7,71	46,00	40,67
15	26,75	42,67	4,00	7,17	40,80	64,83
16	24,25	48,43	3,20	7,57	43,40	40,57
17	20,67	52,93	2,75	7,29	32,50	30,80
18	20,52	51,30	3,00	7,29	40,30	40,50
Média	**20,99**	**50,42 ***	**3,61**	**7,59 ***	**47,01**	**46,15**
DP	**3,73**	**4,54**	**0,62**	**0,49**	**17,95**	**13,31**

*Diferença significativa entre os grupos DTR e DTE, com valor de $p<0,05$.

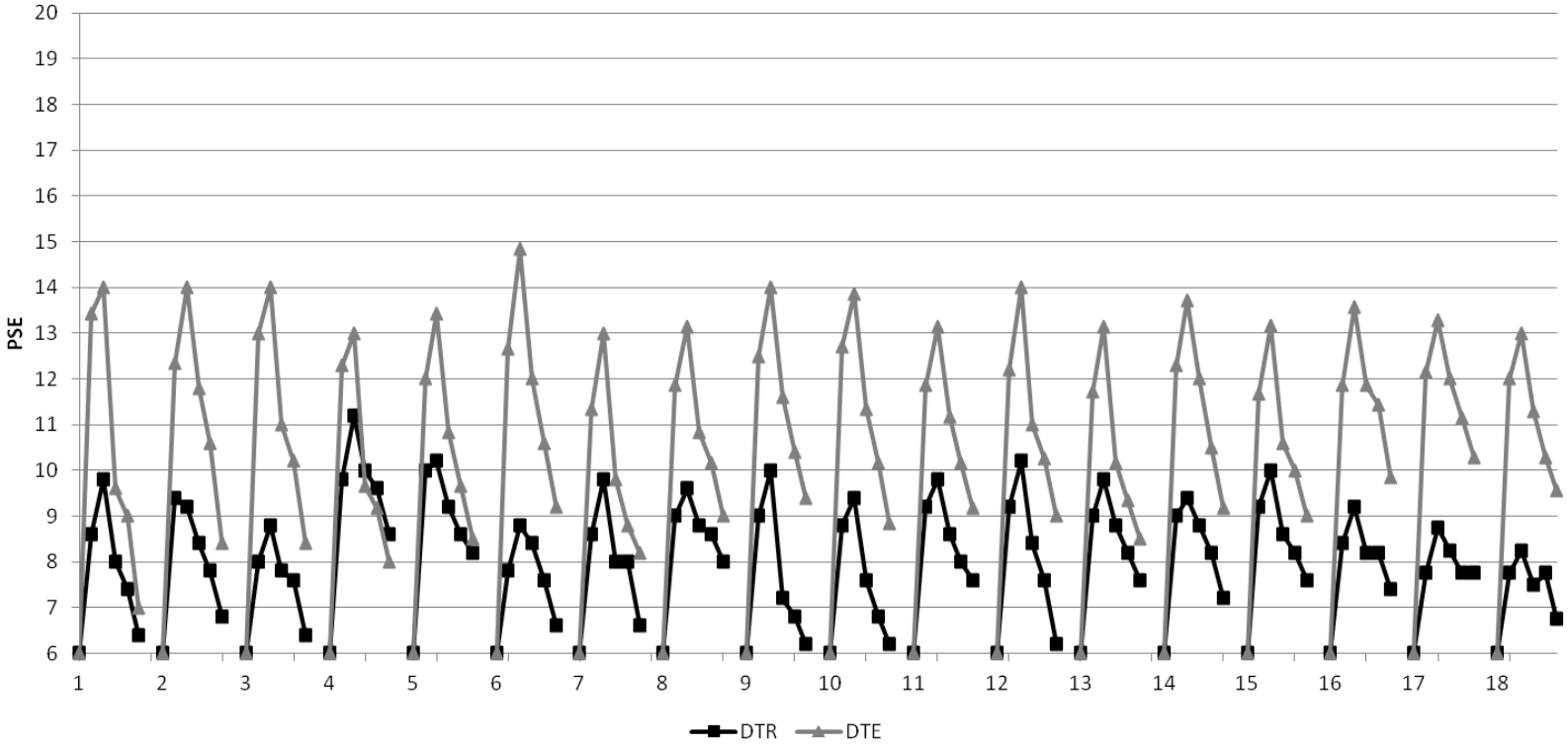
Nos gráficos 30, 31 e 32 são observadas, respectivamente, as médias da FC, da PSE e da glicemia casual em todos os momentos que houve verificação destas variáveis nas 18 sessões de treinamento (imediatamente antes, no tempo médio da sessão de exercício, ao final da sessão de exercício, um minuto após, dois minutos após e quatro minutos após a sessão de exercício para a FC e a PSE e imediatamente antes, durante a após a sessão de treinamento para a glicemia casual) dos grupos DTR e DTE.

GRÁFICO 30. Valores médios de FC nos momentos pré, durante, pós, 1 minuto após, 2 minutos após e 4 minutos após as 18 sessões de treinamento dos grupos DTR e DTE.



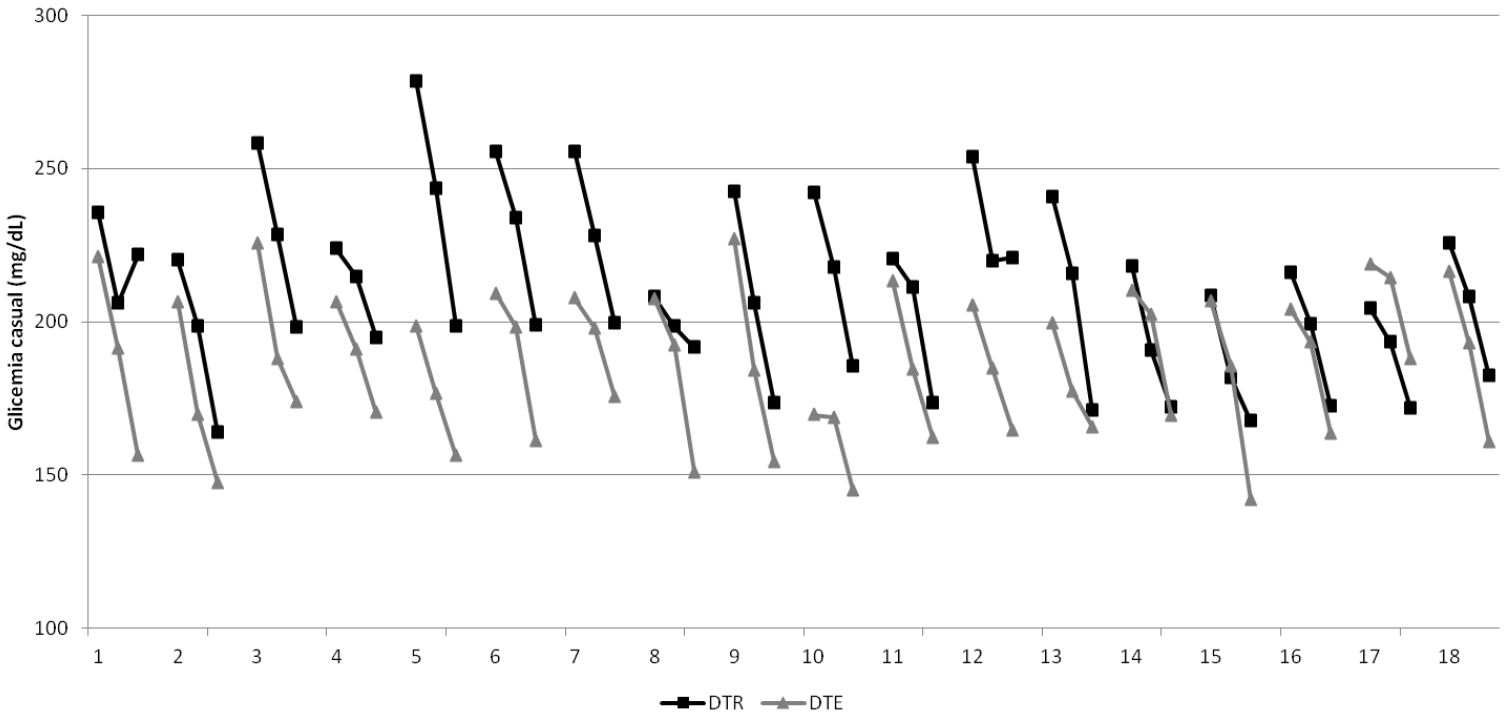
DTR: Diabéticos treinamento resistido; DTE: Diabéticos treinamento em esteira; FC: Frequência cardíaca.

GRÁFICO 31. Valores médios de PSE nos momentos pré, durante, pós, 1 minuto após, 2 minutos após e 4 minutos após as 18 sessões de treinamento dos grupos DTR e DTE.



DTR: Diabéticos treinamento resistido; DTE: Diabéticos treinamento em esteira; PSE: Percepção Subjetiva do Esforço.

GRÁFICO 32. Valores médios da Glicemia casual nos momentos pré, durante e após as 18 sessões de treinamento dos grupos DTR e DTE.



DTR: Diabéticos treinamento resistido; DTE: Diabéticos treinamento em esteira; FC: Frequência cardíaca.

Durante as 18 sessões de treinamento foram verificadas a FC, PSE e a glicemia casual. Ressaltando o que foi estipulado nos métodos, utilizou-se os valores nos momentos imediatamente antes do início do exercício e imediatamente após o término de exercício para a avaliação dos Δs destas variáveis em cada sessão de treinamento dos grupos DTR e DTE e considerou-se a média das 18 sessões de treinamento para a análise.

A média dos Δs da FC das sessões de treinamento do grupo DTR apresentou-se significativamente menor que a média dos Δs da FC do grupo DTE, ou seja, as sessões de treinamento em esteira promoveram um aumento da FC mais expressivo que as sessões de treinamento resistido (ΔFC do DTR: 20,99 ± 3,73 bpm e ΔFC do DTE: 50,42 ± 4,54 bpm).

Da mesma maneira, a média dos Δs da PSE das sessões de treinamento do grupo DTE demonstrou-se significativamente maior que a média dos Δs da PSE das sessões do grupo DTR (ΔPSE do DTR: 3,61 ± 0,62 e ΔPSE do DTE: 7,59 ± 0,49), obviamente, devido à escala de percepção subjetiva do esforço estar relacionada com a FC. O grupo DTR apontou em média a classificação da PSE em “fácil”, enquanto que o grupo DTE apontou em média a classificação do esforço na PSE em “ligeiramente cansativo”.

No entanto, as médias dos Δs da glicemia casual das sessões de treinamento dos grupos DTR e DTE não apresentaram diferenças significativas, mostrando reduções glicêmicas semelhantes nos dois protocolos de treinamento (ΔGlicemia casual do DTR: -47,01 ± 17,95 e ΔGlicemia casual do DTE: -46,15 ± 13,31).

Esta análise demonstra implicações práticas importantes para o controle glicêmico, visto que o grupo DTR apresentou menor sobrecarga cardíaca, realizou as sessões de exercício com mais facilidade e obteve a mesma redução na glicemia casual que o grupo DTE. Obviamente, devem-se considerar os outros benefícios crônicos, relatados anteriormente, encontrados no treinamento em esteira. Provavelmente, apesar dos dois grupos realizarem o treinamento na intensidade relativa ao LAn, o recrutamento muscular e a demanda metabólica envolvidos nos diferentes tipos de exercício aplicados foram determinantes no aumento da FC, na utilização da glicose pelos músculos ativos e na liberação de glicose hepática.

Suh et al (2007) (95) afirmam que a manutenção da glicemia durante o exercício depende da integração entre o sistema nervoso simpático e o sistema

endócrino. E, ainda, Wahren et al (2007) (96) certificam que contrações musculares aumentam o transporte glicose para as células musculares, no entanto, os níveis de glicose sanguínea são regulados por meio da liberação de glicose hepática (glicogenólise e gliconeogênese) e por meio da mobilização de outros substratos energéticos, como os ácidos graxos livres. De acordo com Bajpeyi et al (2009) (97), vários fatores influenciam neste processo durante o exercício, mas os mais determinantes são a intensidade e a duração da atividade física, pois com o aumento da intensidade do esforço e dos músculos ativos, os estoques de glicogênio muscular são diminuídos, o que ocasiona o aumento da captação de glicose sanguínea. O exercício moderado em indivíduos diabéticos promove a maior captação de glicose para os músculos do que a liberação de glicose hepática, causando o declínio dos níveis glicêmicos (98). Essa redução na concentração da glicemia aumenta de acordo com a intensidade do esforço em exercícios com predominância do metabolismo aeróbio (ACMS 2010 – Referência numérica).

Yardley et al (2012) (99) compararam 45 minutos de exercício resistido (3 séries de oito repetições máximas em sete exercícios) com 45 minutos de caminhada em esteira a 60% do VO2máx e grupo controle e encontraram diminuições significativas na concentração da glicemia casual dos grupos que realizaram a sessão de exercício, enquanto que no grupo controle não houve redução. Apesar de estes autores afirmarem que a redução nas concentrações glicêmicas ocorreu de forma mais abrupta no treinamento em esteira, não foram identificadas diferenças significativas nas diminuições nos níveis da glicemia dos grupos que realizaram exercício físico e não foi comparado o Δ das concentrações da glicemia antes e após o exercício entre os grupos. E, diferente da presente pesquisa, a intensidade do exercício resistido foi mais elevada que a intensidade do exercício em esteira. Estes autores admitem que a intensidade do exercício possa ter influenciado nas respostas glicêmicas dos grupos avaliados.

No presente estudo, as sessões de exercício em esteira envolveram o trabalho de mais grupos musculares de maneira constante, o que, possivelmente, ocasionou o maior aumento da FC e da PSE. Além disso, a maior liberação de glicose hepática, devido a possível maior demanda energética no grupo DTE, pode ter contrabalanceado a diminuição nas concentrações da glicemia casual. Enquanto que as sessões de treinamento resistido consistiram em exercícios localizados com intervalo entre eles que, provavelmente, não requereram a mesma demanda

metabólica e consequentemente não houve a liberação da mesma quantidade de glicose hepática na corrente sanguínea que no grupo DTE.

Assim, os grupos de treinamento investigados demonstraram a mesma efetividade na redução das concentrações da glicemia casual nas sessões de exercício, embora a FC e a PSE apresentarem aumentos diferentes entre os grupos. Porém, os mecanismos envolvidos na redução da glicemia nas sessões de treinamento devem ser considerados e essa semelhante redução entre os dois grupos pode não demonstrar as respostas adaptativas crônicas ao treinamento físico.

5. CONCLUSÃO

- Conclui-se que o grupo de diabéticos tipo 2 que treinou em esteira na intensidade do LAn durante seis semanas obteve melhor controle glicêmico do que o grupo que realizou o treinamento resistido na intensidade do LAn e o grupo controle com o mesmo tempo de intervenção, demonstrado por reduções significativas nas concentrações da glicemia de jejum e de frutosamina. E, apesar do treinamento resistido não apresentar diferenças nestas variáveis, a redução após o treinamento foi estatisticamente maior que o grupo controle.

Ainda sobre o controle glicêmico, a mensuração do percentual de HbA1C não foi sensível às adaptações ao treinamento de seis semanas, porém, de forma qualitativa, apresentou maiores reduções no grupo que realizou o treinamento aeróbio em esteira.

A cinética da glicose monitorizada continuamente parece não ser um método eficaz para verificar o controle glicêmico após o treinamento, visto que está sujeita às influências alimentares e emocionais do período em que a avaliação é realizada. Mas foi sensível em detectar diferenças entre os grupo treinados e o grupo controle. Sugere-se que futuras pesquisas utilizem este método associado ao controle alimentar.

- Apesar das intensidades relativas dos protocolos de treinamento físico serem as mesmas, a sobrecarga cardíaca e a percepção subjetiva do esforço apresentaram-se diferentes, sendo mais altas no grupo de treinamento em esteira, possivelmente devido ao tipo de recrutamento muscular e às formas de aplicação dos treinamentos. Porém, a redução da glicemia casual durante as sessões de treinamento foi a mesma para ambos os grupos.

- Em relação ao perfil lipídico, ambos os grupos de treinamento apresentaram redução das concentrações de colesterol, com maior diminuição no grupo de treinamento em esteira. No entanto, somente o grupo de treinamento resistido apresentou reduções nas concentrações de triglicérides.

- O treinamento aeróbio promoveu a melhora da intensidade e do VO2 relativos ao LAn, comparados ao grupo de treinamento resistido e controle. Portanto, foi mais eficaz na melhora da capacidade aeróbia dos indivíduos avaliados nesta pesquisa.

- Ambos os treinamentos físicos foram eficazes para a melhora da resistência muscular localizada, mesmo com a especificidade do treinamento no grupo de treinamento resistido.

REFERÊNCIAS[1]

1. DIABETES, SOCIEDADE BRASILEIRA DE. Diretrizes da sociedade brasileira de diabetes. 2009.

2. **World Health Organization.** WHO. *World Health Organization.* [Online] 2009. http://www.who.int/diabetes/facts/world_figures/en/index3.html.

3. **THOMAS D, ELLIOTT E J, NAUGHTON G A.** Exercise for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2006, Vol. 3.

4. **ALBERTI KGMM, ZIMMET PZ.** Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. *Diabetic Medicine.* 1998, Vols. 15: 539 - 553.

5. **GUYTON, AC e HALL JE.** *Tratado de Fisiologia Médica. 12ª ed. Elsevier, 2011.*

6. **COKER R, et al.** Exercise induced changes in insulin action and glycogen metabolism in elderly adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2006, Vol. 38, 433-438.

7. **HAWLEY J A, LESSARD S J.** Exercise training-induced improvements in insulin action. *Acta Physiol.* 2008, Vol. 192(1), 127-135.

8. **DIABETES, SOCIEDADE BRASILEIRA DE.** *Tratamento e acompanhamento do Diabetes Melittus - Diretrizes.* Rio de Janeiro : Diagraphic, 2006.

9. **BUCHANAN, TA e XIANG, AH.** Gestational diabetes mellitus. *J Clin Invest.* 2005, Vols. 115(3): 485-491.

10. **ASSOCIATION, AMERICAN DIABETES.** Standards of medical care in diabetes. *Diabetes Care.* 2011, Vols. 34 (Suppl 1): S11- S61.

11. **DELA F, LINSTOW M E, MIKINES K J, GALBO H.** Physical training may enhance beta-cell function in type 2 diabetes. *American Journal oh Physiological and Endocrinological Metabolism.* 2004, Vol. 287 (5), E1024-E1031.

12. **MACDONALD, AL, et al.** Monitoring exercise-induced changes in glycemic control in type 2 diabetes. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2006.

[1] De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR6023.

13. **American Diabetes Association.** Guide to diagnosis and classification os diabetes mellitus and ofter categories of glicose intolerance. *Diabetes Care.* 1997, Vols. suppl 20:215-25.

14. **The expert comitee on diagnosis and classification os diabetes mellitus.** Follow-up report on the diagnosis of diabetes mellitus. *Diabetes Care.* 2003, Vols. 26: 3160-7.

15. **ZIMMET, KGMM ALBERT e PZ.** Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: Diagnosis and classification of diabetes mellitus. Provisional report of WHO consultation. *Diabetic medicine.* 1998, Vols. 15: 539-553.

16. **INNES, KE, SELFE, TK e VISHNU, A.** Association of fructosamine to indices of dyslipidemia in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews.* 2011, Vols. 5(4):179-82.

17. **FERNANDES F, NETO I, PINTO C, PARREIRA J, ANDRÉ O, LISBOA P, AZEVEDO M, MANSO C.** Estudo longitudinal da concentração de frutosamina sérica em doentes diabéticos (tipo 1 e tipo 2). *Acta Médica Portuguesa.* 1986, Vols. 7: 189-191.

18. **MITTMAN N, DESIRAJU B, FAZIL I, KAPUPARA H, CHATTOPADHYAY J, JANI C, AVRAM M.** Serum fructosamine versus glycosylated hemoglobin as an index of glycemic control, hospitalization, and infection in diabetic hemodialysis patients. *Kidney International.* 2010, Vols. 78(Suppl 117): S41-S45.

19. **MEADE, LT.** The Use of Continuous Glucose Monitoring in Patients with Type 2 Diabetes. *Diabetes Technology & Therapeutics.* 2012, Vol. 14, 2.

20. **VT CHETTY, A ALMULLA, A ODUEYUNGBO, L THABANE.** The effect of continuous subcutaneous glucose monitoring (CGMS) versus intermittent whole blood finger-stick glucose monitoring (SBGM) on hemoglobin A1c (HBA1c) levels in Type I diabetic patients: A systematic review. *Diabetes Research and Clinical Practice.* 2008.

21. **ALLEN, NA, et al.** Continuous glu-cose monitoring counseling improves physical activity be-haviors of individuals with type 2 diabetes: a randomized clinical trial. *Diabetes Res Clin Pract.* 2008, Vol. 80, 371–379.

22. **GILLIAM, LK e HIRSCH, IB.** Practical aspects of real-time continuous glucose monitoring. *Diabetes Technology & Therapeutics.* 2009, Vol. 11(Supp 1).

23. **KLONOFF, DC.** Continuous gllucose monitoring: Roadmap for 21st century diabetes therapy. *Diabetes care.* 2005, Vol. 28(5).

24. **ALLEN N A, et al.** Continuous glucose monitoring counseling improves physical activity behaviors of individuals with type 2 diabetes: A randomized clinical trial. *Diabetes Res Clin Pract.* 2008, Vol. 80 (3), 371-379.

25. **RIDDELL, M e PERKINS, BA.** Exercise and glucose metabolism in persons with diabetes mellitus: Perspectives on the role for continuous glucose monitoring. *Journal of Diabetes Science and Technology.* 3(4), 2009.

26. **World Health Organization.** www.who.int. [Online] October de 2013. http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/.

27. **WILD, S, et al.** Global prevalence of diabetes: Estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes care.* 2004, Vol. 27(5).

28. **RIBEIRO, GSG.** Custo do diabetes mellitus no sistema público de saúde brasileiro: Uma Análise de políticas públicas de prevenção, educação e controle. 2012.

29. **CRYER, P E.** Exercise-Related Hypoglycemia-Associated Autonomic Failure in Diabetes. *Diabetes.* 2009, Vol. 58.

30. **MARCIA, M, et al.** Nefropatia diabética no diabete melito tipo 2: Fatores de rsico e prevenção. *Arq Bras Endocrinol metabol.* 2003, Vol. 47(3).

31. **BOULÉ N G, KENNY G P, HADDAD E, WELLS G A, SIGAL R J.** Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia .* 2003, Vol. 46, 1071-1081.

32. **ALBRIGHT A, et al.** American college of sports medicine position stand. Exercise and type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc.* 2000, Vol. 32, 1345-1360.

33. **NELSON, KM, GAYLE, R e BOYKO, EJ.** Diet and exercise among adults with type 2 diabetes. *Diabetes care.* 2002, Vol. 25(10).

34. **DIJK, JW van, et al.** Exercise and 24-h glycemic control: Equal effects for all type 2 diabetes patients. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2012.

35. **HENRIKSEN, EJ.** Invited review: Effects of acute exercise and exercise training on insulin resistance . *J Appl Physiol.* 2002, Vols. 93:788 – 796.

36. **VANCEA D M M, VANCEA J N, PIRES M I F, REIS M A, MOURA R B, DIB S A.** Effect of Frequency of Physical Exercise on Glycemic Control and Body Composition in Type 2 Diabetic Patients. *Arquivo Brasileiro de Cardiologia.* 2009, Vol. 92(1), 22-28.

37. **JUNIOR, ACS, et al.** Metformina e AMPK: Um antigo fármaco e uma nova enzima no contexto da síndrome metabólica. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2008, Vol. 52, 1.

38. **ZHOU, G, et al.** Role of AMP-activated protein kinase in mechanism of metformin action. *J Clin Invest.* 2001, Vol. 108, 1167-74.

39. **HARDIE, DG.** Minireview: the AMP-activated protein kinase cascade: the key sensor of energy status. *Endocrinology.* 2003, Vol. 144, 5179-83.

40. **CARLING, D.** The AMP-activated protein kinase cascade – a unifying system for energy control. *Trends Biochem Sci.* 2004, Vol. 29, 18-23.

41. **WINDER, WW e HARDIE, DG.** AMP-activated protein kinase, a metabolic master switch: possible roles in type 2 diabetes. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 1999, Vol. 277, 1-10.

42. **ZANG, M, et al.** AMP-activated protein kinase is required for the lipid-lowering effect of metformin in insulin-resistant human HepG2 cells. *J Biol Chem.* 2004, Vol. 279, 47898-905.

43. **BAILEY, CJ e TURNER, RC.** Metformin. *N Engl J Med.* 1996, Vol. 334, 574-9.

44. **MUSI, N e GOODYEAR, LJ.** AMP-activated protein kinase and muscleglucose uptake. *Acta Physiol Scand.* 2003, Vol. 178, 337-45.

45. **MUSI, N, et al.** Metformin increases AMP-activated protein kinase activity in skeletal muscle of subjects with type 2 diabetes. *Diabetes.* 2002, Vol. 51, 2074-81.

46. **ZOU, MH, et al.** Activation of the AMP-activated protein kinase by the anti-diabetic drug metformin in vivo – role of mitochondrial reactive nitrogen species. *J Biol Chem.* 2004, Vol. 279, 43940-51.

47. **SCHIMMACK, G e MUSI, RA DEFRONZO N.** AMP-activated protein kinase: role in metabolism and therapeutic implications. *Diabetes Obes Metab.* 2006, Vol. 8, 591-602.

48. **RUDERMAN, NB, SAHA, AK e KRAEGEN, EW.** Minireview: malonyl CoA, AMP-activated protein kinase, and adiposity. *Endocrinology.* 2003, Vol. 144, 5166-71.

49. **BALDI J C, SNOWLING N.** Resistance training improves glycaemic control in obese type 2 diabetic men. *International Jouranl of Sports Medicine.* 2003, Vol. 24(6), 419-423.

50. **BALDUCCI S, et al.** Is a long term aerobic plus resistance training program feasible for and effective on metabolic profiles in type 2 diabetic patients? *Diabetes Care.* 2004, Vol. 27, 841-842.

51. **CATANEDA C, et al.** A randomized controlled trial of resistance exercise training improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2002, Vol. 25, 2335-2341.

52. **American College of Sports Medicine.** Exercise and Type 2 Diabetes (Joint Position Statement). *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2010.

53. **ZANUSO S, JIMENEZ A, CORIGLIANO P G, BALDUCCI S.** Exercise for the management of type 2 diabetes: a review of the evidence. *Acta Diabetologica.* 2009.

54. **O'DONOVAN G, et al.** The effects of 24 weeks of moderate or high intensity enxercise on insulin resistance. *Eur J Appl Physiol.* 2005, Vols. 95 (5-6), 522-528.

55. **KARSTOFT, K, et al.** The effects of free-living interval-walking training on glycemic control, body composition, and physical fitness in type 2 diabetic patients. *Diabetes care.* 2013, Vol. 36.

56. **DUNSTAN D W, et al.** High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2002, Vol. 25 (10), 1729-1736.

57. **TOKMAKIDIS S P, et al.** The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. *Eur J Appl Physiol.* 2004, Vol. 92, 437-442.

58. **BACCHI, E, et al.** Metabolic effects of aerobic training and resistance training in type 2 diabetics subjects. *Diabetes care.* 2012, Vol. 35.

59. **LOIMAALA A, et al.** Exercise training improves baroreflex sensitivity in type 2 diabetes. *Diabetes.* 2003, Vol. 52 (7), 1837-1842.

60. **MAIORANA A, et al.** Combined aerobic and resistance exercise improves glycemic control and fitness in type 2 diabetes . *Diabetes Research and Clinical Practice.* 2002, Vol. 56 (2), 115-123.

61. **CAUZA, E, et al.** Strength and endurance training lead to different post exercise glucose profiles in diabetic participants using a continuous subcutaneous glucose monitoring system. *European Journal of Clinical Investigation.* 2005, Vol. 35, 745-51.

62. **YOO, HJ, et al.** Use of real time continuous glucose monitoring system as a motivational device for poorly controlled type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract.* 2008, Vol. 82, 73-79.

63. **FIGUEIRA, FR, et al.** Accuracy of continuous glucose monitoring system during exercise in type 2 diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice.* 2012, Vol. 98.

64. **MIKUS, CR, et al.** Glycaemic control is improved by 7 days of aerobic exercise training in patients with type 2 diabetes. *Diabetologia.* 2012, Vol. 55, 1417-1423.

65. **FIGUEIRA, FR, et al.** Aerobic and combined exercise session reduce glucose variability in type 2 diabetes: crossover randomized trial. *PLoS ONE.* 2013, Vol. 8 (3).

66. **ABDUL-HAMEED, U, et al.** Reliability of 1-Repetition Maximum Estimation for Upper and Lower Body Muscular Strength Measurement in Untrained Middle Aged Type 2 Diabetis Patients. *Asian Journal of Sports Medicine.* 2012.

67. **OLIVEIRA, JC, et al.** Identification of the lactate threshold and the blood glucose threshold in resistance exercise. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* 2006, Vol. 12.

68. **LAU, DCW e H TEOH.** Benefits of Modest Weight Loss on the Management of Type 2 Diabetes Mellitus. *Can J Diabetes.* 2013, Vols. 37: 128-134.

69. **NARAYAN, KMV et al.** Effect of BMI on Life time Risk for Diabetes in the U.S. *Diabetes Care.* 2007, Vol. 30(6).

70. **DUNCAN, BB e MI SCHMIDT.** Chronic activation of the innate immune system may underlie the metabolic syndrome. *São Paulo Med J.* 2001, Vols. 119 (3): 122-7.

71. **ZANUSO, S et al.** Exercise for the management of type 2 diabetes: a review of the evidence. *Acta Diabetol.* 2009.

72. **BOULÉ, NG et al.** Effects of exercise training on glucose homeostasis. *Diabetes Care.* 2005 , Vols. 28: 108-14.

73. **THOMAS, D et al.** Exercise for type 2 diabetes mellitus (Review). *The Cochrane Collaboration.* 2009.

74. **NATHAN, DM et al.** Impaired fasting glucose and impaired glucose tolerance. *Diabetes care.* 2007, Vol. 30 (3).

75. **TOMINAGA, M et al.** Impaired glucose tolerance is a risk factor for cardiovascular disease, but not impaired fasting glucose. *Diabetes care.* 1999, Vol. 22(6).

76. **DUSTAN, DW et al.** High-Intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes care.* 2002, Vol. 25.

77. **CHRIST-ROBERT, CY et al.** Exercise training increases glycogen synthase activity and GLUT4 expression but not insulin signaling in overweight nondiabetic and t ype 2 diabetic subjects. *Metabolism.* 2004, Vols. 53(9): 1233–42.

78. **GOODPASTER, BH e A KATSIARAS, DE KELLEY.** Enhanced fat oxidation through physical activity is associated with improvements in insulin sensitivity in obesity. *Diabetes.* 2003, Vols. 52(9):2191–7.

79. **COHEN, ND et al.** Improved endothelial function following a 14-month resistance exercise training program in adults with type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract.* 2008, Vols. 79(3):405–11.

80. **IBANEZ, J et al.** Lower muscle strength gains in older men with type 2 diabetes after resistance training. *J Diabetes Complications.* 2008, Vols. 22(2):112–8.

81. **IBANEZ, J et al**. Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2005, Vols. 28(3):662–7.

82. **KWON, HR et al.** The effects of resistance training on muscle and body fat mass and muscle strength in type 2 diabetic women . *Korean Diabetes J.* 2010, Vols. 34(2):101–10.

83. **VANCEA, DMM et al.** Effect of frequency of physical exercise on glycemic control and body composition in type 2 diabetic patients. *Arq Bras Cardiol.* 2009, Vols. 92 (1): 22-28.

84. **YANG, C et al.** Glycated albumin is a potential diagnostic tool for diabetes melitus. *Clinical Medicine.* 2012, Vols. 12 (6): 568-571.

85. **HALLE, M et al.** Influence of 4 weeks' intervention by exercise and diet on low-density lipoprotein subfraction in obese men with type 2 diabetes. *Metabolism.* 1999, Vols. 48: 641-644.

86. **CHETTY, VT et al.** The effect of continuous subcutaneous glucose monitoring (CGMS) versus intermittent whole blood finger-stick glucose monitoring (SBGM) on hemoglobin A1c (HbA1C) levels in type I diabetic patients: A systematic review. *Diabetes Research and Clinical Practice.* 2008, Vols. 79-78.

87. **BACCHI, E et al.** Differences in the acute effects of aerobic and resistance exercise in subjects with type 2 diabetes: results from the RAED2 randomized trial. *PLOS one.* 2012, Vol. 7, 12.

88. **CIOLAC, EG e GUIMARAES GV.** Exercício físico e síndrome metabólica. *Rev Bras Med Esporte.* 2004, Vol. 10 (4).

89. **NYHOLM, B et al.** Evidence of an increased number of type IIb muscle fibers in insulin-resistant first-degree relatives of patients with NIDDM. *Diabetes .* 1997, Vols. 46:1822–1828 .

90. **SIMONEAU, JA e KELLEY, DE.** Altered glycolytic and oxidative capacities of skeletal muscle contribute to insulin resistance in NIDDM. *J Appl Physiol .* 1997, Vols. 83:166–171.

91. **GOODPASTER, BH et al.** Subcutaneous abdominal fat and thigh muscle composition predict insulin sensitivity independently of visceral fat. *Diabetes .* 1997, Vols. 46:1579–1585.

92. **SIMONEAU, JA et al.** Skeletal muscle glycolytic and oxidative enzyme capacities are determinants of insulin sensitivity and muscle composition in obese women. *FASEB J .* 1995, Vols. 9:273–278.

93. **BLAIR, SN et al.** Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA .* 1995, Vols. 273:1093–1098.

94. **TESSIER, D et al.** Effect of aerobic physical exercise in the elderly with type 2 diabetes mellitus. *Archives of gerontology and geriatrics.* 2000, Vols. 31: 121-132.

95. **SUH, SH, PAIK, IY e JACOBS, K.** Regulation of blood glucose homeostasis during prolonged exercise. . *Mol Cells.* 2007, Vols. 23(3):272–9.

96. **WAHREN, J e EKBERG, K.** Splanchnic regulation of glucose production. *Annu Rev Nutr.* 2007, Vols. 27:329–45.

97. **BAJPEYI, S et al.** Effect of exercise intensity and volume on persistence of insulin sensitivity during training cessation. *J Appl Physiol.* 2009, Vols. 106(4):1079–85.

98. **MINUK, HL et al.** Glucoregulatory and metabolic response to exercise in obese noninsulin- dependent diabetes. *Am J Physiol.* 1981, Vols. 240:E458–64.

99. **YARDLEY, JE et al.** Effects of Performing Resistance Exercise Before Versus After Aerobic Exercise on Glycemia in Type 1 Diabetes. *Diabetes Care.* 2012, Vol. 35.

ANEXO A – Aprovação do comitê de ética

UNIFAE
Centro Universitário - São João da Boa Vista

Comitê de Ética em Pesquisa - CEP

CEP-UNIFAE, 03/11/2011.

PARECER PROJETO: No **0042011**

I - IDENTIFICAÇÃO:
Título: Treinamento Físico para diabéticos tipo II.
Pesquisador Responsável: Vilmar Baldissera
Pesquisadores Executores: Daniele Albano Pinheiro, Danilo Rodrigues Bertucci, Gabriela Soares de Souza e Giovanna Benjamin Togashi
Curso: Doutorado em Ciências Fisiológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos
Data de Entrada: 03/10/2011

II – OBJETIVOS
O objetivo geral desse estudo é comparar a cinética da glicemia monitorizada continuamente em diabéticos frente a três tipos de treinamento físico, aeróbio, resistido e combinado (treinamento aeróbio e resistido). Os objetivos específicos da pesquisa são: comparar o consumo de oxigênio, triglicerídeo, colesterol, resposta de pressão arterial e de ergoespirometria em indivíduos diabéticos frente aos mesmos três tipos de treinamento físico.

III – RESUMO DOS PROCEDIMENTOS
Trata-se de um estudo experimental, longitudinal e quantitativo. Serão selecionados 40 voluntários diabéticos. O processo de seleção destes voluntários ocorrerá por meio dos locais de atendimento da Secretaria Municipal de Saúde. Cada indivíduo terá suas sessões experimentais isoladamente. Será exigido de todos os indivíduos uma liberação médica para a prática de atividade física. Critério de inclusão: Idade entre 50 e 60 anos; Gênero masculino; Diagnóstico de Diabetes Mellitus tipo II há pelo menos um ano; Hemoglobina glicada acima de 7%; Índice de Massa Corporal até 29 kg/m2; Não fazer uso de insulina; Pressão arterial sistólica ≤ 160mm/Hg e diastólica ≤100mm/Hg; Não praticar atividades físicas regulares; Não fazer uso de betabloqueadores; Não apresentar patologia que comprometa a execução dos exercícios físicos; Não apresentar patologias associadas à doença, como retinopatia, nefropatia, etc.. Os voluntários serão divididos nos grupos: sem treinamento físico, treinamento físico aeróbio, treinamento físico resistido e treinamento físico combinado (aeróbio e resistido), totalizando 10 indivíduos em cada grupo.

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES
O pesquisador expressou-se de forma clara quanto aos objetivos, método e resultados esperados pela pesquisa, assim como aos critérios para suspender ou encerrar a pesquisa. Deixou claro no projeto o acordo quanto à propriedade das informações geradas. O Termo de Consentimento está apresentado de forma bastante adequada. O projeto respeita a Resolução de Bioética 196/96, pelo que se recomenda a aprovação pelo CEP-UNIFAE.

V – PARECER DO CEP
O Comitê de Ética em Pesquisa da UNIFAE, após acatar os pareceres dos membros relatores para o presente caso e atendendo aos dispositivos da Resolução 196/96, da Resolução 251/97,

UNIFAE
Centro Universitário - São João da Boa Vista

Comitê de Ética em Pesquisa - CEP

resolve **APROVADO** o projeto de pesquisa e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido do Protocolo de Pesquisa supracitado.

VI – DATA DA REUNIÃO
Homologado na Reunião Ordinária do CEP-UNIFAE, em 03/11/2011.

São João da Boa Vista, 10/11/2011.

Profa. Dra. Erica Passos Baciuk
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa -UNIFAE

ANEXO B – Termo de consentimento livre e esclarecido

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título do estudo: Treinamento físico para diabéticos tipo II

Pesquisador(a) responsável: Vilmar Baldissera

Instituição / Departamento: USP e UFSCar

Endereço do(a) pesquisador(a) responsável: R. Bernardino Fernandes Nunes, 1707 casa 22. Cidade Jardim. CEP-13566-490. São Carlos/SP

Telefone do(a) pesquisador(a) responsável para contato: (16)33518386

Local da coleta de dados: Universidade Federal de São Carlos/ Depto de Ciências Fisiológicas (Laboratório de Fisiologia do Exercício)

Prezado(a) Senhor(a):

- Você está sendo convidado a participar desta pesquisa de forma totalmente **voluntária**.
- Antes de concordar em participar desta pesquisa se submeter ao treinamento físico, é muito importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento.
- Os pesquisadores deverão responder a todas as suas dúvidas antes que você se decidir a participar.
- Você tem o direito de **desistir** de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhuma penalidade e sem perder os benefícios aos quais tenha direito.

Objetivo do estudo: Comparar aspectos fisiológicos frente a diferentes tipos de exercício físico.

Procedimentos: Sua participação nesta pesquisa consistirá em participar de um programa de treinamento físico com duração de três meses. Na fase inicial da pesquisa haverá avaliações físicas e antropométricas e a instalação de um equipamento de monitorização contínua de glicose. Após esta fase ocorrerá o treinamento físico que, dependendo do grupo no qual participará, poderá ser exercício em esteira, exercício resistido ou ambos.

Benefícios: Esta pesquisa trará maior conhecimento sobre o tema abordado e poderá lhe tornar uma pessoa ativa.

Riscos: A participação nesta pesquisa não representará qualquer risco de ordem física ou psicológica para você.

Sigilo: As informações fornecidas por você terão sua privacidade garantida pelos pesquisadores responsáveis. Os sujeitos da pesquisa não serão identificados em nenhum momento, mesmo quando os resultados desta pesquisa forem divulgados em qualquer forma.

Ciência e de acordo do participante (sujeito da pesquisa):

Ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto pelo(a) pesquisador(a), eu _____, RG: _____, estou de acordo em participar desta pesquisa, assinando este consentimento **em duas vias**, ficando com a posse de uma delas.

São Carlos, _____/_____/_____

---------- _____

Assinatura do sujeito de pesquisa Vilmar Baldissera

Ciência e de acordo do pesquisador responsável:

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste sujeito de pesquisa para a participação neste estudo.

Declaro que assinei 2 vias deste termo, ficando com 1 via em meu poder.

_____

Assinatura do sujeito de pesquisa