

DANILO RODRIGUES BERTUCCI

COMPARAÇÃO DE PARÂMETROS CARDIORRESPIRATÓRIOS EM
TESTES INDIRETOS E DIRETOS DE AVALIAÇÃO FUNCIONAL EM
INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS E DIABÉTICOS

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade, área Aspectos Biodinâmicos do Rendimento e Treinamento Esportivo.

Orientador: Prof. Dr. Vilmar Baldissera

Rio Claro

2013

Danilo Rodrigues Bertucci

**Comparação de parâmetros cardiorrespiratórios em testes indiretos e diretos
de avaliação funcional em indivíduos saudáveis e diabéticos**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade, área Aspectos Biodinâmicos do Rendimento e Treinamento Esportivo.

Orientador: Prof. Dr. Vilmar Baldissera

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Cláudio Alexandre Gobatto

Programa de Pós Graduação em Ciências da Motricidade - Instituto de Biociências –
Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Campus Rio Claro.

Prof. Dr. Gilberto Eiji Shiguemoto

Departamento de Ciências Fisiológicas – Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Vilmar Baldissera

Programa de Pós Graduação em Ciências da Motricidade - Instituto de Biociências –
Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Campus Rio Claro

Rio Claro, _____ de _____ de _____.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus “irmãos fisiológicos” e minha família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, este trabalho é o fruto de muita perseverança e o começo da realização de um sonho. Sonho que foi permitido pela minha família, meus pais e minhas irmãs. Cada um teve uma contribuição marcante nessa caminhada que começou em novembro de 2009. Portanto, meus singelos agradecimentos, a meu Pai, Agostinho sempre me falando, calma as coisas vão melhorar, a minha Mãe Sueli, me aconselhando para sempre mostrar atitudes corretas e manter a humildade, a minha Irmã Cristiane e seu esposo Marcelo, por serem praticamente meus pais nos tempos mais difíceis onde éramos apenas nós quatro (eu, Cris, Marcelo e Gi). A minha outra irmã Gisele que sempre foi o meu exemplo de ser humano aos meus sobrinhos Lucas e Gabriel, pela admiração incondicional que eles têm por mim.

O agradecimento, aos Professores Dr. Vilmar Baldissera, Dr. Sergio Eduardi de Andrade Perez e Gilberto Eiji Shiguemoto, por terem sido extremamente receptivos com um cara que chegou de paraquedas ao Laboratório pedindo por uma vaga na monitoria do laboratório e assim propiciarem o cenário ideal para o meu crescimento profissional e pessoal também.

Em especial o Prof. Dr. Vilmar Baldissera, que além de orientador, é um grande amigo e um verdadeiro “Pai fisiológico” sempre ajudando em todos os aspectos, desde acadêmicos com seus vastos conselhos “fisiologia é cativante, motivante, intrigante e não se esquece jamais” mas também com as sábias palavras sabendo como acalmar e ajudar a se erguer novamente.

A “GRANDE FAMÍLIA FISIOLÓGICA” aos meus irmãos fisiológicos, Rodrigo, Markão, Leo, Guilherme, Anderson, Zé Neto, Luísa, Luciane, Júlio, Amilton sempre

presentes, nas festas e também nas horas mais difíceis, nas horas de desabafo e as sessões de descarrego nos encontros “pedagógicos”. Ao grupo de pesquisa do presente estudo: Dani, Giovana e Gabi muito obrigado.

A secretária do Laboratório, Marcia Vidotti sempre extremamente eficaz e solícita, ao técnico do laboratório José Carlos, (Cacau) me ensinou tudo que sei do manuseio dos aparelhos do laboratório, além de um grande amigo.

A secretaria da UNESP, mas especificamente a Rose e Ivana, por sempre me ajudarem a cumprir os prazos e responderem a todos o meus questionamentos desde a matrícula ao término desta etapa e sempre de forma rápida e clara.

Aos amigos de Rio Claro, desde o primeiro momento que cheguei a Rio Claro sempre fui muito bem recebido, ao Prof. Dr. Eduardo Kokubum que possibilitou que as minhas coletas fossem realizadas no NAFES (Núcleo de Atividade Física, Esporte e Saúde).

Especialmente a minha namorada Camila Bosquiero Papini que se tornou uma pessoa muito importante nessa minha caminhada, sempre me ajudando no que foi possível, aturando os momentos difíceis e claro sempre aproveitando os momentos alegres, muito obrigado Mila, espero passar muitos momentos difíceis e gloriosos ao seu lado.

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito”.

(Chico Xavier)

EPÍGRAFE

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”

(Albert Einstein)

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”

(Chico Xavier)

RESUMO

O consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_2\text{máx}$) é considerado o parâmetro mais importante para identificar a capacidade funcional do sistema cardiorrespiratório e também é um importante preditor de doenças cardiovasculares. Os métodos utilizados para determinar o $\text{VO}_2\text{máx}$, em grande maioria, são os testes incrementais (TI) que podem ser realizados em pista, mas também e mais usualmente são feitos em ambientes controlados utilizando aparelhos que são chamados de ergômetros. Os TI podem ser classificados em dois tipos, os chamados indiretos e os diretos (ou ergoespirométricos). Os testes indiretos mensuram algum parâmetro relacionado com o desempenho cardiorrespiratório máximo (frequência cardíaca, intensidade da carga máxima suportada, entre outros). Já os testes diretos utilizam análise gasosa para tais medidas, apresentam maior precisão, porém possuem custos elevados. Assim, ambos os métodos podem apresentar vantagens e desvantagens. O objetivo do presente estudo foi comparar as respostas fisiológicas baseadas no $\text{VO}_2\text{máx}$ em diferentes protocolos (Protocolo de Bruce e UFSCar-TESTE) em indivíduos não-diabéticos e diabéticos. Os parâmetros analisados foram Consumo Máximo e Oxigênio ($\text{VO}_2\text{máx}$), Débito Cardíaco máximo (DC máximo), Equivalentes Metabólicos máximos (METs máximos), Déficit Funcional Aeróbio (DAF), Taxa de Recuperação da Frequência Cardíaca (TRFC), Déficit Cronotrópico (DCR) e Índice de Competência Cronotrópica (ICC). Para isso foram utilizados 21 homens divididos em dois grupos; grupo diabético (GD) com 8 homens e grupo controle (GC) composto por 13 homens, todos os voluntários realizaram os dois testes (Protocolo de Bruce e UFSCar-Teste). Os resultados de $\text{VO}_2\text{máx}$ obtidos no protocolo de Bruce foram significativamente maiores quando comparados com o UFSCar-Teste, chegando ao ponto de mudar a classificação perante a AHA, quando a comparação foi feita entre os grupos em um mesmo protocolo, somente o UFSCar-Teste mostrou diferenças significativas, enquanto que o Protocolo de Bruce não foi eficaz em mostrar diferenças significativas. A avaliação cardiorrespiratória é extremamente importante para a determinação correta do $\text{VO}_2\text{máx}$ e da sua classificação, uma avaliação errada pode prejudicar um laudo clínico e ou a prescrição de um treinamento físico.

Palavras Chave: Capacidade Funcional, Consumo de Oxigênio, Diabetes Melitus tipo 2.

ABSTRACT

The maximal oxygen uptake (VO_{2max}) is considered the most important parameter to identify the functional capacity of the cardiorespiratory system and is also an important predictor of cardiovascular disease. In great majority are the incremental tests (IT) used to determine VO_{2max} that can be performed on the track, but also, and more usually are made in controlled environments using devices that are called ergometers. The IT can be classified into two types, called direct (or ergoespirometric) and indirect. Indirect tests use a measure as parameter related to the maximum performance cardiorespiratory (heart rate, intensity of the maximum charge, among others). The tests use direct gas analysis are more precise to determine VO_{2max} , but have high costs. Thus, both methods can have advantages and disadvantages. The aim of this study was to compare the physiological responses based on VO_{2max} in different protocols (Bruce Protocol and UFSCar-TEST) in non-diabetics and diabetics subjects. The parameters were analyzed and Maximum Oxygen Consumption (VO_{2max}), cardiac output (CO), Metabolic Equivalents (METs), Functional Aerobic Deficit (FAI), Heart Rate Recovery (HRR), Chronotropic deficit (CD) and Chronotropic Competence Index (CCI). For this we used 21 men divided into two groups diabetic group with 8 men and a control group of 13 men, all volunteers performed the two tests (Bruce protocol and UFSCar-Test). The results of VO_{2max} obtained in Bruce Protocol was significantly higher when compared with the UFSCar-test to the point of changing the classification in AHA when the comparison was made between the groups in the same protocol, only the UFSCar-test showed differences significant, while Bruce Protocol was not effective to show significant differences. The cardiorespiratory assessment is extremely important for the correct determination of VO_{2max} and their classification, one miscalculation can harm a clinical report and or the prescription of physical training.

Key words: Functional Capacity, Oxygen Uptake, Diabetes Melitus type 2.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Protocolo de Bruce.....	52
Figura 2 – Protocolo UFSCar- Teste.....	54
Figura 3 – Variáveis individuais de $VO_2\text{max}$ atingidos entre os testes UFSCar- Teste e Protocolo de Bruce.....	59
Figura 4 – Correlação entre os valores de $VO_2\text{max}$ atingidos entre os testes UFSCar- Teste e Protocolo de Bruce.....	60
Figura 5 – Concordância entre os valores medidos nos testes UFSCar- Teste e Protocolo de Bruce.....	61
Figura 6 – Classificação da aptidão cardiorrespiratória dos voluntários do GD em ambos os protocolos.....	65
Figura 7 – Classificação da aptidão cardiorrespiratória dos voluntários do GC em ambos os protocolos.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis mensuradas em testes ergométricos.....	22
Tabela 2 – Variáveis mensuradas em testes ergoespirométricos.....	23
Tabela 3 – Metodologias para determinação do VO ₂ máx.....	33
Tabela 4 – Caracterização dos voluntários.....	48
Tabela 5 – Equações utilizadas no protocolo de Bruce.....	53
Tabela 6 – Características bioquímicas e hemodinâmicas do grupo controle e grupo diabético (média ± desvio padrão) e os valores de normalidade.....	57
Tabela 7 – Parâmetros hemodinâmicos e metabólicos dos 21 voluntários (grupo total) nos testes de Bruce e UFSCar- Teste.....	58
Tabela 8 – Média ± desvio padrão dos valores de consumo máximo de oxigênio relativo ao peso corporal obtido no grupo Controle (GC) e no Grupo Diabético (GD) nos dois protocolos.....	62
Tabela 9 – Média ± desvio padrão dos parâmetros ventilatórios dos grupos controle (GC) e diabético (GD) determinados pelo UFSCar- Teste.....	64
Tabela 10 – Comparação da classificação cardiorrespiratória obtida pelos valores de consumo máximo de oxigênio em ambos os testes.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Nível de aptidão Física do American Heart Association (AHA) para homens.....	36
Quadro 2 – Diagnóstico da Diabetes.....	43

LISTA DE SIGLAS

ACSM = American College of Sports Medicine

AHA = American Heart Association

AVD = Atividades de Vida Diária

CV = Capacidade Vital

DAF = Déficit Aeróbio Funcional

DC = Débito Cardíaco

d = effect size

VE/VO₂ = Equivalente de Oxigênio

VE/VCO₂ = Equivalente de Dióxido de Carbono

FC_{máx} = Frequência Cardíaca Máxima

FECO₂ = Fração Expirada de Dióxido de Carbono

FEO₂ = Fração Expirada de Oxigênio

IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICC = Índice de Competência Cronotrópica

MET = Equivalentes Metabólico

QR = Quociente Respiratório

ΔFC_1 = Recuperação da Frequência cardíaca no primeiro minuto

ΔFC_2 = Recuperação da Frequência cardíaca no segundo minuto.

ΔFC_4 = Recuperação da Frequência cardíaca no quarto minuto.

TECP = Teste de esforço Cardio Pulmonar.

TE = Teste ergométrico.

TI = Teste Incremental.

TRFC = Taxa de Recuperação da Frequência Cardíaca.

VCO₂ = Produção de Dióxido de Carbono.

VE = Ventilação.

VO_2 = Consumo de Oxigênio.

$\text{VO}_{2\text{max}}$ = Consumo Máximo de Oxigênio.

$\text{VO}_{2\text{max M}}$ = Consumo máximo de Oxigênio Mensurado

$\text{VO}_{2\text{max E}}$ = Consumo Máximo de Oxigênio Estimado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1. Avaliação Cardiorrespiratória.....	21
2.1.1. Déficit Aeróbio Funcional	23
2.1.2 Índice de Competência Cronotrópica.....	24
2.1.3. Taxa de Recuperação da Frequência Cardíaca	25
2.1.4. Débito Cardíaco	26
2.1.5. Equivalentes Metabólicos	27
2.1.6. Ergoespirometria.....	28
2.1.7. Equivalente Respiratório de Oxigênio.....	28
2.1.8. Equivalente Respiratório de Gás Carbônico	30
2.1.9. Pulso de Oxigênio.....	30
2.2. Padronização do teste	31
2.2.1. Protocolo de Bruce	35
2.3. Envelhecimento demográfico.....	37
2.3.1. Processos fisiológicos do envelhecimento	37
2.3.2. Sistema respiratório.....	38
2.3.3. Sistema cardiovascular	39
2.3.4. Sistema Muscular	40
2.3.5. Capacidade Funcional.....	41
2.3.6. Doenças no Envelhecimento	42
2.3.7. Diabetes Mellitus tipo 2	42
2.3.8. Prevalência do Diabetes Mellitus	43
2.3.9. A avaliação cardiorrespiratória no DM tipo 2	44
3. OBJETIVOS E HIPÓTESES.....	46

3.1. Objetivo Geral	46
3.2. Objetivos Específicos	46
4. MATERIAS E MÉTODOS	48
4.1. Voluntários.....	48
4.2. Desenho experimental do estudo.....	49
4.2.1. Primeira etapa.....	49
4.2.2. Segunda etapa.....	49
4.3. Materiais	50
4.3.1. Análise sanguínea, bioquímica e hemodinâmica.....	50
4.3.2. Avaliação antropométrica e composição corporal	50
4.3.3. Protocolo de Bruce	50
4.3.4. Equações Utilizadas	52
4.3.5. UFSCar-Teste	53
5. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	55
6. RESULTADOS.....	56
7. DISCUSSÃO	66
7.1. Comparação das variáveis metabólicas e hemodinâmicas nos dois protocolos (Protocolo de Bruce e UFSCar-Teste).	67
7.1.1. Consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx), nos dois protocolos (Protocolo de Bruce e UFSCar-Teste).	67
7.1.2. Deficit Aeróbio Funcional (DAF); Débito Cardíaco Máximo (DC máximo) e Equivalentes Metabólicos Máximos (METs máximo) nos dois protocolos (Protocolo de Bruce e UFSCar-Teste).	72
7.1.3. Déficit Cronotrópico (DCR), Índice de Competência Cronotrópica (ICC) e Taxa de Recuperação da Frequência Cardíaca (TRFC) nos dois protocolos (Protocolo de Bruce e UFSCar-Teste).	73
7.1.4. Comparação dos valores de VO_2 máx entre os grupos nos dois protocolos.	75
7.2. Comparação dos valores parâmetros hemodinâmicos e metabólicos do UFSCar- Teste nos dois grupos (Diabético VS Controle).	76
7.2.1. Consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) no UFSCar-Teste nos dois grupos (Diabético VS Controle).	76

7.2.2. Déficit Aeróbio Funcional (DAF), Débito Cardíaco Máximo (DC máximo), Equivalente Metabólico Máximo (METs máximo) e Pulso do O ₂ máximo no UFSCar-Teste nos dois grupos (Diabético VS Controle).....	78
7.2.3. Déficit Cronotrópico (DCR), Índice de Competência Cronotrópica (ICC) e Taxa de Recuperação da Frequência Cardíaca (TRFC) no UFSCar-Teste nos dois grupos (Diabético VS Controle).	79
8. CONCLUSÕES	81
9. LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
APÊNDICES	96
ANEXOS	104

1. INTRODUÇÃO

O Consumo Máximo de Oxigênio ($\text{VO}_2\text{máx}$) é considerado o parâmetro mais importante para identificar a capacidade funcional do sistema cardiorrespiratório e utilizado como um importante preditor de doenças cardiovasculares (ALBOUAINI *et al.*, 2007a; ADEKUNLE e AKINTOMIDE, 2012)

Os métodos utilizados para determinar o $\text{VO}_2\text{máx}$, em grande maioria, são os Testes Incrementais (TI), realizados tanto em pista como também em ambientes controlados como os laboratórios, utilizando aparelhos que são chamados de ergômetros, que podem ser primariamente dois: esteira rolante e ciclo ergômetro ou bicicleta ergométrica (MYERS *et al.*, 1991; MIDGLEY *et al.*, 2007; MIDGLEY e CARROLL, 2009). Para a realização do TI é necessário que o indivíduo faça um exercício em um ergômetro de forma incremental, ou seja, a intensidade do esforço aumenta em função do tempo; dessa maneira, alcançando intensidades elevadas e a exaustão voluntária. Existe uma enorme variedade de protocolos para realização de TI descritos na literatura (MYERS *et al.*, 1991; MIDGLEY *et al.*, 2008; ALMEIDA *et al.*, 2010). Em função da utilização do ergômetro os testes são chamados de testes ergométricos (TE) e com relação à obtenção dos valores $\text{VO}_2\text{máx}$ podem ser classificados em dois tipos: testes indiretos e diretos (MENEGHELO *et al.*, 2010).

Os TE diretos, também conhecidos como Ergoespirometria (ERGO), utilizam o aparelho de análise de gases para determinar o $\text{VO}_2\text{máx}$, assim aliando ao TE convencional a análise em tempo real dos parâmetros ventilatórios bem como das frações de oxigênio e dióxido de carbono no ar expirado e a ventilação. Dessa forma, a potencia aeróbia é determinada de forma muito precisa, no entanto, o custo elevado do equipamento e a necessidade de pessoal especializado fazem com que o método seja pouco utilizado nas rotinas de exame cardiológico (ALMEIDA *et al.*, 2010; LIMA *et al.*, 2013).

Já os TE indiretos utilizam equações preditivas e mensuram parâmetros relacionados com o desempenho cardiorrespiratório máximo (frequência cardíaca, intensidade da carga máxima suportada, entre outros). A estimativa do $\text{VO}_2\text{máx}$ por equações de predição em TE proporciona a sua determinação de maneira menos

onerosa por não necessitar de equipamentos específicos, profissionais especializados e nem de laboratórios equipados para a realização de testes ergoespirométricos, evidenciando uma ampla possibilidade de aplicação prática clínica quanto no campo da fisiologia do esporte (ALMEIDA *et al.*, 2010; LIMA *et al.*, 2013). Dessa forma, ambos os métodos (equações preditivas e o método direto de análise de gases) podem apresentar vantagens e desvantagens (MAGRANI e POMPEU, 2010).

Em relação aos testes indiretos, o protocolo de TE proposto por Bruce *et al.*, (1973) é o mais utilizado em hospitais, centros de ergometria e também na maioria das investigações científicas (BRUCE, KUSUMI e HOSMER, 1973; GUMMING, EVERATT e HASTMAN, 1978). O Protocolo de Bruce foi desenvolvido com o principal objetivo de detectar possíveis alterações no traçado eletrocardiográfico de esforço em pacientes com ou sem patologias cardíacas (GUMMING, EVERATT e HASTMAN, 1978; MILLER *et al.*, 2007). Entretanto, nas clínicas de cardiologia o Protocolo de Bruce é utilizado para estimar o $\text{VO}_2\text{máx}$ utilizando uma equação de predição.

Já está bem descrito na literatura que o padrão ouro para determinar o $\text{VO}_2\text{máx}$ é a realização de um TI utilizando o analisador de gases, além do mais o protocolo de TI proposto por Bruce pode apresentar valores diferentes do real, superestimando ou subestimando o $\text{VO}_2\text{máx}$, pois leva em consideração o tempo que o indivíduo consegue permanecer no teste (COOPER, 1968; WEISGERBER *et al.*, 2009; WICKS *et al.*, 2011).

Pollock *et al.* (1976) compararam os valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ em 51 homens com idade entre 35 a 45 anos, em quatro protocolos diretos. Nesta comparação, o grupo de pesquisadores não encontrou diferença significativa entre os protocolos; Protocolo de Balke: $44,4 \pm 4,4 \text{ ml}(\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$; Protocolo de Bruce: $46,3 \pm 5,7 \text{ ml}(\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$; Protocolo de Ellestad: $46,7 \pm 5,5 \text{ ml}(\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$ e Protocolo de Astrand: $47,3 \pm 5,4 \text{ ml}(\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$ (POLLOCK *et al.*, 1976). Kang *et al.* (2001) e Miller *et al.* (2007) conseguiram evidenciar que existia diferenças significativas quando se comparava o estado de treinamento e não os protocolos. No entanto, esses estudos foram realizados em indivíduos saudáveis.

Quando as avaliações da capacidade cardiorrespiratória são realizadas em indivíduos que pertencem a populações especiais como diabéticos ou obesos, os valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ tendem a ser diferentes quando comparados com indivíduos

saudáveis, pois ao serem expostos a um TE eles apresentam valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ diminuídos em função de sua condição fisiológica. Portanto, é importante que a avaliação de $\text{VO}_2\text{máx}$ seja correta, pois em indivíduos diabéticos o risco de eventos isquêmicos coronarianos é o mesmo que em indivíduos coronariopatas não-diabéticos (MYERS *et al.*, 1991; GRUNDY *et al.*, 2005; LIMA *et al.*, 2008).

Simões *et al.* (2010a) mostraram diferenças significativas no $\text{VO}_2\text{máx}$ em indivíduos saudáveis ($42,4 \pm 8,1 \text{ ml.}(\text{kg.min})^{-1}$) e indivíduos diabéticos ($23,3 \pm 6,7 \text{ ml.}(\text{kg.min})^{-1}$), quando aplicando o mesmo protocolo direto de TI.

Adekunle e Akintomide (2012) realizaram uma avaliação utilizando o protocolo de Bruce para predição do $\text{VO}_2\text{máx}$ em 61 pessoas diabéticas (homens e mulheres com idade entre 30 a 60 anos). Os resultados de $\text{VO}_2\text{máx}$ encontrados para o grupo masculino foi de $26,25 \pm 2,0 \text{ ml.}(\text{kg.min})^{-1}$ e para o grupo feminino foi de $22,4 \pm 3,75 \text{ ml.}(\text{kg.min})^{-1}$. Com achados semelhantes, Simões *et al.* (2010b) analisaram 19 indivíduos portadores de diabetes melitus tipo 2 (DM tipo 2) com idade média de 53,4 anos, utilizando um analisador de gases em um protocolo de TE, identificando valores de consumo de oxigênio pico de $23,6 \pm 7,5 \text{ ml.}(\text{kg.min})^{-1}$.

Em função das possíveis diferenças entre protocolos e as diferenças entre estado de saúde dos indivíduos, torna-se importante investigar as respostas do TE em pacientes diabéticos. Outra consideração importante é que, além dos valores de consumo máximo de oxigênio, o TE utilizando o analisador de gases, apresenta outros parâmetros, como ventilação, quociente respiratório, equivalentes respiratórios.

O Protocolo de Bruce é caracterizado por uma grande mudança na inclinação da esteira durante o teste, que já se inicia em 10% de inclinação, fato que pode acarretar a interrupção do teste em função de um déficit do componente muscular e dificuldade motora em função da inclinação da esteira, e não propriamente cardiorrespiratório, determinando assim valores de VO_2pico ao invés de $\text{VO}_2\text{máx}$. Outra preocupação deve que ser levada em consideração é que o Protocolo de Bruce apresenta uma variação que é o “Bruce modificado”, que utiliza metade da inclinação do original, e não existe a correção dos valores de $\text{VO}_2\text{máx}$, ocasionado uma conclusão errônea do teste (BRUCE, KUSUMI e HOSMER, 1973; MIDGLEY e CARROLL, 2009; MENEGHELO *et al.*, 2010).

Na tentativa de minimizar o componente muscular e motor, o grupo de pesquisadores do Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Federal de

São Carlos, propôs um protocolo de TI (UFSCar-Teste) que não apresenta mudanças na inclinação da esteira, priorizando dessa maneira o condicionamento cardiorrespiratório. Os autores Ekblom *et al.* (1992), Saltin e Stage (1992) defendem que a principal limitação ao atingir valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ é a capacidade do sistema cardiorrespiratório alcançar sua capacidade máxima em captar transportar e metabolizar o oxigênio caracterizando uma limitação central. Devido à inclinação nos últimos estágios ser elevada no teste de Bruce, o indivíduo apresenta dificuldade em andar ou correr em grandes inclinações devido a alteração do seu centro de gravidade, limitando o teste antes da limitação cardiorrespiratória.

Tanto o método direto quanto o indireto possuem relevância na investigação dos resultados de $\text{VO}_2\text{máx}$, no entanto, a determinação do $\text{VO}_2\text{máx}$ é protocolo dependente e essas diferenças (resultados de VO_2max) podem ser potencializadas quando aplicadas em populações especiais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Avaliação Cardiorrespiratória

O teste de avaliação cardiorrespiratória conhecido como teste ergométrico (TE) ou ainda teste de esforço cardiopulmonar (TECP), é utilizado como principal método para o diagnóstico das doenças cardiovasculares (MENEGHELO *et al.*, 2010; MESQUITA e JORGE, 2013). O TE é um procedimento não invasivo, em que o indivíduo é submetido a um esforço programado e individualizado, com a finalidade de avaliar as respostas clínicas, hemodinâmica, autonômica, eletrocardiografia, metabólica e ventilatória.

A partir dessa avaliação, é possível identificar a ocorrência de isquemia miocárdica, arritmias cardíacas e distúrbios hemodinâmicos induzidos pelo esforço; avaliar a capacidade funcional e a condição aeróbia, diagnosticar determinadas doenças cardiovasculares e respiratórias, prescrever exercício, avaliar objetivamente os resultados de intervenções terapêuticas e fornecer dados para a perícia dos profissionais da saúde (MENEGHELO *et al.*, 2010; HERDY e UHLENDORF, 2011; MESQUITA e JORGE, 2013).

Os protocolos de TI e TE que são utilizados para determinar o VO_2 máx geralmente apresentam diferenças consideráveis em suas metodologias, tais como a duração dos estágios e taxa de aumento na intensidade. Como os valores de VO_2 máx são protocolo dependentes, o avaliador pode manipular essas duas variáveis. Além disso, outros parâmetros que auxiliam em um TE mais completo, como o limiar de lactato e ventilatórios, eficiência mecânica e taxa pico de potencia, podem ser utilizados para identificar a capacidade funcional, monitorar e periodizar de forma mais controlada um treinamento físico e analisar as adaptações de um treinamento proposto (MIDGLEY *et al.*, 2008; LIMA *et al.*, 2013)

A capacidade cardiorrespiratória, expressa pelo VO_2 máx, é o principal indicador da aptidão cardiorrespiratória e um importante parâmetro preditivo de morbidades associadas com a tolerância ao exercício e performance física, portanto, o VO_2 máx pode ser definido como a capacidade máxima da pessoa em captar,

transportar e metabolizar o oxigênio para a biossíntese oxidativa de ATP (ALBOUAINI *et al.*, 2007b; HERDY e UHLENDORF, 2011).

A avaliação do $\text{VO}_2\text{máx}$ em um TE convencional pode ser complementada por outros parâmetros que também inferem a aptidão física. Estes parâmetros tem como base em seu calculo o $\text{VO}_2\text{máx}$, tais como o Déficit Aeróbio Funcional (DAF), débito cardíaco máximo (DC máximo), equivalentes metabólicos máximos (METs máximos) e outros que não dependem do $\text{VO}_2\text{máx}$ como o índice de competência cronotrópica (ICC), déficit cronotrópico (DCR), taxa de recuperação da frequência cardíaca (TRFC), entretanto, quando a avaliação cardiorrespiratória é uma ergoespirometria além dos parâmetros citados anteriormente, existem também os ventilatórios como por exemplo, Ventilação (VE), Equivalentes Respiratórios (VE/VO_2 e VE/VCO_2) e Frações Expiradas. Todos esses dados, estão descritos nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Variáveis mensuradas em testes ergométricos.

Variáveis	Sigla	O que representa
Consumo de Oxigênio	VO_2	Consumo de Oxigênio, capacidade de captar, transportar e metabolizar oxigênio para a biossíntese oxidativa de ATP.
Déficit Aeróbio Funcional	DAF	Relação entre o percentual do consumo de oxigênio atingido e o previsto para a faixa etária.
Frequência Cardíaca Máxima	FCmáx	Frequência cardíaca máxima.
Índice de Competência Cronotrópica	ICC	Incapacidade do coração de aumentar a frequência cardíaca com o aumento da intensidade da atividade ou da demanda metabólica.
Déficit Cronotrópico	DCR	Relação entre a frequência cardíaca máxima atingida no teste e o previsto para a idade.
Equivalente Metabólico	MET	Equivalentes metabólicos, gasto energético médio em repouso; $1\text{MET} = 3,5 \text{ ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$
Taxa de Recuperação da Frequência Cardíaca	TRFC	Medida que representa a capacidade do sistema nervoso autônomo em regular a frequência cardíaca após o termino do TE.
Débito Cardíaco máximo	DC máximo	Quantidade de sangue que é bombeada pelos ventrículos em 1 minuto.

Fonte: Elaborada e adaptada pelo autor, baseado nos trabalhos de Bruce *et al.* (1973) e Gunning *et al.* (1978).

Tabela 2 - Variáveis mensuradas em testes ergoespirométricos.

Variáveis	Sigla	O que representa
Consumo de Oxigênio	VO ₂	Consumo de Oxigênio, capacidade de captar, transportar e metabolizar oxigênio para a biossíntese oxidativa de ATP.
Produção de Dióxido de Carbono	VCO ₂	É a quantidade de dióxido de carbono produzido em um minuto.
Ventilação Minuto	VE	Quantidade de ar atmosférico mobilizado em um minuto.
Quociente Respiratório	QR	Indica participação de carboidratos e lipídeos mobilizados para a produção de energia durante o exercício.
Equivalente Respiratório de Oxigênio	VE/VO ₂	Representa eficiência respiratória, quantos litros de ar atmosférico são necessários para metabolizar um litro de oxigênio.
Equivalente Respiratório de Dióxido de Carbono	VE/VCO ₂	Representa eficiência respiratória, quantos litros de ar atmosférico são necessários para eliminar um litro de dióxido de carbono.
Fração expirada de Oxigênio	FEO ₂	Quantidade de oxigênio que é expirada, em relação ao ar atmosférico.
Fração inspirada de Oxigênio	FECO ₂	Quantidade de dióxido de carbono que é expirada, em relação ao ar atmosférico.
Frequência Cardíaca Máxima	FCmáx	Frequência cardíaca máxima.

Fonte: Elaborada e adaptada pelo autor, baseado nos trabalhos de Albouaini *et al.*, (2007).

2.1.1. Déficit Aeróbio Funcional

O Déficit Aeróbio Funcional (DAF) representa a diferença em percentual entre a capacidade aeróbia observada em teste incremental máximo e o valor previsto para uma pessoa saudável de mesmo gênero, idade e nível de atividade física, obtida por meio de equações de regressão (BRUCE, KUSUMI e HOSMER, 1973; BRUCE *et al.*, 1974). Com relação à quantificação do DAF; a) valores positivos significam que o paciente está abaixo da sua capacidade predita; b) valor é igual à zero significa que ele está exatamente de acordo com sua capacidade predita; c) valores negativos significam que o paciente está acima da sua capacidade prevista.

Os valores para a classificação do DAF são os seguintes: a) DAF < 26%, sem prejuízo significativo; b) 27–40%, prejuízo leve; c) 41–54%, prejuízo moderado; d)

55–68%, prejuízo acentuado; e) >68%, prejuízo extremo (STRONG *et al.*, 2012). Desta forma, o DAF pode constituir-se em uma importante ferramenta no controle de intervenções que podem alterar a saúde cardiorrespiratória.

A primeira ocasião que o DAF foi utilizado foi no estudo de Bruce *et al.* (1973). Foram estudados pacientes ambulatoriais portadores de doenças coronarianas. Os pacientes passaram por um teste incremental para a obtenção dos valores de VO_2 máx e posteriormente o DAF quantificado, que apresentou valores de 23% no grupo de homens hipertensos; 24% no grupo de infartados que não sofriam angina durante TE e 41% no grupo de infartados que sofriam de angina (BRUCE, KUSUMI e HOSMER, 1973).

Recentemente Strong *et al.* (2012) mostraram que o DAF foi utilizado em pacientes que passaram por cirurgias de revascularização coronária. Com relação ao DAF os resultados obtidos foram os seguintes: $27,71 \pm 16,67\%$ e $45 \pm 21,3\%$ para homens e mulheres respectivamente, que foram classificados como “prejuízo insignificante” até “prejuízo leve” para homens e “moderado” até “prejuízo acentuado” para as mulheres, mostrando aos pesquisadores a necessidade melhorarem as intervenções pelo exercício físico na fase II da reabilitação proposta.

2.1.2 Índice de Competência Cronotrópica.

A Frequência Cardíaca (FC) é controlada pela ação equilibrada das terminações simpáticas e parassimpáticas do sistema nervoso autônomo. No entanto, o coração exibe uma propriedade de automatismo. Embora a frequência intrínseca do nodo sinusal seja de 100 batimentos por minuto, a frequência cardíaca de repouso geralmente é em torno de 60-80 batimentos por minuto, devido à predominância parassimpática, por meio do sistema eferente via nervo vago que atua predominantemente nas células auto-rítmicas (BRUBAKER e KITZMAN, 2011). Em situação de exercício, a frequência cardíaca aumenta de acordo com a demanda metabólica, a participação simpática no ajuste rápido em exercício é menos evidente, e esse controle é feito em grande parte pela retirada parassimpática, causando assim o ajuste rápido da FC (COLE *et al.*, 1999; KRAEMER, FLECK e DESCHENES, 2011).

Como a principal função do coração é bombear o sangue que é responsável por carregar nutrientes e remover metabólitos, a resposta cronotrópica correta para a manutenção do débito cardíaco, tanto em intensidades máximas como em submáximas é vital; a falha em atingir a frequência cardíaca durante o exercício em determinada intensidade é um exemplo de incompetência cronotrópica (MENEGBELO *et al.*, 2010; BRUBAKER e KITZMAN, 2011).

O Índice de Competência Cronotrópica (ICC) é definido como a inabilidade do coração em aumentar o número de batimentos por minuto, concomitantemente ao aumento da intensidade do exercício físico, resposta cronotrópica usual em pacientes com doenças cardiovasculares (BRUBAKER e KITZMAN, 2011). Vários distúrbios estão associados com a ICC, dentre eles disfunção endotelial, alterações na modulação autonômica, valores elevados nos marcadores de inflamação, e a mais aparente a doença, coronariana (GHORAYEB *et al.*, 2013).

O ICC pode ser diagnosticado quando o paciente é incapaz de atingir 85% da frequência cardíaca máxima estimada obtida pela equação ($FC_{máx}=220-idade$); quando o diagnóstico é feito por essa equação o ICC também é chamado de Déficit Cronotrópico (DCR). Um cálculo mais fidedigno do ICC leva em consideração a idade, capacidade física e frequência cardíaca de repouso. Nessa abordagem o ICC é a relação entre a frequência cardíaca de reserva (FCR) e a reserva metabólica em METS (RM) atingida em cada estágio do exercício.

Quando os valores de FC no esforço incremental máximo não atingem 0,80 do previsto para aquele estágio, pode ser um prognóstico considerável de ICC, e esse valor é associado ao aumento de doenças cardiovasculares e a eventos cardiovasculares (GULATI *et al.*, 2010; MENEGBELO *et al.*, 2010; BRUBAKER e KITZMAN, 2011; GHORAYEB *et al.*, 2013).

2.1.3. Taxa de Recuperação da Frequência Cardíaca

A Taxa de Recuperação da Frequência Cardíaca (TRFC) mostra-se como eficiente prognóstico em diversas populações. Após a realização de um TE, é analisado o decaimento da FC nos minutos subsequentes ao término de teste, geralmente no primeiro, segundo e quarto minuto (SHETLER *et al.*, 2001; MENEGBELO *et al.*, 2010).

Com o término do exercício, a FC tende a diminuir rapidamente, desta forma, a sua taxa de redução em função do tempo possibilita inferir a modulação parassimpática cardíaca (GHORAYEB *et al.*, 2013). Portanto, a taxa de redução da FC ou TRFC até valores de repouso pré-exercício, acontece em função do tônus vagal muito elevado, e ao mesmo tempo, o bom funcionamento do sistema cardiorrespiratório (SHETLER *et al.*, 2001; GHORAYEB *et al.*, 2013). Quando a redução da FC é lenta em relação ao pico atingido no exercício, pode-se inferir uma atividade vagal diminuída e isso é associado à maior taxa de mortalidade (MENEGHELO *et al.*, 2010).

Em um estudo longitudinal, em uma população de 8000 homens que realizaram um teste incremental em esteira, 2193 pacientes apresentaram uma taxa de recuperação da frequência cardíaca dentro do ponto de corte, uma diminuição no segundo minuto < 22 batimentos por minuto, o que representa um risco maior de desenvolvimentos eventos coronarianos futuros; dessa forma, evidencia-se que a TRFC é um prognóstico válido e deve fazer parte de todo e qualquer TE e avaliação cardiorrespiratória (SHETLER *et al.*, 2001).

Os estudos que analisaram a TRFC não foram realizados para população brasileira. Também não existe um método totalmente esclarecido para realizar a medida da taxa de recuperação da frequência cardíaca (MENEGHELO *et al.*, 2010). Quando a recuperação é ativa na velocidade de 1,5 milhas/h (2,4Km/h) e 2,5% de inclinação, o valor da TRFC no primeiro minuto (FCpico-FC no 1ºminuto) deve ser igual ou superior a 12 batimentos por minuto para ser considerado normal (COLE *et al.*, 1999). Se a recuperação for passiva com o paciente sentado a TRFC deve ser maior ou igual a 22 batimentos por minuto ao final do 2º minuto se o paciente estiver deitado a queda no 1º minuto deve ser superior a 18 batimentos (SHETLER *et al.*, 2001; WATANABE *et al.*, 2001; MENEGHELO *et al.*, 2010). Mesmo com a falta de padronização, a TRFC é uma ferramenta importante e de fácil aplicabilidade desde que seja realizada sempre da mesma forma.

2.1.4. Débito Cardíaco

Débito Cardíaco (DC) é o produto da frequência cardíaca e o volume sistólico (VS), ou seja, é a quantidade de sangue bombeada pelo coração no tempo de um minuto. Portanto, o DC pode ser aumentado em função da FC ou do VS.

Durante o exercício em posição ortostática ou corrida na esteira, por exemplo, o aumento do débito cardíaco está relacionado ao aumento de ambos (MCARDLE, KATCH e KATCH, 2008).

Os valores do DC em repouso podem variar entre 4 a 6 l/min, no entanto, durante a atividade física, esse valor aumenta de acordo com a demanda metabólica do exercício, podendo atingir valores de até 30 l/min (ÅSTRAND *et al.*, 1964; GRIMBY e SALTIN, 1983; KRAEMER, FLECK e DESCHENES, 2011). A sua determinação nos seres humanos pode ser feita de dois métodos: método direto (princípio de Fick) e o método indireto (equações preditivas). O método direto é considerado o padrão ouro para o DC, no entanto, pode ser complicado de se realizar e têm o potencial para eventos adversos durante a sua realização. O método indireto (equação preditiva) além de mostrar alta correlação com o método direto em indivíduos saudáveis e pacientes é seguro, reprodutível e praticamente sem custo (ÅSTRAND *et al.*, 1964; HOSSACK *et al.*, 1980).

Existem diversas equações preditivas para determinar o DC, sendo que, em algumas delas, em sua forma matemática o valor de $VO_2\text{máx}$ é utilizado, evidenciando assim a importância de uma avaliação correta da capacidade cardiorrespiratória. A importância da quantificação do DC durante um TE foi descrita pela primeira vez por Griffin e colaboradores, onde eles observaram que o DC pode prognosticar doentes com insuficiência cardíaca com mais acurácia que os valores de $VO_2\text{máx}$ (GRIFFIN *et al.*, 1991).

2.1.5. Equivalentes Metabólicos

Os equivalentes metabólicos surgiram a partir da necessidade de expor o custo energético do exercício em unidades mais simples para se trabalhar e quantificar a capacidade cardiorrespiratória em determinadas intensidades, a partir disso o nome equivalente metabólico (MET). O conceito de MET é bem simples, um MET é equivalente a $3,5 \text{ ml} \cdot (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$, ou seja, igual ao custo energético médio em repouso. Portanto, o gasto energético pode ser descrito em múltiplos de consumo de oxigênio em repouso (METs) (POWERS e HOWLEY, 2005).

2.1.6. Ergoespirometria

A ergoespirometria (ERGO) é uma técnica que ganha espaço no meio do esporte, clínico e científico. Desde 1964 Karlman Wasserman, considerado como um dos principais pesquisadores da fisiologia clínica e do esforço, juntamente com seus colaboradores, foi o primeiro a observar o fenômeno do Limiar Anaeróbio (LAn) em pacientes cardiopatas (NAIMARK, WASSERMAN e MCILROY, 1964; WASSERMAN e MCILROY, 1964; Normatização de técnicas e equipamentos para realização de exames em ergometria e ergoespirometria, 2003).

O teste de ERGO é caracterizado pela realização de um TE convencional associado a um mecanismo de análise dos parâmetros ventilatórios, avaliando a ventilação e as frações expiradas de oxigênio e gás carbônico, e a partir dessas variáveis é calculado o VO_2 . A avaliação com a ERGO consegue diminuir a chance de um diagnóstico de capacidade cardiorrespiratória errada em até 30% (MENEGBELO *et al.*, 2010). No entanto, essa modalidade necessita que o responsável pela realização e interpretação dos resultados apresente conhecimentos mais extensos em fisiologia do esforço do que os apresentados para a interpretação do TE convencional, pois são avaliados outros parâmetros além do VO_2 , já descritos na tabela 2. (Normatização de técnicas e equipamentos para realização de exames em ergometria e ergoespirometria, 2003; MENEGBELO *et al.*, 2010).

Algumas informações são acessíveis somente com um teste de ERGO. As variáveis do teste ergoespirométrico também exibem um valor diagnóstico, como por exemplo; a) identificação mais precisa e objetiva do(s) fator(es) limitante(s) ao esforço máximo (cardiovascular, respiratório, muscular ou metabólico) e b) avaliação do comportamento do volume sistólico, obtida pela análise das curvas e dos valores durante o teste incremental máximo do pulso de oxigênio (VO_2/FC) e dos equivalentes ventilatórios (VE/VO_2 e VE/VCO_2) (GHORAYEB *et al.*, 2013).

2.1.7. Equivalente Respiratório de Oxigênio

O equivalente respiratório de oxigênio (VE/VO_2) é definido pela relação entre a ventilação e o consumo de oxigênio ($\text{Equivalente de Oxigênio} = \text{VE}/\text{VO}_2$) e representa a quantidade de ar mobilizada para se captar 1 litro de oxigênio; dessa forma, o valor em repouso é aproximadamente de 30 (MYERS *et al.*, 1991; NETO, TEBEXRENI e TAMBEIRO, 2001).

Em um exercício crescente nas intensidades abaixo do Limiar Anaeróbio (LAn), acontece a diminuição dos valores de VE/VO_2 em função do aumento da captação de oxigênio pelos pulmões, assim que acontece o nadir da curva do VE/VO_2 é identificado o LAn, a partir disso os valores aumentam rapidamente devido ao aumento da razão consumo/ventilação, pois os pulmões já atingiram sua capacidade máxima em captar oxigênio, com isso o numerador e denominador da equação aumenta elevando os valores de VE/VO_2 (MYERS *et al.*, 1991).

De acordo com a fórmula matemática do VE/VO_2 podemos interpretar que existe uma necessidade ventilatória para um valor de VO_2 conhecido, dessa forma, é utilizado como um índice de eficiência ventilatória. Em pacientes que apresentam inadequada relação entre a ventilação e perfusão pulmonar (espaço morto fisiológico elevado) exibem um padrão ventilatório ineficaz, pois precisam ventilar grandes volumes para metabolizar 1 litro de oxigênio (NETO, TEBEXRENI e TAMBEIRO, 2001; SVEDAHL e MACINTOSH, 2003; HOPKER, JOBSON e PANDIT, 2011).

O LAn determinado pelo VE/VO_2 em conjunto com o $VO_{2máx}$ apresenta uma relação positiva em estratificar os riscos de morbidade, e também é preditor pré-operatório extremamente válido. Portanto, a determinação do LAn é um método bastante atrativo em populações especiais (diabéticos, cardiopatas, obesos), uma vez que esses grupos exibem baixa tolerância em intensidades elevadas de exercício (HOPKER, JOBSON e PANDIT, 2011).

Kawaji *et al.* (1989) identificaram o LAn por meio do VE/VO_2 para assim determinar a intensidade do treinamento em indivíduos diabéticos, e comparar com seus pares saudáveis. A intensidade do LAn nos homens saudáveis foi de 117 ± 6 watts e para os diabéticos de 93 ± 6 watts, já nas mulheres os resultados obtidos foram 106 ± 8 watts para as saudáveis e 80 ± 10 watts para as diabéticas, com diferença significativa em ambos os resultados (KAWAJI *et al.*, 1989). Dessa forma, o LAn quando determinado por parâmetros ventilatórios pode ser considerado como diagnóstico da capacidade aeróbia e prescrição de treinamento para as populações especiais, principalmente pelo seu caráter não invasivo (KAWAJI *et al.*, 1989; SIMOES, HIYANE, *et al.*, 2010).

2.1.8. Equivalente Respiratório de Gás Carbônico

O equivalente de gás carbônico (VE/VCO_2) é definido pela relação entre ventilação e produção de gás carbônico ($\text{Equivalente de Gás Carbônico} = VE/VCO_2$). O VE/VCO_2 representa a quantidade de ar atmosférico mobilizado para eliminar 1 litro de gás carbônico, em condições de repouso os valores variam entre 28 a 32 (MYERS *et al.*, 1991; NETO, TEBEXRENI e TAMBEIRO, 2001).

A resposta do VE/VCO_2 no exercício crescente é semelhante a do VE/VO_2 , conforme vai aumentando a intensidade, os valores do VE/VCO_2 vão diminuindo, ocorrendo uma estabilização perto da intensidade do LAn. Quando a intensidade máxima se aproxima os valores de VE/VCO_2 aumentam novamente, em função do aumento da relação ventilação/produção, identificando o Limiar de Compensação Respiratória (LCR). A estabilização que ocorre do LAn até o LCR acontece devido ao tamponamento do Lactato e esse intervalo é chamado de tamponamento isocápnico (NAIMARK, WASSERMAN e MCILROY, 1964). A partir do LCR, o tamponamento é hipocápnico, devido ao acúmulo do CO_2 metabólico, respiratório e as moléculas de lactato que não foram tamponadas, fato que causa a acidose metabólica e estimula a hiperventilação, que tenta corrigir o equilíbrio do sistema ácido-base com uma alcalose respiratória.

O VE/VCO_2 está presente no diagnóstico e avaliação de diversas doenças, como por exemplo, obesidade mórbida, doença pulmonar obstrutiva crônica e insuficiência cardíaca. Arena *et al.* (2007) realizaram uma revisão de estudos acerca da classificação ventilatória em pacientes com Insuficiência Cardíaca (IC), e concluíram que apesar do $VO_{2\text{máx}}$ ser o principal índice de estratificação dos fatores de risco em pacientes com IC, o VE/VCO_2 também apresenta um forte prognóstico em pacientes com IC, diminuindo a chance de erro (NETO, TEBEXRENI e TAMBEIRO, 2001; ARENA *et al.*, 2004; ARENA *et al.*, 2007).

2.1.9. Pulso de Oxigênio

O pulso de oxigênio (VO_2/FC) é uma medida indireta do transporte do oxigênio cardiopulmonar, dessa forma, medindo a eficiência cardiometabólica durante o exercício físico e repouso (NETO, TEBEXRENI e TAMBEIRO, 2001). Os valores de VO_2/FC são obtidos por meio da equação ($\text{Pulso de oxigênio} = VO_2/FC$) e são expressos em mililitro por batimento ($mlO_2/bat.$). Os valores normais em repouso

podem variar de 4 a 6 mlO₂/bat e no esforço máximo atingindo valores entre 10 e 20 mlO₂/bat. (NETO, TEBEXRENI e TAMBEIRO, 2001; BELARDINELLI *et al.*, 2003).

Os ajustes circulatórios que acontecem durante o exercício crescente, como por exemplo, aumento da diferença arteriovenosa de O₂, aumento do débito cardíaco e a redistribuição do fluxo sanguíneo para a musculatura ativa, fazem que os valores do VO₂/FC aumentem. O indivíduo condicionado e saudável apresenta valores mais elevados; no entanto, os valores são reduzidos quando existe alguma condição que prejudica a função ventricular (disfunção ventricular esquerda secundária à isquemia e infarto) ou condições em que a entrega de O₂ está comprometida (anemia ou hipoxemia) (NETO, TEBEXRENI e TAMBEIRO, 2001; BELARDINELLI *et al.*, 2003).

2.2. Padronização do teste

Como descrito anteriormente, o VO₂máx pode ser definido como a capacidade máxima dos músculos ativos consumirem oxigênio para a biossíntese oxidativa de ATP durante o exercício físico. Tipicamente o valor de VO₂máx é obtido por meio de TI e apesar de ser amplamente utilizado tanto na fisiologia clínica como no campo do exercício físico, uma série de preocupações sobre a natureza genérica desses protocolos têm sido levantadas (MAUGER e SCULTHORPE, 2012). Para um teste ser considerado válido precisa atender alguns critérios, como utilizar um exercício familiar, de preferência que utilize grandes grupos musculares, aumentar a intensidade progressivamente, ser seguro e ter a aceitação tanto de atletas quanto de pacientes, e necessitar do menor tempo possível (BRUCE, KUSUMI e HOSMER, 1973).

No entanto, como existe enorme variabilidade individual dentro da população, assim como diferentes objetivos em uma avaliação cardiorrespiratória, a falta de uma padronização se faz presente (BENTLEY, NEWELL e BISHOP, 2007). Segundo Midgley e colaboradores (2008) observaram que para atingir o VO₂máx em ciclo ergômetro o teste pode durar entre 7 e 26 minutos e na esteira ergométrica duração de 5 a 26 minutos, sendo que o tempo de duração vai depender do período de aquecimento e a inclinação da esteira que não pode exceder 15%. Portanto, vários protocolos para a obtenção do valor de VO₂máx são descritos na literatura na tentativa de atingir valores mais elevados e mantendo o custo benefício do teste (MIDGLEY *et al.*, 2008).

Na tabela 3 estão descritos diversos protocolos de $\text{VO}_2\text{máx}$, bem como suas metodologias em indivíduos saudáveis em testes realizados em esteira. A tabela 3 foi adaptada originalmente de Midgley *et al.* (2008).

Tabela 3 - Metodologias para determinação do VO₂máx.

Estudos	Sujeitos	Protocolos	Inclinação Máx. (%)	Tempo (min)	VO ₂ máx. ml(kg.min) ⁻¹
Midgley <i>et al.</i> (2007)	9 homens corredores	A. 1km/h/1 min nos 5 primeiros estágios, 0,5km/h/1 min. nos demais	1,0	10,3(1,7)	54,9(7,2)
		B. 1km/h/2 min (30 segundos de intervalos entre os estágios)	1,0	17,9(2,0)	55,0(6,9)
		C. 1km/h/3 min (30 segundos de intervalos entre os estágios)	1,0	26,0(2,4)	53,4(6,0)
	12 homens treinados.	A. 0 +2%/2 min velocidade constante 14,4km/h	10,0	10,4(1,4)	68,0
		B. 0 +2%/2 min velocidade constante 9,7km/h	14,0	14,5 (1,7)	66,0
		C. 0,7 + 1,4/1,4/1,4/1,1 km/h e 10 +2% incremento a cada 3 min	20,0	17,0(1,7)	64,0
Kang <i>et al.</i> (2001)	15 homens não-treinados.	A. 0 +2%/2 min velocidade constante 14,4km/h	4,0	4,9(1,2)	45,2
		B. 0 +2%/2 min velocidade constante 9,7km/h	8,0	9,8 (1,9)	45,0
		C. 0,7 + 1,4/1,4/1,4/1,1 km/h e 10 +2% incremento a cada 3 min	18,0	12,4 (1,5)	45,1
	10 mulheres não treinadas	A. 0 +2%/2 min velocidade constante 14,4km/h	4,0	5,3 (1,9)	42,5
		B. 0 +2%/2 min velocidade constante 9,7km/h	8,0	9,0 (2,5)	42,5
		C. 0,7 + 1,4/1,4/1,4/1,1 km/h e 10 +2% incremento a cada 3 min	16,0	11,0(1,9)	41,2
Myers <i>et al.</i> (1991)	41 Homens doentes e saudáveis	A. 1.3/1.4/1.3/1.3/0,8 km/h e 10 + 2% de Incremento a cada 3 min	14,0	6,6(1,5)	22,3 (8,0)
		B. Protocolo de Rampa com taxa de aumento individualizada para a fadiga acontecer em - 10 min.	?	9,1 (1,4)	21,0 (8,0)
		C. 0 + 2,5%/2 min a 3,2 velocidade constante de 4,8 km/h.	10,0	10,4 (3,4)	21,1 (8,0)
McConnell and Clarkl (1988)	10 Homens corredores	A. 0 + 2,5%/1 min constante 12,9 km/h	25,0	10,1 (0,6)	65,0 (5,6)
		B. 0 + 2,5%/2 min constante 12,9 km/h	15,0	13,1 (1,2)	64,5 (5,3)
		C. 0 + 2,5%/2 min constante 14,0 km/h	12,5	11,8 (1,1)	66,2 (3,9)
		D. 0 + 2,5%/2 min constante 12,7 km/h	15,0	13,6 (2,5)	64,7 (5,8)

Fonte: Adaptado de Midgley et al. (2008)

Buchfuhrer et al. (1983) 5 homens moderadamente ativos.	A. 4.2%/1 min (constante 5.5 km/h)	25,2	7,0(1,1)	49,1 (12,3)
	B. 1.7%/1 min (constante 7.2 km/h)	17,0	10,6 (2,2)	51,9 (13,1)
	C. 2.5%/1 min (constante 5.5 km/h)	27,5	11,4(2,2)	52,5 (12,8)
	D. 1.7%/1 min (constante 5.5 km/h)	25,5	15,1 (2,0)	51,7 (13,1)
	E. 0.8%/1 min (constante 5.5 km/h)	20,8	26,4 (3,6)	50,3 (11,6)
Pollock et al. (1982) 29 mulheres sedentárias. 20 homens ativos.	A. 2.7 + 1.3/1.4/1.3/1.3/0.8 km/h and 2% Incremento a cada 3 min	6,0	9,5 (0,9)	36,9 (4,1)
	B. 0% + 2.5%/3 min velocidade constante 4.8 km/h	17,5	21,7 (3,2)	35,0 (5,3)
	A. 2.7 + 1.3/1.4/1.3/1.3/0.8 km/h and 2% Incremento a cada 3 min	6,0	11,4 (1,0)	46,1 (4,8)
	B. 0% + 2.5%/3 min velocidade constante 4.8 km/h	25,0	27,5 (3,0)	43,2 (3,8)
Pollock et al. (1976) 22 homens ativos	A. 0 + 2.5%/2 min velocidade constante (dependendo do condicionamento individual)	7,5	7,4(1,1)	37,7 (3,8)
	B. 2.7 + 1.6 km/h/2-3 min incremento de 10% e 15%	15,0	8,2 (1,1)	36,3 (4,4)
	C. 2.7 + 1.3/1.3/1.3/1.3/0.8 km/h e 10 + 2% de incremento a cada 3 min	16,0	9,4(1,1)	35,3 (3,9)
	D. 0 + 2 + 1%/1 min velocidade constante 5,3 km/h	15,0	14,6 (2,7)	35,8 (4,1)
Froelicher et al. (1974) 15 homens saudáveis	A. 0 + 2.5%/2 min de velocidade constante (dependendo do condicionamento)	10,0	8,3(1,0)	7,3 (5,4)
	B. 2.7 + 1.6 km/h/2-3 min incremento de 10% e 15%	15,0	10,5(1,4)	46,7 (5,5)
	C. 2.7 + 1.3/1.3/1.3/1.3/0.8 km/h e 10 + 2% incremento a cada 3 min	16,0	11,5(1,0)	46,3 (5,7)
	D. 0 + 2 + 1%/1 min velocidade constante 5.3 km/h	20,0	19,8(2,9)	44,1 (4,4)
Fonte: Adaptado de Midgley et al. (2008)	A. 0 + 2.5%/3 min velocidade constante 11,3 km/h (5-min descanso entre os estágios)	7,5	11,7	47,4
	B. 2.7 + 1.3/1.4/1.3/1.3/0.8 km/h e 10 + 2% incremento a cada 3 min	18,0	13,0	44,3
	C. 0 + 2 + 1%/1 min em velocidade constante de 5.3 km/h	24,0	23,7	42,8

2.2.1. Protocolo de Bruce

O médico e pesquisador americano Robert Bruce, foi quem desenvolveu o protocolo que leva o seu nome, também conhecido como “Pai da Cardiologia no Exercício”. O desenvolvimento do protocolo teve início a partir de uma técnica de esforço chamada de “Master’s two steps”, que envolvia ficar subindo e descendo dois degraus de escada, mas era muito extenuante para cardiopatas (TANNEN, 2004).

Em 1949, Bruce e seus colegas começaram a testar os pacientes em esteiras ergométricas e perceberam que se aliassem o eletrocardiograma ao teste eles conseguiriam resultados interessantes e inovadores para a época, como por exemplo, monitorar a frequência cardíaca minuto a minuto enquanto a intensidade do teste (velocidade e inclinação) era alterada. Após a primeira publicação com o protocolo em 1963, começou então a ser utilizado em diagnósticos cardiovasculares (TANNEN, 2004).

O Protocolo de Bruce que foi proposto em 1963, após 9 anos e mais de 10.000 observações de testes ergométricos em ambulatorios. A partir disso foi desenvolvido um protocolo capaz de atingir todos os requisitos básicos para um teste ergométrico: a) um exercício familiar para a maioria da população, envolvendo grandes grupos musculares; b) iniciar o teste com um esforço submáximo e prosseguir até a fadiga; c) ser seguro e aceitável para os pacientes; d) ser capaz de realizar o teste no menor tempo possível, pois logo no primeiro estágio o VO_2 aumenta 4 vezes em relação ao repouso e nos estágios seguintes que acontece o aumento de 3 METs em relação ao estágio anterior; e) ser compatível com os padrões reais de medida (BRUCE, KUSUMI e HOSMER, 1973).

O Protocolo de Bruce pode ser aplicado a partir dos quatro anos de idade até as mais avançadas idades, e ainda hoje é um protocolo amplamente utilizado (GUMMING, EVERATT e HASTMAN, 1978; ADEKUNLE e AKINTOMIDE, 2012). Nas bases de dados da literatura, pode-se encontrar mais de 1.000 evidências científicas até o mês de janeiro de 2013 que utilizaram esse protocolo como avaliação cardiorrespiratória. O protocolo está descrito na sessão de Materiais e Métodos do presente estudo.

2.2.2. Classificações da aptidão cardiorrespiratória

A aptidão cardiorrespiratória é considerada componente da aptidão física relacionada a saúde, que descreve a capacidade do sistema cardiovascular e respiratório em fornecer oxigênio durante uma atividade física contínua (CAPERSEN *et al.* 1995; ACSM 2000). Está diretamente relacionada com o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, onde apresenta uma correlação negativa, ou seja, quanto menor a capacidade cardiorrespiratória do indivíduo, maior é o risco de desenvolver as doenças cardiovasculares e outras doenças relacionadas ao envelhecimento.

É observado que os indivíduos que permanecem ativos ao longo da vida vivem mais tempo e mais independente fisicamente em relação as atividades de vida diária (LEE *et al.* 1999; DELVAUX *et al.* 2000; NAHAS 2003). No entanto, nos últimos 50 anos foram observados uma série de modificações socioeconômicas, dessa forma, a atividade física e seus componentes (avaliação física, terapia não farmacológica, reabilitação física e exercício de alto rendimento) devem ser estudados mais profundamente (NAHAS 2003).

O *American College of Sports Medicine* (ACSM) e a *American Heart Association* (AHA), desenvolveram por meio de várias revisões, quadros com os valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ referentes a média populacional americana, e são utilizado como referência na classificação mundial da população. Essa classificação é utilizada para comparar os resultados das avaliações cardiorrespiratórias com a respectiva categoria. Esses valores estão descritos no quadro 1.

Quadro 1 - Nível de Aptidão Física do *American Heart Association* (AHA) para homens.

Classificação da aptidão cardiorrespiratória – $\text{VO}_2\text{máx}$ em $\text{ml} \cdot (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$					
Idade	Muito Fraca	Fraca	Regular	Boa	Excelente
20 – 29	< 24	24 – 33	34 – 42	43 – 52	≥ 53
30 – 39	< 23	23 – 30	31 – 38	39 – 48	≥ 49
40 – 49	< 20	20 – 26	27 – 35	36 – 44	≥ 45
50 – 59	< 18	18 – 24	25 – 33	34 – 42	≥ 43
60 - 69	< 16	16 – 22	23 – 30	31 - 40	≥ 41

Fonte: Adaptado de *American College of Sports Medicine ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (2000).

2.3. Envelhecimento demográfico

As pessoas com mais de 60 anos, somam 23,5 milhões dos brasileiros, mais que o dobro do registrado em 1991, quando a faixa etária contabilizava 10,7 milhões de pessoas, dessa forma, pode-se afirmar que todas as faixas etárias a partir de 50 anos, vão aumentar também. Os dados foram divulgados pela Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílio (Pnad). Na comparação entre 2009 (última pesquisa divulgada) e 2011, o grupo da terceira idade aumentou 7,6%, ou seja, mais 1,8 milhão de pessoas. Há dois anos, eram 21,7 milhões de pessoas ((IBGE), 2010).

Com o avanço no campo da saúde e redução na taxa de natalidade, a expectativa de vida do brasileiro aumentou. Isso se comprova com o aumento na participação dos idosos com 75 anos ou mais no total da população. No ano de 1991, eles eram 2,4 milhões e, em 2000 eram 3,6 milhões, mostrando um aumento de 77% ((IBGE), 2010).

Com o constante envelhecimento da população, novos desafios em termos sociais e econômicos são colocados como grandes responsabilidades das políticas públicas. A Assembleia Geral das Nações Unidas em 1995, alertou os governos para que fossem criadas e introduzidas medidas específicas de apoio a todos os grupos pertencentes a essa faixa etária que está em crescimento (LIMA; SILVA, 2002).

2.3.1. Processos fisiológicos do envelhecimento

As mudanças morfológicas e funcionais que ocorrem no decorrer da vida acontecem na confluência de três fatores: fenômeno do envelhecimento, aparecimento de doenças e o estilo de vida do indivíduo (MATSUDO S, 1993; Screening for Obesity in Adults: Recommendations and Rationale, 2003).

O fenômeno do envelhecimento pode ser caracterizado como um processo gradual, universal e irreversível que acelera na maturidade e provoca uma perda funcional progressiva no organismo (NAHAS, 2003).

As mudanças relacionadas ao processo de envelhecimento podem atingir uma sucessão de efeitos, afetando tecidos, órgãos sistêmicos e suas funções; sendo assim, esses efeitos vão se acumulando até que podem atingir um estado em que as atividades da vida diária (AVDs) serão afetadas, deixando esse indivíduo com certo grau de dependência física.

Dentre os efeitos do processo de envelhecimento podem ser citados a redução da capacidade aeróbia máxima e a perda da força muscular (KOHRT e HOLLOSZY, 1995). Esses efeitos em indivíduos de meia-idade e idosos, em conjunto com o estilo de vida atual, representam maiores riscos de desenvolverem doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), dentre elas a DM tipo 2 se sobressai, pois, a partir dos 45 anos a sua prevalência aumenta, chegando a triplicar nas faixas etárias mais elevadas (55-60 anos). Essa estatística reforça a ideia que os indivíduos portadores de DCNT devem realizar uma avaliação cardiorrespiratória correta, a fim de obter um treinamento físico dentro de suas limitações e consequentemente não reverter o quadro da doença e sim atenuar os sintomas (RANTANEN *et al.*, 1999; BLAIR e WEI, 2000).

Segundo o ACSM, com o avanço da idade vários sistemas fisiológicos podem sofrer deterioração em suas estruturas e suas funções, mesmo que o indivíduo não apresente nenhum quadro patológico (NELSON *et al.*, 2007). A seguir serão descritas alterações relacionadas aos sistemas respiratório, cardiovascular e muscular.

2.3.2. Sistema respiratório

O Sistema Respiratório tem como função primordial fornecer oxigênio e remover o dióxido de carbono das células do organismo, também contribui para o equilíbrio ácido-base, como sistema de defesa contra infecções, reserva de sangue, produção de componentes vasoativos, entre outras.

O Sistema Respiratório é um dos sistemas do organismo que se deteriora mais rapidamente devido a maior exposição a poluentes ambientais ao longo dos anos. As mudanças que ocorrem são clinicamente relevantes, porque a deterioração da função pulmonar está associada ao aumento da taxa de mortalidade. O conhecimento dessas alterações contribui para a detecção e prevenção de disfunções respiratórias em idosos (RUIVO *et al.* 2009).

Com o processo de envelhecimento biológico, as funções da parede torácica sofrem alterações, diminuindo a força dos músculos respiratórios, resposta inerente ao envelhecimento, desde que no decorrer da vida nenhum quadro patológico seja desenvolvido, como a ruptura dos alvéolos, nesse quadro acontece a diminuição da

superfície respiratória, aumentando a dificuldade da troca gasosa, dessa forma, piorando a capacidade de hematose (IDE, 2004; PEREIRA *et al.* 2004).

Portanto, a diminuição da hematose afeta alguns índices da capacidade respiratória, como a capacidade vital (CV), VO_2 e remoção do CO_2 , essas alterações deletérias são observadas por meio de avaliações corretas e específicas (PINTO, 1999; IDE, 2004).

Os indivíduos que realizam exercício físico ao longo da vida apresentam melhor capacidade funcional, capacidade pulmonar total, ventilação máxima forçada e capacidade vital maiores do que indivíduos sedentários. Achados relacionados a parâmetros ventilatórios revelam que a prática de exercício físico regular pode retardar o declínio da função pulmonar relacionada com decorrer da vida (GROELLER *et al.* 2003; IDE, 2004;).

2.3.3. Sistema cardiovascular

O sistema cardiovascular tem como função garantir a circulação para todos os órgãos, transportando e distribuindo substâncias essenciais aos tecidos e células, como os nutrientes e catabólicos, os gases respiratórios e permitir as atividades das células sanguíneas. Participa, também, de mecanismos homeostáticos como a comunicação hormonal e controle térmico. Por apresentar automatismo próprio, independe da ação central ao seu funcionamento, apesar dos processos de regulação momento-a-momento.

Com o processo de envelhecimento, as artérias sofrem alterações, como diminuição da elasticidade, complacência e dilatação (LAKATTA e LEVY, 2003). Assim, a sístole ventricular, enviando o sangue para suas respectivas circulações, que agora são menos complacentes, favorece o aumento da pressão arterial sistólica (PAS), enquanto o aumento da resistência arterial periférica determina incremento progressivo da pressão arterial média (PAM) (GREWAL *et al.*, 2009). As paredes da aorta tornam-se mais espessas pela infiltração de colágeno, mucopolissacarídeos e deposição de cálcio, com descontinuação das lâminas elásticas. A circulação periférica sofre alterações morfológicas e funcionais, tais como a redução da relação capilar/fibra muscular, menor diâmetro capilar e alteração da função endotelial (GREWAL *et al.* 2009). Nas estruturas vasculares,

ocorre redução na liberação de óxido nítrico e menor resposta vasodilatadora dependente do endotélio (DESOUZA *et al.*, 2000).

Com o passar do tempo o coração do trabalha com uma pós-carga maior em função do enrijecimento das estruturas vasculares, mesmo os normotensos apresentam uma leve hipertrofia nos miócitos do ventrículo esquerdo resultante do estresse que as paredes do miocárdio sofrem (KITZMAN, 2002). Porém, esta estimulação que os miócitos sofrem aumenta o processo de apoptose, isso faz com que tecido conjuntivo preencha os locais dos miócitos mortos; dessa maneira, estes indivíduos podem apresentar anormalidades nas fases do ciclo cardíaco como o volume diastólico final, diminuindo o débito cardíaco máximo e a sua capacidade funcional (GREWAL *et al.*, 2009).

Analisando ainda o coração, a modulação da função cardíaca pelo sistema nervoso autônomo diminui (resposta β -adrenérgica reduzida, menor ativação neural e diminuição da densidade dos receptores β -adrenérgicos - down-regulation) levando a diminuição do cronotropismo, inotropismo e vasodilatação arterial (XIAO *et al.*, 1998).

2.3.4. Sistema Muscular

A habilidade humana de desenvolver força, como já é conhecida vai diminuindo com o passar da vida, especialmente a partir da sexagésima década de vida quando este déficit passa a ser de 15% por década (GRIMBY e SALTIN, 1983; HÄKKINEN *et al.*, 2000). Porém essa queda já se inicia a partir da segunda década (REED *et al.*, 1991).

O declínio que acontece no sistema muscular acontece em duas vertentes: a primeira é a diminuição da ativação de unidades motoras dos músculos agonistas e na co-ativação agonista-antagonista desse modo diminuindo a qualidade de movimento (HÄKKINEN *et al.*, 2000); a segunda vertente é a diminuição excessiva da massa muscular, fenômeno denominado como sarcopenia (GRIMBY e SALTIN, 1983; REED *et al.*, 1991). A sarcopenia ocorre pela redução do tamanho (atrofia) e ou do número de fibras musculares (HÄKKINEN *et al.*, 2000) Esta diminuição tanto do número quanto do tamanho das fibras musculares esqueléticas é mais evidenciada a partir da quinquagésima década, onde até o final da vida pode chegar a 35% de queda (LEXELL *et al.*, 1983).

Tanto o exercício aeróbio como o resistido (musculação) podem atenuar esse processo. Nesse sentido as avaliações funcionais corretas são muito importantes, a fim de prescrever e monitorar treinamentos e quantificar as adaptações do organismo, dessa forma, atenuando o declínio funcional.

2.3.5. Capacidade Funcional

Capacidade Funcional é a capacidade de um indivíduo em realizar determinadas atividades físicas (exercícios físicos ou atividades de vida diária) com segurança e independência. Como citado anteriormente, a deterioração da capacidade funcional é a somatória da diminuição da atividade e eficiência dos sistemas muscular e cardiorrespiratório.

A capacidade aeróbia pode representar importante papel na classificação da aptidão cardiorrespiratória de um indivíduo, sendo que os maiores responsáveis pela diminuição dessa capacidade são: a diminuição da frequência cardíaca máxima, débito cardíaco máximo, fluxo sanguíneo aos tecidos periféricos e redução da massa isenta de gordura (FLEG *et al.*, 2005; KOOPMAN e VAN LOON, 2009).

A mensuração do VO_2 máx é muito importante, uma vez que níveis baixos de VO_2 máx podem constituir-se em dos fatores de uma capacidade funcional baixa, implicando no aumento de fatores de risco para o desenvolvimento de várias doenças. O declínio desta capacidade depende muito da vida pregressa do indivíduo, se ele manteve um estilo de vida sedentário esta, vai declinar mais rapidamente (FLEG e LAKATTA, 1988). Além da qualidade da vida pregressa do indivíduo, existe ainda a diminuição da perfusão do oxigênio para os músculos ativos, diminuição da diferença arteriovenosa de oxigênio ou mesmo fatores respiratórios (FLEG *et al.*, 1995).

A prática de atividade física nas idades mais avançadas, não faz com que o processo de envelhecimento seja revertido, porém atenuado, e assim, melhorar a qualidade de vida, aumentando a independência e consequentemente o indivíduo fica menos vulnerável a qualquer ordem de distúrbio, fisiológico ou psicossocial (H., 1989; SILVESTRE J, 1999).

A prática de exercícios aeróbios pode melhorar a aptidão cardiorrespiratória, diminuindo o risco de desenvolver doenças relacionadas ao envelhecimento como, por exemplo, o Diabetes Mellitus Tipo 2 (DM tipo 2) (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS *et al.*, 2009).

2.3.6. Doenças no Envelhecimento

Com o passar da vida, o processo de envelhecimento se instala, e o risco de doenças crônicas aumenta. As doenças crônicas incluem doenças cardiovasculares, obesidade, DM tipo 2 e alguns tipos de câncer (PESCATELLO *et al.*, 2004; SINGH, 2004; AMERICAN COLLEGE OF SPORTS *et al.*, 2009).

Além dessas doenças, a população idosa também sofre de doenças degenerativas musculares (sarcopenia) e ósseas (osteoporose), portanto, a idade é considerada como fator primário para o desenvolvimento dessas doenças. Entretanto, quando submetidos a um programa de atividade física, esses riscos são benéficamente modificados (OSTCHEGA *et al.*, 2000; SINGH, 2004).

Dentre essas doenças, o (DM tipo2) é uma das mais preocupantes, pois dificilmente o quadro patológico do indivíduo apresenta somente a Diabetes, e sim na grande maioria das vezes sempre está acompanhada da obesidade e dislipidemias (CIOLAC e GUIMARÃES, 2004; COLBERG *et al.*, 2010).

2.3.7. Diabetes Mellitus tipo 2

DM tipo 2 é um grupo de disfunções metabólicas caracterizadas pelo defeito na secreção, ação da insulina ou ambos. A hiperglicemia pode afetar os tecidos do organismo, mas sem sintomas perceptíveis. Durante esse período assintomático, pode haver deficiência no metabolismo de carboidratos caracterizando a hiperglicemia que pode ser percebido por meio de exames de glicemia no plasma (Report of the Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus, 2002).

A hiperglicemia se manifesta por sintomas como poliúria, polidipsia, perda de peso, polifagia e visão turva. A hiperglicemia crônica está associada a dano, disfunção e falência de vários órgãos, especialmente olhos, rins, nervos, coração e vasos sanguíneos (GROSS *et al.*, 2002). O diagnóstico correto e precoce da diabetes é de extrema importância, pois permite que sejam tomadas medidas terapêuticas, e assim, retardar complicações e melhorar a qualidade de vida do paciente.

Os critérios diagnósticos baseiam-se na mensuração da concentração da glicose plasmática de jejum (8 horas), e depois de 2h, sobrecarga oral de 75g de glicose (teste oral de tolerância à glicose), na medida da glicose plasmática casual e na medida de hemoglobina glicada - HbA_{1c} (GROSS *et al.*, 2002; DIABETES, 2009).

Os valores de referência dos procedimentos de diagnóstico por meio da glicose plasmática estão descritos no Tabela .

Quadro 2 - Diagnóstico da Diabetes

Categoria	Normal	Diabetes Melito
Glicose plasmática de jejum (mg/dl)	<110	≥ 126
Teste oral de tolerância à glicose (mg/dl)	<140	≥ 200
Glicose plasmática casual (mg/dl)		≥ 200 (com sintomas)

Fonte: valores propostos pela Sociedade Americana de Diabetes (Standards of Medical Care in Diabetes–2006, 2006).

De acordo com o Grupo Interdisciplinar de Padronização da Hemoglobina Glicada, a dosagem da HbA_{1c} vem sendo cada vez mais empregada e aceita pela comunidade científica para diagnosticar e monitorar o paciente diabético, considerado o valor de diagnóstico de 7% (DIABETES, 2009).

Outras maneiras de se nomear o DM tipo 2 são não insulínica ou diabetes adulta, mas todas apresentam um fator em comum, que é resistência à insulina (REAVEN *et al.*, 1976; OLEFSKY, KOLTERMAN e SCARLETT, 1982; Report of the Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus, 2002). Neste caso, não se instala nenhuma doença auto-imune, porém na grande maioria dos casos, os pacientes são obesos, e apresentando um grau de resistência a insulina, e a deficiência no metabolismo de carboidratos pode levar ao quadro de cetose, que é perceptível, pelo hálito e pela transpiração.

As complicações em longo prazo da DM tipo 2 são várias e muito severas, devido à hiperglicemia crônica em que aquele indivíduo se encontra, podemos citar : retinopatia, neuropatias autonômicas e periféricas, doenças vasculares periféricas, aterosclerose, hipertensão e susceptibilidade a inflamações periodontais (ALBRIGHT *et al.*, 2000; Report of the Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus, 2002).

2.3.8. Prevalência do Diabetes Mellitus

A Doença Diabetes Mellitus é manifestada principalmente de duas maneiras: o tipo I (5 - 10% dos casos), que é caracterizado por uma doença autoimune que destrói as células beta pertencentes as ilhotas pancreáticas, secretoras do hormônio

insulina; a outra forma de manifestação é o tipo 2 (90 – 95% dos casos), caracterizada pela deficiência ou insuficiência da secreção da insulina, e/ou resistência dos tecidos periféricos à insulina (COLBERG *et al.*, 2010).

O Diabetes se tornou uma epidemia, principalmente com o aumento da DM tipo 2. Nos Estados Unidos, de acordo com os Centros de Controle e Prevenção de Doenças, em 2007 eram 24 milhões de Americanos diabéticos, já no Brasil, de acordo com o levantamento feito em 2006, 5,3% da população, aproximadamente 10 milhões de pessoas com diabetes (SCHMIDT *et al.*, 2009; COLBERG *et al.*, 2010).

Com o avanço da idade a prevalência do Diabetes tipo 2 pode até triplicar. Contudo, o sedentarismo, a alimentação inadequada e o aumento da obesidade também são responsáveis pela expansão global do diabetes. No Brasil as hospitalizações atribuídas ao Diabetes Mellitus representam 9% dos gastos hospitalares do Sistema Único da Saúde (ROSA RS, 2008; SCHMIDT *et al.*, 2009).

2.3.9. A avaliação cardiorrespiratória no DM tipo 2

O teste de avaliação cardiorrespiratória pode ser indicado a qualquer indivíduo para a avaliação precoce de doença cardiovascular ou avaliação de aptidão cardiorrespiratória (MESQUITA e JORGE, 2013). Os portadores de DM tipo 2, em função das suas complicações já discutidas acima, faz com que os TI sejam comprometidos, mostrando valores diminuídos de VO_2 máx (SALES *et al.*, 2011).

Sedentários portadores de DM tipo 2 apresentam a capacidade cardiorrespiratória máxima diminuída quando comparado com pessoas não-diabéticas, mesmo quando não existe o quadro de cardiopatia (BRANDENBURG *et al.*, 1999; SIMOES, MOREIRA, *et al.*, 2010).

Em um estudo com mulheres portadoras de DM tipo 2 em estado controlado da doença, foi observado que elas atingiram valores de VO_2 máx menores que os outros dois grupos do estudo (obesas não-diabéticas e não obesas não diabéticas). Os valores de VO_2 máx foram os seguintes: Grupo Controle (não obesas e não diabéticas) $25,1 \pm 4,7 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$, Grupo Controle (obesas não-diabéticas) $21,8 \pm 2,9 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$ e Grupo Diabético $17,77 \pm 4,0 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$. Essa diferença dos valores acontece devido a uma combinação de fatores e alterações cardiovasculares como por exemplo, as respostas cronotrópicas do diabético podem estar comprometidas em função da doença, assim limitando a sua capacidade de exercício (manutenção do

débito cardíaco e diferença artério-venosa); alterações periféricas, como a diminuição do fluxo sanguíneo muscular podem causar uma deficiência na cinética do consumo de oxigênio (BRANDENBURG *et al.*, 1999).

Segundo Abenavoli *et al.* (1981) identificaram que o $\text{VO}_2\text{máx}$ medido por meio de equações de predição também é diferente quando observados na população diabética e não diabética, atingindo valores de $32,9 \pm 7,1 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$ para o grupo dos diabéticos contra $40,6 \pm 5,5 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$ no grupo controle, assim como o déficit aeróbio funcional também mostrou a mesma tendência em sua resposta. Os pesquisadores mostraram que a associação entre doenças cardíacas e diabetes mellitus está altamente relacionada. Apesar das diferenças do desempenho no teste de mensuração do $\text{VO}_2\text{máx}$, pelo protocolo de Bruce, serem atribuídas as doenças cardíacas (isquemias miocárdicas), em indivíduos portadores de diabetes mellitus descontrolada, essa diminuição da performance acontece em função de distúrbios neurológicos como por exemplo as miopatias e disfunções autonômicas (ABENAVOLI *et al.*, 1981).

3. OBJETIVOS E HIPÓTESES

3.1. Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho foi comparar as respostas fisiológicas em diferentes protocolos (Protocolo de Bruce e UFSCar-Teste) em indivíduos não-diabético e diabéticos, com relação ao desempenho e inferindo os seguintes parâmetros: Consumo Máximo de Oxigênio (VO_2 máx), Débito Cardíaco máximo (DC máximo), Equivalentes Metabólicos máximos (METs máximos), Déficit Funcional Aeróbio (DAF), Taxa de Recuperação da Frequência Cardíaca (TRFC), Déficit cronotrópico (DCR) e Índice de Competência Cronotrópica (ICC). Verificar se o protocolo de Bruce é eficaz em determinar as diferenças que existem na capacidade cardiorrespiratória entre os grupos.

3.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse estudo foram:

- Comparar os valores de VO_2 máx, DC máximo, METs máximos, DAF, TRFC, DCR e ICC alcançados no grupo de voluntários saudáveis no Protocolo de Bruce e no UFSCar-TESTE;
- Comparar os valores de VO_2 máx, DC máximo, METs máximos, DAF, TRFC, DCR e ICC alcançados no grupo de voluntários diabéticos no Protocolo de Bruce e no UFSCar-Teste;
- Comparar os valores de VO_2 máx, DC máximo, METs máximos, DAF, TRFC, DCR e ICC alcançados no Protocolo de Bruce e no UFSCar-Teste entre os grupos.
- Confrontar a classificação da aptidão física de acordo com a AHA no grupo de idosos saudáveis e diabéticos em um mesmo protocolo.
- Confrontar a classificação da aptidão física de acordo com a AHA do mesmo grupo nos diferentes protocolos (Protocolo de Bruce X UFSCar-Teste).

3.3. Hipóteses

As hipóteses testadas nesse estudo foram: a) as respostas fisiológicas são diferentes entre os protocolos no mesmo grupo, assim, podendo alterar a classificação da aptidão cardiorrespiratória desses indivíduos de acordo com a Associação Americana do Coração (AHA); b) as respostas fisiológicas são diferentes entre os grupos no mesmo protocolo, confirmando a debilidade causada pelo DM tipo 2.

4. MATERIAS E MÉTODOS

4.1. Voluntários

Participaram do estudo 21 indivíduos sedentários, homens, divididos em dois grupos: grupo controle (GC) (n=13) e grupo diabético (GD) (n=8).

Os critérios de inclusão para ambos os grupos foram: idade ente 45 a 70 anos, não participarem em programas de treinamento físico nos últimos seis meses; índice de massa corporal com classificação até obesidade grau II, pressão arterial sistólica de repouso menor ou igual a 160 mm/Hg e diastólica menor ou igual a 100 mm/Hg, não apresentarem nenhuma limitação cardiovascular que impedisse os voluntários de realizarem atividade física.

Adicionalmente para o GD, os critérios de inclusão no estudo foram: Hemoglobina Glicada (HbA_{1c}) acima de 6,5%, glicemia de jejum maior ou igual a 126 mg/dl (PESCATELLO *et al.*, 2004; COLBERG *et al.*, 2010). A tabela 4 apresenta a caracterização dos voluntários, com exceção do IMC, os outros parâmetros (Idade, Estatura e Massa Corporal) não apresentaram diferenças significativas.

O estudo foi conduzido de acordo com a Declaração de Helsinki, sob a aprovação do comitê de ética da UNIFAE - Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino de São João da Boa Vista – SP sob o número de protocolo 0042011.

Tabela 4 - Caracterização dos voluntários.

	GC (n=13)	GD (n=8)	<i>p</i>
Variáveis Antropométricas			
Idade (anos)	51,46 ± 5,78	55,38 ± 7,01	0,180
Estatura (cm)	172 ± 0,07	170 ± 0,08	0,480
Massa Corporal (Kg)	80,78 ± 11,71	92,83 ± 9,42	0,024
IMC (Kg/m ²)	27,19 ± 3,23	32,22 ± 3,21*	0,003

Legenda: GD, grupo diabético; GC grupo controle; IMC, índice de massa corporal; * diferença significativa entre os grupos ($p \leq 0,05$).

4.2. Desenho experimental do estudo

O experimento foi realizado em duas etapas, os testes do GD foram desenvolvidos na primeira etapa e o GC na segunda etapa.

4.2.1. Primeira etapa

Nesta primeira etapa, as avaliações foram realizadas na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) no laboratório de Fisiologia do Exercício, os voluntários faziam parte do quadro de funcionários ou foram indicados por outros laboratórios. A primeira etapa foi constituída de 4 visitas no laboratório de Fisiologia do Exercício e uma visita ao cardiologista, todas separadas de no máximo 1 semana entre elas.

a) primeira visita: foi realizada uma palestra a respeito do projeto, posteriormente foi realizada entrevista onde foi aplicado o questionário (IPAQ) versão curta (anexo 1) e anamnese (anexo 2); b) segunda visita: uma semana depois, foi realizada a avaliação antropométrica, composição corporal e hemodinâmica; nessa visita os voluntários foram encaminhados para um laboratório especializado para realizar as coletas de sangue na cidade de São Carlos – SP; c) terceira visita: Familiarização aos protocolos e aos equipamentos utilizados nas avaliações (Esteira e máscara do analisador de gases); d) quarta visita: realizaram o Protocolo de Bruce no centro de cardiologia; e) quinta visita: realizaram o UFSCar-Teste.

4.2.2. Segunda etapa

A segunda etapa foi realizada na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Rio Claro – SP (UNESP). As avaliações foram realizadas no Núcleo de Atividade Física Esporte e Saúde (NAFES), os voluntários faziam parte do quadro de funcionários e foram comunicados via mala direta.

Nesta etapa, os voluntários realizaram três visitas separadas no período mínimo de 2 dias ao período máximo de 1 semana. a) primeira Visita: foi realizada uma entrevista onde foi aplicado o questionário (IPAQ) versão curta (anexo 1), anamnese (anexo 2), antropometria, composição corporal e foi realizada a

familiarização aos equipamentos. Ainda nesta visita os voluntários foram encaminhados para um laboratório de análises sanguíneas para a coleta de sangue na cidade de Rio Claro – SP; b) segunda visita: realização do Protocolo de Bruce seguindo os mesmos procedimentos que foram adotados no GD; c) terceira Visita: Realização do UFSCar-Teste, seguindo as mesmas especificações que o GD.

4.3. Materiais

4.3.1. Análise sanguínea, bioquímica e hemodinâmica.

Para a análise sanguínea da Hemoglobina Glicada (HbA_{1c}) foi coletada uma amostra de sangue da veia ante cubital e alocada em um tubo com EDTA, para a sua quantificação foi utilizada a técnica de Cromatografia Líquida de Alta Performance como o preconizado pelo Grupo Interdisciplinar de Hemoglobina Glicada (DIABETES, 2009).

Para as variáveis bioquímicas, Colesterol total, Triglicérides e Glicemia de Jejum o sangue foi centrifugado e o soro analisado por meio da técnica de espectrofotometria.

Para as variáveis hemodinâmicas como, pressão arterial de repouso foi medida por meio de um aparelho digital portátil (G-TECH® Digital Automático). Antes da mensuração, os participantes permaneceram em repouso, sentados por cinco minutos.

4.3.2. Avaliação antropométrica e composição corporal

A estatura foi determinada utilizando um estadiômetro com graduação de 1 mm. e 200cm de altura, fixado na parede. A massa corporal foi quantificada por uma balança digital de bioimpedância tetrapolar devidamente calibrada (Tanita BC-558® Ironman Segmental Body Composition Monitor Bioelectrical Impedance Scale).

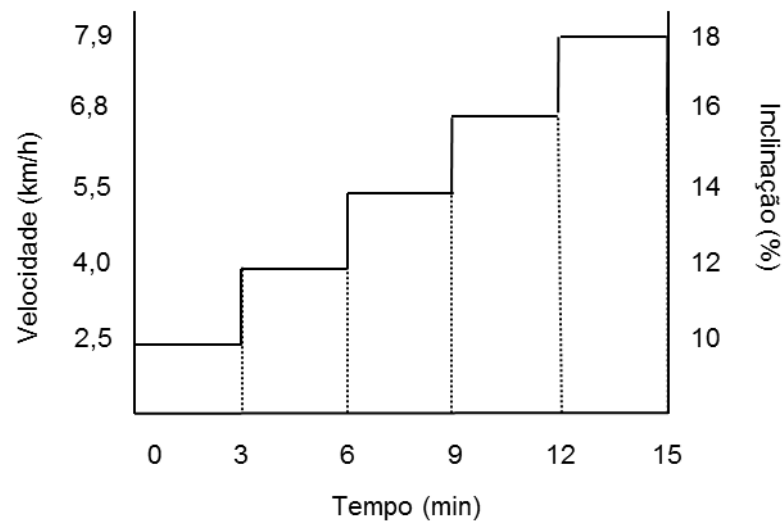
4.3.3. Protocolo de Bruce

Os voluntários do GD realizaram o Protocolo de Bruce no cardiologista, permanecendo sentados por 5 minutos para mensuração da pressão arterial de

repouso. Logo após, o voluntário foi monitorado na derivação CM5 para o registro eletrocardiográfico ao longo do teste (TEB Sistema Ergométrico APEX 100).

O Protocolo de Bruce consiste em um teste com estágios com três minutos de duração e aumento tanto da velocidade quanto da inclinação. Inicialmente o voluntário caminha por três minutos na velocidade de 1,7Mph (2,5 Km/h) com 10% de inclinação da esteira. Nos estágios seguintes há um aumento tanto de inclinação como o de velocidade na esteira, como descrito na figura 1 (BRUCE, KUSUMI e HOSMER, 1973). Os parâmetros FC e PA foram anotados no primeiro, segundo e quarto minuto após o encerramento do teste. O teste foi realizado até que o participante atingisse a exaustão voluntária ou apresentasse algum sintoma-limite, que incluiu desenvolvimento de pré-sístoles frequentes, angina severa identificada pelo cardiologista, fadiga, desconforto nas pernas ou dispneia; atingir valores de PAS maior que 250 mm/Hg. Após o encerramento do teste a pressão arterial e frequência cardíaca foram anotadas 1, 2 e 4 minutos a fim de analisar a taxa de recuperação dessas variáveis.

Figura 1 - Protocolo de Bruce (1973).



Fonte: (BRUCE, KUSUMI e HOSMER, 1973)

Os voluntários do GC permaneciam sentados durante 5 minutos para mensuração da pressão arterial de repouso e explicação sobre a avaliação. O teste foi interrompido quando o voluntário atingiu a exaustão voluntária. Os parâmetros FC e PA foram anotados no primeiro, segundo e quarto minuto após o encerramento do teste.

Para calcular o $VO_{2\text{máx}}$, o Protocolo de Bruce leva em consideração o tempo de teste que é utilizado na equação de $VO_{2\text{máx}}$ presente na tabela 5. A partir dos valores de $VO_{2\text{máx}}$ obtidos no Protocolo de Bruce foram determinados os seguintes parâmetros: Débito Cardíaco máximo (DC máximo), Déficit Aeróbio Funcional (DAF) e Equivalentes metabólicos máximo (METs máximo).

E também foram determinados parâmetros que não dependem do $VO_{2\text{máx}}$; Déficit cronotrópico (DCR), Índice de Competência Cronotrópica (ICC).

4.3.4. Equações Utilizadas

Na determinação das variáveis indiretas foram utilizadas equações preditivas. Segundo Almeida *et al.* (2010) estas equações de predição representam uma forma muito menos onerosa e mais acessível, por não apresentar a necessidade de um equipamento específico e pessoal especializado para o

manuseio dos mesmos, assim, mostrando grande aplicação. Essas equações são amplamente utilizadas na prática clínica.

A partir delas é possível determinar todos os parâmetros que podem complementar o estado de aptidão cardiorrespiratória de um indivíduo. As equações de predição estão citadas na tabela 5.

Tabela 5 - Equações utilizadas no do Protocolo de Bruce.

Parâmetros	Equações
VO ₂ máx	VO ₂ máx = 3.78 x tempo + 0.19
Equação de Bruce	
VO ₂ máx . Previsto	Homens Ativos: VO ₂ máx = 69,7 – 0,612 x (idade) Homens Sedentários: VO ₂ máx = 57,8 – 0,445 x (idade)
DC máximo previsto	DC = 5,31 + (4,6 x VO ₂ máx)
METs	MET = $\frac{VO_2\text{máx}}{3,5}$
DAF	DAF = 100 x $\frac{(VO_2\text{máx previsto} - VO_2\text{máx atingido})}{VO_2\text{máx previsto}}$
DCR	DCR = 100 x $\frac{(FC_{\text{máx prevista}} - FC_{\text{máx atingida}})}{FC_{\text{máx prevista}}}$
ICC	$\frac{FCR}{RM}$
TRFC	RFC ₁ = FC máx – FC 1min; RFC ₂ = FC máx – FC 2min RFC ₄ = FC máx – FC 4min
FC máx	FC máx = 220 - idade

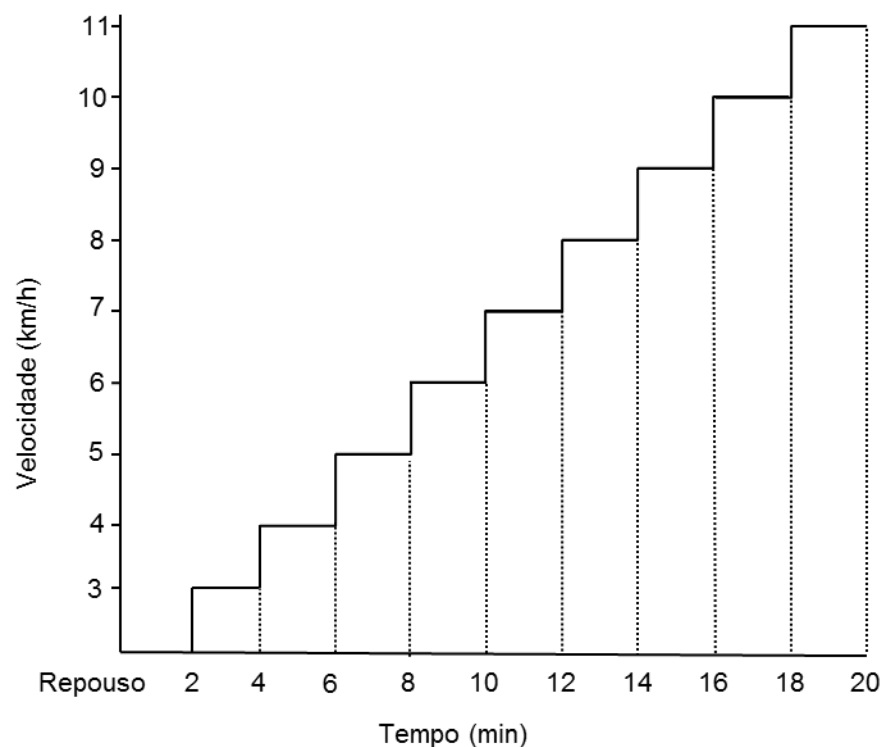
Legenda: VO₂máx, Consumo máximo de oxigênio; DC máximo, Débito Cardíaco máximo; MET, Equivalentes metabólicos; DAF, Déficit Aeróbio Funcional; DCR, Déficit Cronotrópico; ICC, Índice de Competência Cronotrópica; FCR, Frequência Cardíaca de Reserva; RM, Reserva Metabólica; TRFC, Taxa de Recuperação da Frequência Cardíaca; FCmáx, Frequência cardíaca máxima.

4.3.5. UFSCar-Teste

Assim que os participantes chegaram ao laboratório, permaneceram em repouso, sentados por cinco minutos. Após esse tempo a pressão arterial de repouso foi medida. Após a explicação do teste para o participante foi realizado a montagem da peça bucal do analisador de gases, o analisador utilizado para essas medidas foi um (VO2000 MEDGRAHICS®), em seguida o voluntário foi posicionado na esteira (Explorer/BH FITNESS®). O UFSCar-Teste consiste em um teste com estágios de dois minutos de duração com aumento da velocidade em

cada estágio. Inicialmente o voluntário caminha por dois minutos na velocidade de 3,0 Km/h com 0% de inclinação da esteira. Nos estágios seguintes a inclinação permanece 0%, com aumentos de 1 km/h como descrito na figura 2. O teste foi conduzido até a fadiga voluntária, dor precordial, cansaço nas pernas ou qualquer outro desconforto para o participante. Assim que o teste foi encerrado, a frequência cardíaca foi anotada no primeiro, segundo e quarto minutos após o fim do teste.

Figura 2 - Protocolo UFSCar-Teste



Fonte: Bertucci *et al.* (2013) figura não publicada.

As variáveis mensuradas foram as seguintes: Consumo de Oxigênio (VO_2), Ventilação Minuto (VE), Produção de Gás Carbônico (VCO_2), Equivalentes respiratórios de Oxigênio e Gás Carbônico (VE/VO_2 e VE/VCO_2) respectivamente, e Quociente Respiratório (QR).

Os parâmetros indiretos foram determinados a partir das equações preditivas propostas anteriormente: Débito Cardíaco máximo (DC máximo), Déficit Aeróbio Funcional (DAF), Déficit Cronotrópico (DCR), Índice de Competência Cronotrópica (ICC) e Equivalentes metabólicos máximos (METs máximo).

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram expressos em média $\pm$ desvio padrão (DP). Todas as variáveis foram testadas quanto à sua normalidade por meio do teste Shapiro-Wilk e, quando necessário, foram transformadas na sua base logarítmica ou no seu co-seno até representarem distribuição normal. O teste t de *student* para amostras dependentes foi utilizado para comparar as diferentes variáveis entre o UFSCar-Teste e o Protocolo de Bruce. O teste t de *student* para amostras independentes foi utilizado para comparar as diferentes variáveis entre os grupos estudados durante os dois testes realizados. O software utilizado foi o SPSS versão 20.0 (Somers, NY, USA) com nível de significância aceite de $p \leq 0.05$, o método de Bland e Altman (BLAND; ALTMAN, 1986) foi utilizado para avaliar a concordância entre os valores de VO_2 máx dos dois testes estudados, foi realizada uma correlação do Cohen para avaliar se os valores nos dois testes exibiam correlação.

6. RESULTADOS

As características, hemodinâmicas e bioquímicas dos voluntários são apresentadas na tabela 6. Como observado, a pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) de repouso foi estatisticamente superior no GD em relação ao GC (*Teste T de Student*, $p = 0,007$ e $p = 0,001$, respectivamente); esses valores acontecem em função do diabetes, pois, a resistência à insulina é associada à formação de ateromas, causando assim lesões nos vasos e disfunção endotelial aumentando a resistência vascular periférica.

Além dos valores de PA elevados o GD apresenta maior uma tendência a desenvolver a obesidade; podemos observar isso nos valores de classificação do IMC onde para o GD, 38% dos voluntários foram classificados como Sobrepeso (IMC entre 25,0 e 29,9 kg/m²), 38% como Obesidade Grau I (IMC entre 30,0 e 34,9 kg/m²) e 25 % como Obesidade Grau II (IMC entre 35 e 39,9 kg/m²). Já no GC, 31% dos voluntários foram classificados como saudáveis (IMC entre 18,5 e 24,9 kg/m²), 62% como sobrepeso (IMC entre 25,0 e 29,9 kg/m²) e 15% como Obesidade Grau I (IMC entre 30,0 e 34,9 kg/m²).

Na análise estatística das variáveis bioquímicas Triglicérides e Colesterol Total, não houve diferença significativa entre os grupos $p = 0,144$ e $p = 0,386$ respectivamente. No entanto, nos valores de HbA_{1c} e Glicemia de Jejum foram identificadas diferenças significativas $p = 0,001$ e $p = 0,002$ respectivamente, confirmando o quadro dos voluntários diabéticos. Os valores estão descritos na tabela 6.

Tabela 6 - Características bioquímicas e hemodinâmicas do grupo controle e grupo diabético (média $\pm$ desvio padrão) e os valores de normalidade.

Variáveis	GC (n=13)	GD (n=8)	Valores de Normalidade
Bioquímicas			
Triglicérides (mg/dl)	145,46 $\pm$ 54,14	192,13 $\pm$ 86,98	<200
Colesterol Total (mg/dl)	223,46 $\pm$ 48,09	206,13 $\pm$ 34,29	<200
Glicemia de Jejum (mg/dl)	97,85 $\pm$ 18,21	191,88 $\pm$ 55,11*	<126
HbA _{1c} (%)	5,19 $\pm$ 0,48	9,35 $\pm$ 2,14*	<6,5%
Hemodinâmicas			
PAS repouso (mm/Hg)	116,9 $\pm$ 12,7	137,6 $\pm$ 18,6*	<120
PAD repouso (mm/Hg)	74,9 $\pm$ 7,2	88,25 $\pm$ 9,04*	<85
FC de repouso (bmp)	71,5 $\pm$ 8,19	77,7 $\pm$ 10,62	60 - 80

Legenda: GD, grupo diabético; GC grupo controle; HbA_{1c}, Hemoglobina Glicada; PAS, Pressão Arterial Sistólica; PAD, Pressão Arterial Diastólica; FC de repouso, Frequência Cardíaca de Repouso; * diferença significativa entre os grupos ($p \leq 0,05$).

A tabela 7 apresenta a comparação realizada com o *Teste T de Student* para amostras independentes, entre o UFSCar-Teste e protocolo de Bruce em relação a parâmetros hemodinâmicos (DC máximo, DAF, DCR e ICC) e metabólicos (VO₂máx, absoluto e relativo ao peso corporal e os METs máximos) para todos os voluntários. O VO₂máx relativo ao peso corporal foi estatisticamente superior no protocolo de Bruce em $8,15 \pm 6,36 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$ ou 22% ($p < 0,001$) em relação ao UFSCar-Teste. Também existiu diferença estatisticamente significativa ($p < 0,001$) no VO₂máx absoluto (mantendo o delta em 22%) superior para o protocolo de Bruce.

O protocolo de Bruce apresentou DC máximo e DAF estatisticamente superiores em relação ao UFSCar-Teste, em aproximadamente 17% ($p < 0,001$) e 27% ($p < 0,001$), respectivamente. Por outro lado, não foram observadas diferenças entre os testes para o DCR ($p = 0,734$). O ICC mostrou uma diferença de 2% entre os protocolos, sem diferenças estatisticamente significativas ($p = 0,570$). No que diz respeito às taxas de recuperação da FC, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os protocolos para $\Delta FC1$ e $\Delta FC2$ $p = 0,052$ e $p =$

0,884 respectivamente. Entretanto, a recuperação da FC no minuto quatro foi significativamente menor $p=0,002$ para o protocolo UFSCar-Teste.

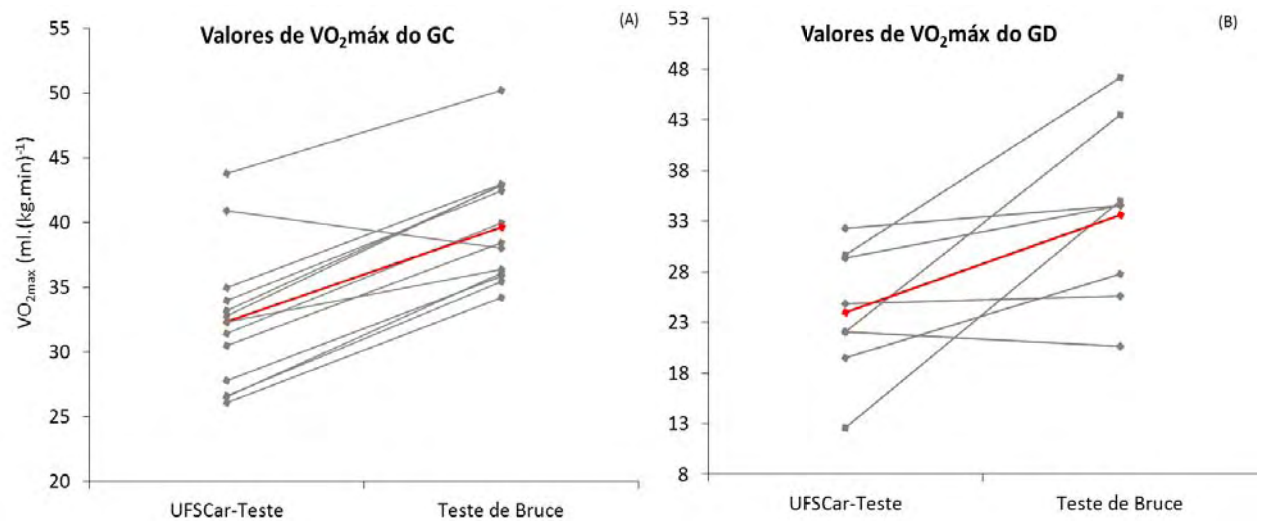
Tabela 7 – Parâmetros hemodinâmicos e metabólicos dos 21 voluntários (Grupo Total) nos testes de Bruce e UFSCar-Teste.

Parâmetros	UFSCar-Teste (n=21)	Protocolo de Bruce (n=21)	<i>d</i>
Metabólicos			
VO ₂ máx ml.(kg.min) ⁻¹	29,20 ± 6,98	37,37 ± 6,97*	1,28
VO ₂ máx (L/min)	2,45 ± 0,52	3,16 ± 0,70*	0,95
METS	8,34 ± 1,99	10,88 ± 2,13*	1,09
Hemodinâmicos			
DC máximo (L/min)	16,54 ± 2,40	19,86 ± 3,16*	1,17
DAF (%)	16,70 ± 16,52	-9,56 ± 26,99*	1,17
DCR(%)	4,51 ± 8,73	4,01 ± 7,38	0,07
ICC (%)	0,92 ± 0,15	0,94 ± 0,13	0,12
ΔFC1	52,86 ± 17,86	43,71 ± 14,59	0,45
ΔFC2	58,75 ± 11,84	58,76 ± 10,91	0,03
ΔFC4	63,38 ± 11,37	76,29 ± 20,95*	0,77

Legenda: DC máximo, Débito Cardíaco máximo; DAF, Déficit Aeróbio Funcional; DCR, Déficit Cronotrópico; ICC, Índice de Competência Cronotrópica; MET, Equivalente Metabólico; ΔFC1, delta da frequência cardíaca 1 minuto após o fim do exercício; ΔFC2, delta da frequência cardíaca 2 minuto após o fim do exercício; ΔFC4, delta da frequência cardíaca 4 minuto após o fim do exercício, *d* effect size; *, significa diferença entre os protocolos ($p \leq 0,05$).

A figura 3 apresenta os valores individuais de VO₂máx de todos os voluntários em cada um dos protocolos, (3-A) os valores do GC e (3-B) o valores do GD. É observado que o protocolo de Bruce determina valores mais elevados de VO₂máx.

Figura 3 - Valores individuais de VO_2 máx atingidos pelos dois grupos entre os testes UFSCar-Teste e Protocolo de Bruce .

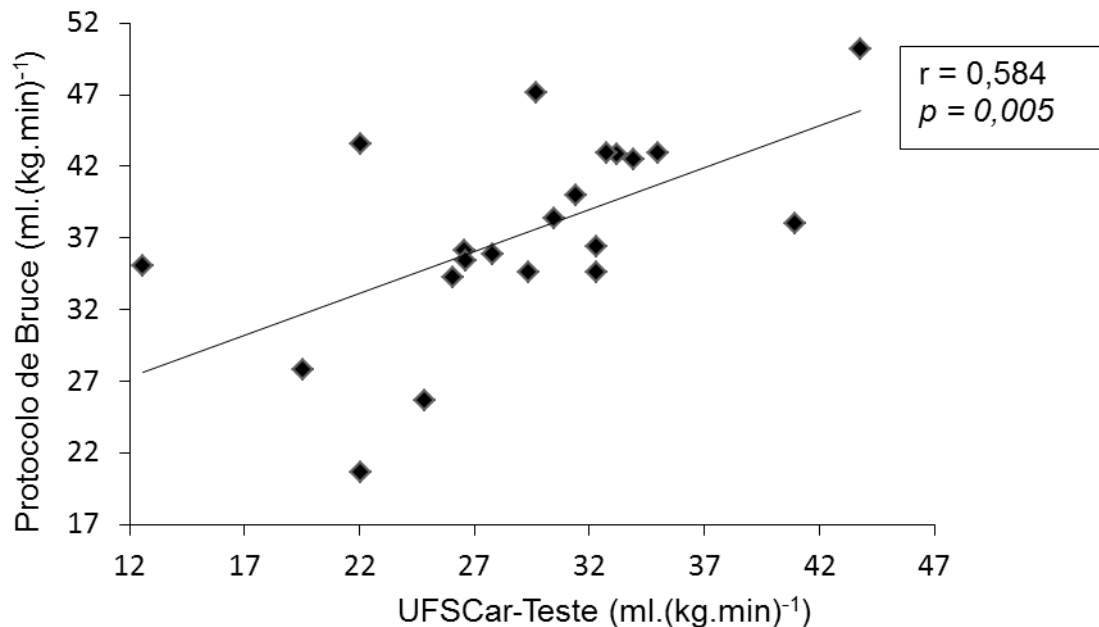


Legenda: A linha preta mais espessa representa o valor médio nos dois protocolos.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A correlação entre os valores medidos no UFSCar-Teste e os valores estimados por meio do Protocolo de Bruce é apresentada na figura 4, o coeficiente de correlação foi de 0,584 ($p = 0,005$), de acordo com o grau de correlação está é uma correlação forte ($>0,50$) (COHEN, 1988).

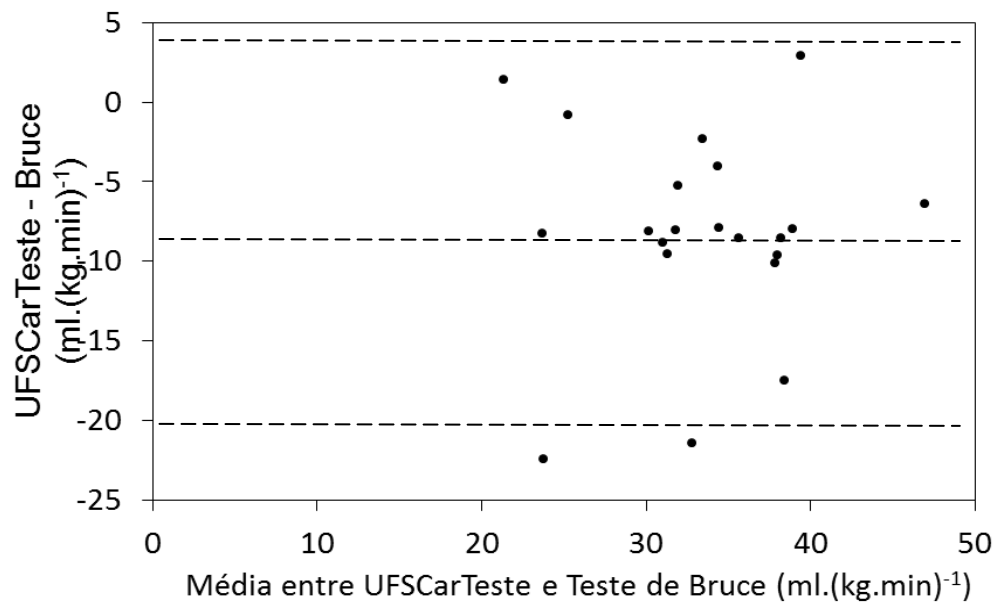
Figura 4 - Correlação entre os valores de VO_2 máx atingidos entre os testes UFSCar-Teste e Protocolo de Bruce.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A concordância entre os dois testes é apresentada na figura 5, na qual foi utilizada a abordagem proposta por Bland e Altman (1986). O *bias* (*viés*) foi $-8,2 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$, mostrando uma subestimação de aproximadamente $8 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$ por parte do UFSCar-Teste, que é considerado padrão ouro na determinação do VO_2 máx devido ao método direto de análise de gases. Os limites de concordância foram entre $-20,6$ a $4,26 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$. Do total de 21 voluntários, 2 não se situaram dentro dos limites de concordância, o que representa um resultado fraco para a utilização do protocolo de Bruce para determinação do VO_2 máx. Portanto, para esses 2 voluntários, não houve concordância entre os métodos em determinar a mesma medida, pois o objetivo dessa análise é justamente identificar se duas técnicas conseguem chegar ao mesmo resultado do mesmo parâmetro.

Figura 5 - Concordância entre os valores medidos nos testes UFSCar – Teste e Protocolo de Bruce apresentada pelo método de Bland e Altman (1986).



Legenda: A diferença média é apresentada pela linha tracejada central (bias de 8,2) e os limites de concordância são observados nas duas linhas tracejadas externas em relação a central (-20,6 a 4,26).

A diferenciação do $VO_{2\text{máx}}$ obtido para o GC e GD nos dois protocolos é apresentada na tabela 8 na qual foi utilizado o *Teste T de Student* para amostras dependentes. Após divisão dos grupos, também foi observada diferença significativa nos valores de $VO_{2\text{máx}}$ entre os protocolos ($p < 0,001$). O GD apresentou $VO_{2\text{máx}}$ estatisticamente inferior ao GC ($p = 0,005$) apenas na mensuração realizada por meio do protocolo UFSCar-Teste. O protocolo de Bruce não apresentou diferença estatisticamente significativa no $VO_{2\text{máx}}$ entre os grupos ($p = 0,051$). Como se pode observar, o protocolo de Bruce superestima o $VO_{2\text{máx}}$ em 18% para o GC e 28% para o GD.

Tabela 8 - Média $\pm$ Desvio padrão dos valores de consumo máximo de oxigênio relativo ao peso corporal (VO_2 máx) obtido no grupo controle (GC) e no grupo diabético (GD) nos dois protocolos.

VO_2 máx	GC (N=8) Média $\pm$ Dp	GD (N=13) Média $\pm$ Dp	<i>d</i>
UFSCar-Teste ml.(kg.min) ⁻¹	32,37 $\pm$ 5,36	24,06 $\pm$ 6,42*	1,44
Protocolo de Bruce ml.(kg.min) ⁻¹	39,66 $\pm$ 4,47 [#]	33,63 $\pm$ 8,88 [#]	0,93
Δ (%)	18%	28%	-

Legenda: Δ , diferença entre UFSCar-Teste e Bruce; *d*, *effect size*; *Diferença estatisticamente significativa em relação a GC; [#]Diferença significativa em relação ao protocolo UFSCar-Teste ($p \leq 0,05$).

Na tabela 9 estão expressos os valores obtidos no UFSCar-Teste para os dois grupos (GC e GD), nessas comparações foram utilizados o *Teste T de Student* para amostras dependentes.

Em síntese os resultados dependentes do VO_2 máx relativo ao peso corporal mostraram diferença significativa ($p < 0,001$), no entanto, os valores absolutos de VO_2 máx são aproximadamente 15% superiores para o GC em relação ao GD porém sem diferença significativa. Portanto, o GD apresentou uma piora na sua capacidade cardiorrespiratória em relação ao GC, dessa forma, a queda pode ser atribuída ao aumento no peso corporal que potencializa o estado de sedentarismo; além do mais, os diabéticos exibem um quadro de disfunção autonômica que está intimamente relacionada com resposta do DC durante o exercício, portanto, apresentando queda no desempenho no teste.

A ventilação máxima e o QR máximo não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($p = 0,865$ e $p = 0,451$) respectivamente. A duração dos testes ficou dentro do estabelecido na literatura, sendo que o GC permaneceu aproximadamente 28% mais tempo no teste que o GD, com diferença estatisticamente significativa ($p < 0,001$). A duração em média para o GC foi de aproximadamente 20 minutos e para o GD 15 minutos, esses valores são classificados como normais uma vez que o recomendado para testes em esteira ergométrica é 5 até 26 minutos e não ultrapassar 15% de inclinação (MIDGLEY *et al.*, 2008).

O valor de pulso de O_2 máximo foi menor no GD porém sem diferença significativa ($p = 0,340$). Os valores do ICC foram satisfatórios, pois em ambos o grupos o valor foi superior a 0,80. A partir desses resultados podemos sugerir que não existe comprometimento na resposta cronotrópica frente ao UFSCar-Teste, porém, houve diferença significativa na comparação entre os grupos ($p = 0,023$), no GC o ICC atingiu valores 15% maiores que no GD.

Também foi observada uma redução do DAF para o GD em relação ao GC ($p = 0,003$) em aproximadamente 21%; apesar dos dois grupos apresentarem um déficit em relação aos valores de $VO_{2\text{máx}}$ previstos, no GC é classificado com “sem prejuízo significativo” já o GD apresentou a classificação de “prejuízo leve”.

As taxas de recuperação da FC não apresentaram diferenças significativas entre os grupos para $\Delta FC1$ e $\Delta FC2$ ($p = 0,774$ e $p = 0,884$ respectivamente). Entretanto, a recuperação da FC no minuto quatro foi significativamente menor (aproximadamente 18%, $p = 0,012$) para o GD, essa resposta pode ser atribuída a probabilidade de uma disfunção autonômica que é causada pela DM tipo 2.

Tabela 9 - Média $\pm$ desvio padrão dos parâmetros ventilatórios dos grupos controle (GC) e diabético (GD) determinados pelo UFSCar-Teste.

	GC (N=13)	GD (N=8)	<i>d</i>
VO ₂ máx (L/min)	2,59 $\pm$ 0,48	2,21 $\pm$ 0,54	0,74
VO ₂ máx ml.(kg.min) ⁻¹	32,37 $\pm$ 5,36	24,06 $\pm$ 6,42*	1,44
Vemáx (L/min)	66,95 $\pm$ 11,33	65,82 $\pm$ 18,89	0,08
QR máximo	1,25 $\pm$ 0,11	1,34 $\pm$ 0,14	0,75
Duração (minutos)	20,44 $\pm$ 5,36	14,76 $\pm$ 2,09*	2,19
Pulso de O ₂ máx (ml/FC)	15,62 $\pm$ 2,97	15,02 $\pm$ 3,45	0,19
DAF	8,94 $\pm$ 10,08	29,32 $\pm$ 17,65*	1,52
ICC	0,98 $\pm$ 0,11	0,83 $\pm$ 0,17*	1,11
Δ FC1	53,77 $\pm$ 20,88	51,4 $\pm$ 12,6	0,13
Δ FC2	62,38 $\pm$ 11,44	52 $\pm$ 10	0,95
Δ FC4	68,08 $\pm$ 8,08	55,8 $\pm$ 12,2*	1,26

Legenda: Vemáx, Ventilação Máxima; QR, Quociente Respiratório; DAF, Déficit Aeróbio Funcional; ICC, índice de competência cronotrópica; Δ FC1, delta da frequência cardíaca 1 minuto após o fim do exercício; Δ FC2, delta da frequência cardíaca 2 minuto após o fim do exercício; Δ FC4, delta da frequência cardíaca 4 minuto após o fim do exercício; *d*, effect size; *, significa diferença entre os grupos ($p \leq 0,05$).

A comparação da classificação da aptidão cardiorrespiratória da *American Heart Association (AHA)*, que leva em consideração a idade e os valores de VO₂máx relativos ao peso corporal é apresentada na tabela 10. Foi observado que o GD em ambos os testes (UFSCar-Teste e Protocolo de Bruce) têm uma classificação pior.

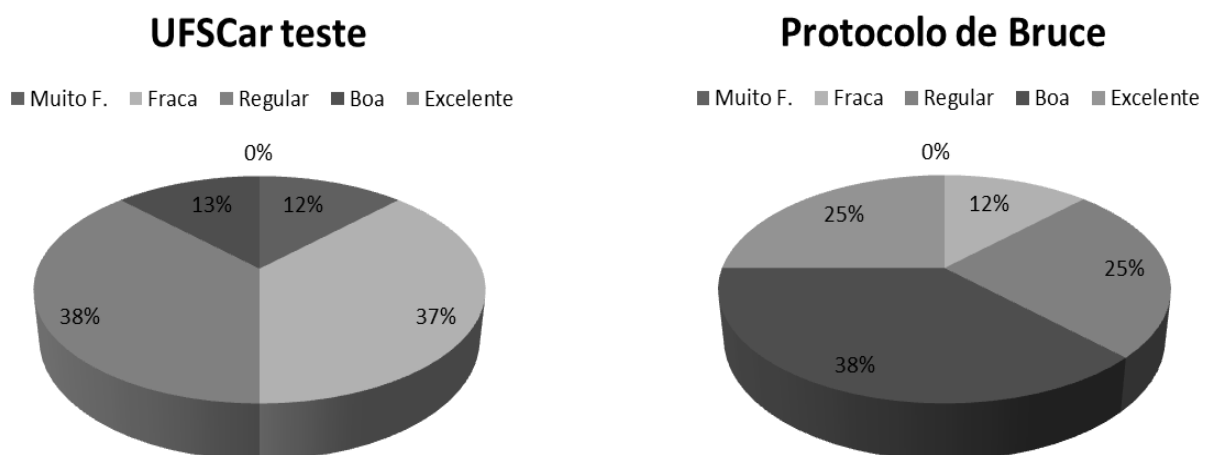
Tabela 10 - Comparação da classificação cardiorrespiratória obtida pelos valores de consumo máximo de oxigênio em ambos os testes.

	GC Média ± Dp	Classificação (AHA)	GD Média ± Dp	Classificação (AHA)
Idade	51,5 ± 5,86	50 - 59	55,38 ± 7,01	50 - 59
UFSCar – Teste ml.(kg.min) ⁻¹	32,37 ± 5,36	Regular	24,06 ± 6,42	Fraca
Protocolo de Bruce ml.(kg.min) ⁻¹	39,66 ± 4,47	Boa	33,63 ± 8,88	Regular

Legenda: GC, Grupo Controle; GD, Grupo Diabético; AHA, American Heart Association.

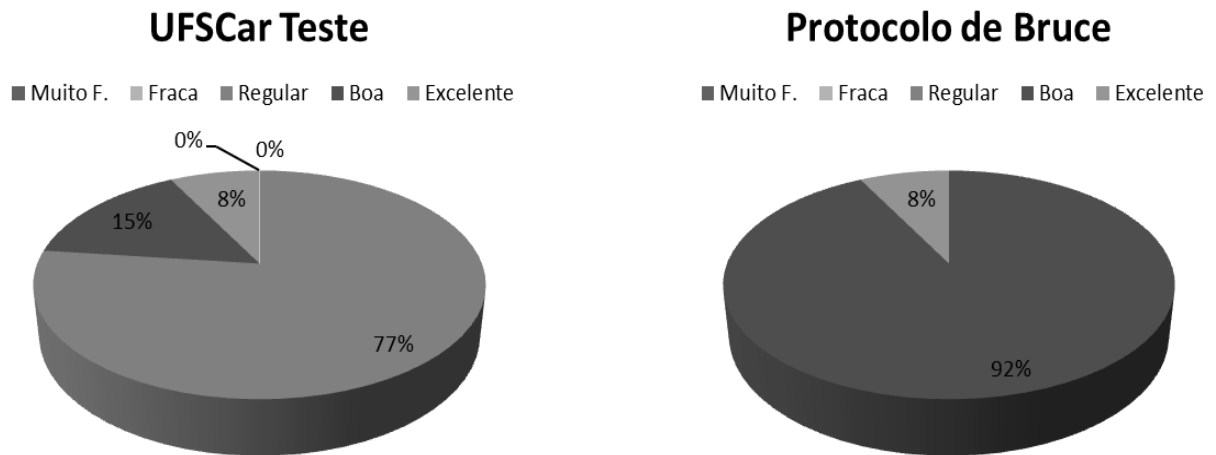
O VO₂máx obtido durante os dois protocolos apresenta uma diferença tão elevada que classifica o mesmo grupo em aptidões cardiorrespiratórias diferentes. Do total de 21 voluntários, 19 sofreram mudanças na classificação da AHA por causa da diferença encontrada nos dois testes. A classificação dos voluntários é apresentada nas figuras 6 e 7.

Figura 6 - Classificação da aptidão cardiorrespiratória dos voluntários do GD em ambos os protocolos.



Legenda: Muito fraca ≤ 18 ml.(kg.min)⁻¹; Fraca 18 a 24 ml.(kg.min)⁻¹; Regular 25 a 33 ml.(kg.min)⁻¹; Boa 34 a 42 ml.(kg.min)⁻¹; Excelente ≥ 41 ml.(kg.min)⁻¹.

Figura 7 - Classificação da aptidão cardiorrespiratória dos voluntários do GC em ambos os protocolos.



Legenda: Muito fraca $\leq 18 \text{ ml.}(\text{kg.min})^{-1}$; Fraca 18 a $24 \text{ ml.}(\text{kg.min})^{-1}$; Regular 25 a $33 \text{ ml.}(\text{kg.min})^{-1}$; Boa 34 a $42 \text{ ml.}(\text{kg.min})^{-1}$; Excelente $\geq 41 \text{ ml.}(\text{kg.min})^{-1}$.

7. DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo evidenciaram a importância da avaliação cardiorrespiratória ser realizada da maneira mais precisa possível, nas duas populações estudadas (diabéticos e não-diabéticos). Houve confirmação parcial das hipóteses levantadas; a) As respostas fisiológicas são diferentes entre os protocolos no mesmo grupo, desta forma, alterando a classificação cardiorrespiratória desses indivíduos de acordo com a *American Heart Association* (AHA); b) As respostas fisiológicas são diferentes entre os grupos no mesmo protocolo, confirmando a debilidade causada pelo diabetes mellitus tipo 2.

Em relação à primeira hipótese, o Protocolo de Bruce apresentou valores maiores em média de $8,2 \text{ ml.}(\text{kg.min})^{-1}$, ($p < 0,001$) dessa forma, superestimando as medidas do método direto (padrão ouro) obtidas pelo UFSCar-Teste. Em todas as comparações feitas houve mudanças na classificação cardiorrespiratória de acordo com AHA. As informações que são apresentadas em uma avaliação cardiorrespiratória são importantes para a base do diagnóstico, interpretação dos laudos clínicos, montagem e avaliação de um programa de treinamento físico, assim reforçando a importância do presente estudo.

A segunda hipótese foi confirmada parcialmente, pois os resultados de $\text{VO}_2\text{máx}$ foram diferentes entre os grupos somente no protocolo UFSCar-Teste que

indicou diferença significativa ($p = 0,005$) com valor médio de $VO_2\text{máx}$ no GC de $32,37 \pm 5,36 \text{ ml.}(\text{kg.min})^{-1}$ e o GD $24,06 \pm 6,42 \text{ ml.}(\text{kg.min})^{-1}$, enquanto o Protocolo de Bruce ($p=0,051$) o valor médio foi para o GC foi de $39,66 \pm 4,47 \text{ ml.}(\text{kg.min})^{-1}$ e no GD de $33,63 \pm 8,88 \text{ ml.}(\text{kg.min})^{-1}$, sem diferença significativa.

7.1. Comparação das variáveis metabólicas e hemodinâmicas nos dois protocolos (Protocolo de Bruce e UFSCar-Teste).

7.1.1. Consumo máximo de oxigênio ($VO_2\text{máx}$), nos dois protocolos (Protocolo de Bruce e UFSCar-Teste).

Os nossos resultados (diferenças significativas no $VO_2\text{máx}$ obtido em ambos os protocolos) estão de acordo com os resultados encontrados em estudos que realizaram comparações semelhantes (ARAÚJO, 1998; RONDON *et al.*, 1998; PETERSON *et al.*, 2003; SILVA, 2003; COSTA *et al.*, 2007; LIMA *et al.*, 2013). Somente um estudo apresentou resultados contraditórios ao comparar duas formas do protocolo de Bruce (MCINNIS *et al.*, 1999).

Além da diferença em $\text{ml.}(\text{kg.min})^{-1}$, houve também diferença significativa $p < 0,001$ em relação ao valor percentual entre os testes de 22%. De acordo com a Sociedade Brasileira de Cardiologia (2010) que publicou recentemente em sua diretriz sobre testes ergométricos, que o TE convencional pode conter um erro para a determinação do $VO_2\text{máx}$ de 5 – 30%, o percentual de 22% de diferença entre os testes encontrado no presente estudo, pode modificar a classificação da aptidão cardiorrespiratória (ARAÚJO, 1998; RONDON *et al.*, 1998; SILVA e SOBRAL FILHO, 2003; COSTA *et al.*, 2007; MENEGHELO *et al.*, 2010; LIMA *et al.*, 2013).

Rondon *et al.* (1998), compararam os valores de $VO_2\text{máx}$ na intensidade referente ao LAn para prescrição de treinamento físico baseadas em um TE convencional. A amostra foi constituída de 47 homens saudáveis (30 ± 5 anos, IMC de $25,1 \pm 3,1$) para determinar o $VO_2\text{máx}$; os voluntários realizaram o teste de Balke modificado em esteira. O teste foi realizado a partir de uma velocidade constante de 4 ou 5 mph, sendo essa velocidade escolhida de acordo com o relato de prática de atividade física do voluntário, com duração de 1 minuto em cada estágio e aumento na inclinação em 2%. Os voluntários foram encorajados a alcançar o máximo tempo de exercício, caracterizando assim a exaustão voluntária. Durante o teste os parâmetros ventilatórios foram monitorados para determinar o $VO_2\text{máx}$ mensurado ($VO_2\text{máxM}$); assim que o teste era interrompido a intensidade

(velocidade e inclinação) era anotada para posteriormente ser utilizada nas equações de predição para corrida e caminhada do ACSM, determinando o valor do VO_2 máx estimado (VO_2 máxE) (RONDON *et al.*, 1998; AMERICAN COLLEGE OF SPORTS *et al.*, 2009).

Os voluntários atingiram valores de VO_2 máxM de $42,1 \pm 3,5$ ml.(kg.min)⁻¹ e no VO_2 máxE de $53 \pm 7,5$ ml.(kg.min)⁻¹. Esses resultados foram diferentes significativamente ($p \leq 0,05$), com diferença percentual de 21% de aproximadamente 10,6 ml.(kg.min)⁻¹. A discrepância entre os valores do VO_2 máxE pela fórmula do ACSM e aqueles medidos diretamente pela ergoespirometria, provavelmente aconteceram, devido ao tipo de protocolo utilizado durante o TE. A fórmula do ACSM pressupõe uma condição de equilíbrio (*steady-state*), onde o exercício é feito até um tempo limite, dessa forma, os parâmetros cardiovasculares tendem a sofrer uma estabilização frente à demanda metabólica do exercício, enquanto o protocolo de teste utilizado assemelha-se a um protocolo de rampa, em que não se permite um equilíbrio, uma vez que os incrementos ocorriam a cada 1min. Esses resultados sugerem que na estimativa indireta do VO_2 máx deve-se respeitar a fórmula adequada para o protocolo que está sendo utilizado (RONDON *et al.*, 1998; ALMEIDA *et al.*, 2010).

No presente estudo, os dois testes (UFSCar- Teste e Protocolo de Bruce) foram utilizados para as duas populações estudadas, por apresentarem em suas metodologias os pontos chave como já descritos anteriormente para o desenvolvimento de um TI eficaz na determinação do VO_2 máx (MIDGLEY *et al.*, 2008).

Costa *et al.* (2007) reproduziram o mesmo estudo de Rondon *et al.* (1998) porém, com 11 jovens universitários, ($24 \pm 1,8$ anos e IMC de $26 \pm 3,8$ kg/m²), todos caracterizados como sedentários. O protocolo utilizado foi um TI com crescimento em degraus, realizado da seguinte maneira: os voluntários realizaram o aquecimento com 2,5 km/h sem inclinação durante 3 minutos. Após o aquecimento o teste começou com um estágio de 3 minutos e 3 km/h sem inclinação, depois desse estágio houve aumento na intensidade (velocidade e inclinação) de tal forma que a intensidade máxima prevista fosse de 12km/h, 5% de inclinação e a duração do teste de 10 minutos. O valor de VO_2 máxM foi o valor mais alto durante o teste, já o VO_2 máxE foi obtido por meio da equação do ACSM (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, 2006). Os valores de VO_2 máxM e VO_2 máxE foram de $43,18 \pm 3,7$ ml.

$(\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$ e $52,31 \pm 3,63 \text{ ml. } (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$ respectivamente, diferença de 9,13 ml. $(\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$ ou aproximadamente 21%, estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$).

Os autores atribuíram esses resultados aos mesmos argumentos que Rondon *et al.* (1998), onde a escolha do protocolo foi determinante para essa diferença dos valores e também a falta do *steady-state*. No entanto, a não ser que o TI apresente estágios longos de no mínimo 3 minutos, o *steady-state* não acontecerá devido aos ajustes metabólicos frente as novas intensidades (RONDON *et al.*, 1998; AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, 2006; COSTA *et al.*, 2007).

Recentemente, Lima *et al.* (2013) compararam o valor de $\text{VO}_2\text{máx}$ atingido em um teste de esforço cardiopulmonar (TECP) e os obtidos por meio de equações preditivas em idosas. A amostra deste estudo foi constituída de 116 idosas (idade média de $66,7 \pm 5,8$ anos e IMC $25,7 \pm 2,5 \text{ kg/m}^2$). As voluntárias realizaram um TECP com características de rampa na esteira rolante, a intensidade foi controlada com um programa de computador que estimou que a duração do teste fosse mais próxima possível de 10 minutos e com a intensidade máxima de 6 km/h e 6% de inclinação. Os autores realizaram a comparação dos valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ no TECP com as equações da Marsh *et al.* (2006) e Foster *et al.* (1996) que são apresentadas no posicionamento do ACSM (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, 2006; LIMA *et al.*, 2013). O valor médio do $\text{VO}_2\text{máx}$ no TECP foi de $17,9 \pm 3,2 \text{ ml. } (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$ e os valores obtidos pelas equações de Foster *et al.* (1996) e Marsh *et al.* (2006) foram de $24,8 \pm 4,4 \text{ ml. } (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$ e $20,6 \pm 3,0 \text{ ml. } (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$ respectivamente.

Nas comparações com o padrão ouro para determinação do $\text{VO}_2\text{máx}$, sempre foi identificado diferença significativa ($p < 0,001$). A diferença entre o padrão ouro e a equação de Foster *et al.*, (1996) foi de $2,7 \text{ ml. } (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$ ou 14% e, com relação à equação de Marsh *et al.*, (2006), a diferença foi de $6,9 \text{ ml. } (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$, ou 38%. Esses resultados mais uma vez estão de acordo com os apresentados, evidenciando que as equações preditivas não são a melhor maneira de obter o valor da capacidade cardiorrespiratória máxima, quando suas particularidades como escolha do protocolo para determinada população, e cumprimento dos requisitos de metodologia não são cumpridos.

Em contra partida, Mcinnis *et al.* (1999) compararam o protocolo de Bruce em duas situações diferentes, o Protocolo Tradicional (crescimento em degraus) e um Protocolo Modificado (crescimento em rampa), com o objetivo de avaliar diferenças entre os protocolos. Para isso, os pesquisadores recrutaram 25 mulheres obesas,

encontrando os seguintes resultados: não houve diferenças significativas entre os testes (Protocolo de Bruce tradicional e Protocolo de Bruce em rampa) com valores de $21,0 \pm 5,0 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$ e $21,0 \pm 2,0 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$, respectivamente. Eles concluíram que as respostas cardiopulmonares máximas na população estudada (mulheres obesas mórbidas) não são dependentes de protocolo (rampa ou degraus) (MCINNIS *et al.*, 1999).

No entanto, nesse estudo, nos dois testes foi utilizado o analisador de gases, fazendo com que o erro na medida do $\text{VO}_2\text{máx}$ diminua consideravelmente. Se observarmos o tempo de teste no protocolo de Bruce tradicional ($7,0 \pm 3,0$ minutos) e aplicarmos na equação proposta por Bruce *et al.* (1974) os valores mudam de $21,0 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$ para aproximadamente $22,45 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$, comparando a equação de Bruce e o valor medido pelo analisador de gases, o Protocolo de Bruce tradicional atingiria valores 7% acima em comparação ao método direto. Mesmo não sendo significativa, essa diferença pode apresentar valor clínico importante (MCINNIS *et al.*, 1999).

Existe um consenso na literatura, mostrando que o valor de $\text{VO}_2\text{máx}$ é protocolo dependente (ARAÚJO, 1998; RONDON *et al.*, 1998; PETERSON, PIEPER e MOREY, 2003; SILVA e SOBRAL FILHO, 2003; COSTA *et al.*, 2007; LIMA *et al.*, 2013), assim as diferenças entre valores obtidos podem ser atribuídos à diferença nos protocolos e métodos (direto e indireto) utilizados para obter o valor de $\text{VO}_2\text{máx}$. Mais recentemente, surgiram novas ideias de protocolos para a mensuração do $\text{VO}_2\text{máx}$, contradizendo os conceitos mais atuais como, por exemplo: protocolos decrescentes, testes de verificação e protocolos regulados pela percepção subjetiva de esforço (BELTRAMI *et al.*, 2012; MAUGER e SCULTHORPE, 2012).

Os resultados deste estudo corroboram com os estudos já apresentados, ou seja, as equações de predição apresentaram valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ muito diferentes em até 38% em alguns casos (LIMA *et al.*, 2013). Contudo, tanto a medida direta quanto a indireta apresentam vantagens e desvantagens (MENEGBELO *et al.*, 2010).

As vantagens do método direto são muito atrativas, como por exemplo, alta precisão da determinação da capacidade cardiorrespiratória, precisão na estratificação de doenças cardiovasculares, sensibilidade em avaliar a eficiência em um treinamento físico e identificação de variáveis ventilatórias; as desvantagens

também se apresentam da seguinte forma: é necessário pessoal especializado para administrar um teste e alto custo em função dos aparelhos.

Já os protocolos preditivos também apresentam vantagens, tais como grande número de avaliações ao mesmo tempo, baixo custo e não existe a necessidade de pessoal especializado para administrar um TE convencional. Porém, as desvantagens são inúmeras, como a falta de sensibilidade em avaliar uma capacidade ($\text{VO}_2\text{máx}$) após o período de treinamento físico, grande diversidade de equações para a população, mas a principal delas é a falta de eficácia no diagnóstico da aptidão cardiorrespiratória, pois a partir dos valores atingidos em um TE convencional, o laudo clínico do indivíduo pode apresentar informações importantes como ser ou não ser inserido em um programa de reabilitação, e/ou transplante de órgãos (ALMEIDA *et al.*, 2010; MENEGHELO *et al.*, 2010).

A classificação da aptidão cardiorrespiratória a partir do valor do $\text{VO}_2\text{máx}$ foi apresentada na tabela 10, nas comparações entre os resultados obtidos em relação aos protocolos foram identificadas alterações quando realizado o UFSCar-Teste, o GC foi classificado como “REGULAR” ($25 - 33 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$) enquanto que, no Protocolo de Bruce o GC foi classificado como “BOA” ($34 - 42 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$). Essa resposta se manteve quando analisados os dados no GD, no UFSCar-Teste atingiram a classificação “FRACA” ($18 - 24 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$) e no protocolo de Bruce atingiram a classificação “REGULAR” ($25 - 33 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$).

Como já descrito, houve diferenças no valor de $\text{VO}_2\text{máx}$, e de acordo com a literatura apresentada, podemos sugerir que o protocolo de Bruce identifica valores diferentes do $\text{VO}_2\text{máx}$ por não ter sido desenvolvido para população brasileira. Outro fator extremamente importante é o desenho do protocolo em si. Segundo Midgley *et al.* (2008) a intensidade (duração e a inclinação) dos TI para determinação de $\text{VO}_2\text{máx}$ em esteira deve permanecer entre 5 até 26 minutos e não ultrapassar 15% de inclinação; o Protocolo de Bruce já começa em 10% de inclinação, e os voluntários facilmente chegam a 16%. Esse aumento rápido da inclinação pode alterar o centro de gravidade, alterando o padrão de marcha e o recrutamento muscular, assim diminuindo a capacidade de tolerância naquele teste; outro fator interessante é o relato da grande maioria dos voluntários, acusando dificuldade em andar em inclinações elevadas por não ser usual, e também não por cansaço, mas sim por dor muscular localizada.

O UFSCar-Teste, devido ao desenho de seu protocolo, tenta minimizar esses efeitos adversos do Protocolo de Bruce (inclinação elevada), além de utilizar o analisador de gases. Como a inclinação do UFSCar-Teste permanece em 0% durante todo o teste, o grupo de pesquisadores acredita que isso pode aumentar a chance de se atingir os valores VO_2 máx mais próximo dos reais em função da corrida, em muita das vezes, é mais fácil do que a caminhada em inclinações elevadas, minimizando os pontos desfavoráveis que o Protocolo de Bruce apresenta.

Como foi identificada diferença significativa nos valores de VO_2 máx relativos ao peso corporal obtido nos dois testes, é compreensível que todos os outros parâmetros dependentes do VO_2 máx (DAF, DC e METs) que compõe a avaliação cardiorrespiratória como um todo (Tabela 8) apresentem diferenças significativas.

7.1.2. Deficit Aeróbio Funcional (DAF); Débito Cardíaco Máximo (DC máximo) e Equivalentes Metabólicos Máximos (METs máximo) nos dois protocolos (Protocolo de Bruce e UFSCar-Teste).

O DAF, que representa a relação entre a capacidade cardiorrespiratória máxima e a prevista, foi diferente entre os protocolos ($p < 0,001$). No UFSCar-Teste o DAF foi de $16,70 \pm 16,52\%$, valor que classifica o grupo como “sem prejuízo” em relação à capacidade cardiorrespiratória máxima prevista, porém o valor do Protocolo de Bruce foi $-9,56 \pm 26,99\%$, classificando o grupo também como “sem prejuízo” e com valores médios de aproximadamente 10% acima da capacidade máxima prevista.

Essa diferença nos valores pode ser atribuída às diferenças encontradas nos valores de VO_2 máx, pois a equação para calcular o DAF foi à mesma utilizada nos dois momentos (BRUCE, KUSUMI e HOSMER, 1973). Outra possibilidade foi que o Protocolo de Bruce, por apresentar tempo de duração menor em função dos incrementos maiores quando comparado ao UFSCar-Teste, pode ter atingido realmente valores mais elevados de VO_2 máx. Podemos também atribuir esse resultado em função do protocolo de Bruce utilizar o tempo de teste para determinar o VO_2 máx, ou seja, quanto maior o tempo de teste maior o valor do VO_2 máx. O Protocolo de Bruce preconiza um aumento de 1 MET por minuto, porém nas

intensidades mais elevadas o aumento dos valores do $\text{VO}_2\text{máx}$ é atenuado, e esse comportamento não é identificado por ser um protocolo preditivo.

O DAF é uma ferramenta simples e eficaz em determinar o déficit funcional de um determinado indivíduo em relação a seus pares. Nesse sentido, com o protocolo de Bruce et al., (1974) pode-se quantificar o DAF e utilizá-lo para identificar se um treinamento físico é eficaz, tanto em pacientes como em pessoas saudáveis (STRONG *et al.*, 2012).

Recentemente, Strong et al. (2012) quantificaram o DAF em pacientes que passaram por revascularização coronariana, objetivando relacioná-lo com o bem estar individual. O estudo transversal avaliou 102 indivíduos (97 homens e 5 mulheres) após o programa de reabilitação cardíaca fase II. Os valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ obtidos para homens e mulheres foram $18,21 \pm 4,92 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$ e $13,23 \pm 3,65 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$, respectivamente. O DAF foi de $27,71 \pm 16,67\%$ e $45 \pm 21,3\%$, respectivamente, além disso, foi encontrada relação entre os valores de DAF e a qualidade de vida, onde os voluntários que apresentaram um DAF menor mostraram no questionário que tinham uma melhor qualidade de vida. Os resultados deste estudo evidenciaram que os homens demonstraram menores valores de DAF quando comparados com as mulheres, sugerindo que em mulheres o programa de reabilitação cardiovascular fase II deve ser realizado com mais ênfase.

A quantificação do DAF é fundamental, extremamente fácil e reprodutível, porém se a avaliação do $\text{VO}_2\text{máx}$ não for confiável esse parâmetro também será equivocado, identificando valores errôneos para a avaliação de uma prescrição de um treinamento.

7.1.3. Déficit Cronotrópico (DCR), Índice de Competência Cronotrópica (ICC) e Taxa de Recuperação da Frequência Cardíaca (TRFC) nos dois protocolos (Protocolo de Bruce e UFSCar-Teste).

Recentemente a comunidade científica defende com mais ênfase que existe um consenso que a determinação do $\text{VO}_2\text{máx}$ depende da validação do TI. A utilização da FC como o preditor de um teste máximo ou no uso para o cálculo de outras variáveis como o DCR, ICC e TRFC podem ser uma limitação do estudo em ambos os protocolos (BELTRAMI *et al.*, 2012; MAUGER e SCULTHORPE, 2012; LIMA *et al.*, 2013). No entanto, os valores dos parâmetros hemodinâmicos não

mostraram diferenças significativas entre os protocolos com exceção na TRFC no 4º minuto após o teste.

O DCR, que expressa a relação entre a FC máxima atingida no teste com a FC máxima prevista, atingiu valores de $4,51 \pm 8,73 \%$ no UFSCar-Teste, e $4,01 \pm 7,38 \%$ no Protocolo de Bruce sem diferenças significativas, ou seja, nos dois testes os voluntários atingiram aproximadamente 96% da FC máxima prevista. Mesmo que os valores de FC máx isoladamente não são recomendados para afirmar se um TI foi máximo, podemos sugerir que os voluntários atingiram o mesmo nível de esforço fisiológico em ambos os protocolos.

Um parâmetro que utiliza a FC para predizer a eficiência cronotrópica de maneira mais eficaz é o ICC, que leva em consideração a resposta cronotrópica em função da intensidade do exercício e a reserva metabólica, que é a diferença entre VO_2 atingido em determinada intensidade e o VO_2 em repouso expressos em METs. No presente estudo os valores de ICC também não mostraram diferenças significativas entre os protocolos; $0,92 \pm 0,15$ no UFSCar-Teste e $0,94 \pm 0,13$ no Protocolo de Bruce. Uma vez que para a manutenção do exercício em intensidades elevadas é necessário que aconteça o aumento do DC, a FC tem que aumentar na mesma proporção. No presente estudo os valores de ICC nos dois protocolos foram classificados na categoria “sem prejuízo”, assim, podemos confirmar que a resposta cronotrópica dos voluntários, que infere a função ventricular esquerda, não está comprometida (BRUBAKER e KITZMAN, 2011).

Gulati et al. (2010) identificaram o ICC entre 1992 e 2008 em 5437 mulheres que não tinham sintomas de limitações cardíacas. As pacientes realizaram o TE convencional onde foi quantificado o ICC de acordo com a fórmula presente na tabela 5 (GULATI *et al.*, 2010). Eles encontraram os seguintes resultados: a partir de 2008 do total de mulheres avaliadas, 10% vieram a falecer, dessa forma, a inabilidade para atingir 85% da FC máxima, como índice isolado para predizer mortalidade não é eficaz, porém quando o ICC foi analisado, eles observaram que este índice estava melhor relacionado com o número de mortes do que a inabilidade em atingir 85% da FC máxima. Os autores concluíram que um valor abaixo de 0,80 a chance de morte súbita em mulheres é muito maior do que simplesmente atingir 85% da FC máx prevista (GULATI *et al.*, 2010).

Além do ICC a resposta cardíaca aos dois protocolos foi avaliada após o fim do teste, a TRFC não mostrou diferença significativa até o 4º minuto de recuperação

após o término do teste, com valores de redução de $63,38 \pm 11,37$ bpm para o UFSCar-Teste e $76,29 \pm 20,95$ bpm para o protocolo de Bruce.

Esses resultados estão de acordo com a literatura, pois em todos os estágios de recuperação, segundo Brubaker e Kitzman (2011) os valores esperados para o primeiro minuto é uma queda igual ou maior de 12 bpm se o indivíduo estiver em recuperação passiva, e de 18 ou mais bpm se a recuperação for ativa (pedalando ou caminhando sem carga); no segundo minuto o valor da queda da FC deve ser maior ou igual a 42 bpm em relação a FC máxima atingida no teste; e no quarto minuto de aproximadamente de 60 bpm (ANTELMÍ *et al.*, 2008). Em todos os momentos os valores de queda da FC (UFSCar-Teste no $\Delta FC1$ foi de $52,86 \pm 17,86$; no $\Delta FC2$ foi $58,75 \pm 11,84$ e no $\Delta FC4$ foi $63,38 \pm 11,37$ e no Protocolo de Bruce no $\Delta FC1$ foi $43,71 \pm 14,59$; no $\Delta FC2$ foi $58,76 \pm 10,91$ e no $\Delta FC4$ foi $76,29 \pm 20,95$) foram maiores que os preconizados na literatura para serem classificados como aumento dos riscos de mortalidade, pois, os valores e a magnitude da TRFC após o esforço estão intimamente relacionados com o nível do tônus parassimpático (ANTELMÍ *et al.*, 2008; GULATI *et al.*, 2010; BRUBAKER e KITZMAN, 2011).

Portanto, mesmo que a FC não seja recomendada como parâmetro para validar um TI, nos dois protocolos estudados (UFSCar-Teste e Protocolo de Bruce) a resposta nas seguintes variáveis DCR, ICC e TRFC foram normais e condizentes com o apresentado pela literatura, sugerindo que os voluntários da pesquisa não apresentaram riscos de desenvolver eventos cardíacos futuros (GULATI *et al.*, 2010; BRUBAKER e KITZMAN, 2011).

7.1.4. Comparação dos valores de VO_2 máx entre os grupos nos dois protocolos.

Quando as comparações são feitas entre os grupos em um mesmo protocolo, a diferença nos valores de VO_2 máx ainda permanece, como pode ser visualizado na tabela 8 os valores de VO_2 máx no UFSCar-Teste e no Protocolo de Bruce foram significativamente diferentes com diferença em percentual de 18% para o GC; já o GD a resposta foi semelhante, no entanto, com a diferença em percentual ainda maior (28%) confirmando o que foi discutido em outros tópicos.

Outro resultado não menos interessante, quando comparados dos valores de VO_2 máx obtidos nos testes entre os grupos, somente o UFSCar-Teste mostrou diferenças significativa ($p < 0,001$), no GC $32,37 \pm 5,36$ ml.(kg.min)⁻¹ e no GD $24,06 \pm 6,42$ ml.(kg.min)⁻¹; o Protocolo de Bruce não mostrou diferenças significativas

($p=0,051$) embora, tenha mostrado uma tendência a significância; com valores para o GC $39,66 \pm 4,47 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$ e no GD $33,63 \pm 8,88 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$.

Esse resultado pode ser atribuído em função do Protocolo de Bruce ser preditivo e utilizar o tempo de teste como parâmetro de desempenho para a obtenção do $\text{VO}_2\text{máx}$, dessa forma, mesmo que o individuo apresente algum quadro de comprometimento cardiorrespiratório, mas consiga suportar cargas ligeiramente elevadas, pode atingir valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ mais elevados, pois não existe a possibilidade da identificação de um platô de consumo de oxigênio, podendo o resultado ser mascarado. Outro ponto importante foi que no Protocolo de Bruce, a diferença na duração do teste realizado por ambos os grupos foi muito pequena, de aproximadamente de 2 minutos, podemos então supor que a inclinação elevada do Protocolo de Bruce para os voluntários do GC pode ter sido determinante para a interrupção do teste, diferentemente do UFSCar-Teste que houve uma diferença significativa ($p<0,001$) entre as populações aproximadamente de 6 minutos.

7.2. Comparação dos valores parâmetros hemodinâmicos e metabólicos do UFSCar-Teste nos dois grupos (Diabético VS Controle).

7.2.1. Consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_2\text{máx}$) no UFSCar-Teste nos dois grupos (Diabético VS Controle).

Outra hipótese do estudo foi confirmada; os valores da aptidão cardiorrespiratória obtidos pelo UFSCar-Teste seriam diferentes entre o grupo GC e GD. Esses resultados estão de acordo com alguns achados na literatura (SIMOES, HIYANE, *et al.*, 2010; SIMOES, MOREIRA, *et al.*, 2010). Porém a explicação para esses achados não é totalmente esclarecida (BRANDENBURG *et al.*, 1999; DEVEREUX *et al.*, 2000; FANG *et al.*, 2005).

Brandenburg *et al.* (1999) analisaram três grupos, 1-) 8 mulheres com sobrepeso, sedentárias em estágio pré-menopausa portadoras de DM tipo 2, 2-) 9 mulheres obesas mas sem complicações advindas da obesidade e 3-) 10 mulheres saudáveis (não-obesas e não-diabéticas), pré e pós período de treinamento. Foi realizado um TI para a determinação do $\text{VO}_2\text{máx}$ e também a análise da cinética do VO_2 , com o objetivo de avaliar se existiriam diferenças entre os grupos. Os resultados mostraram que as mulheres obesas e diabéticas apresentaram menor valor de $\text{VO}_2\text{máx}$ e uma cinética de VO_2 pior do que os outros grupos.

Os resultados foram atribuídos justamente ao quadro da diabetes, pois a falta de controle glicêmico que as voluntárias apresentaram pré-treino característico da DM tipo 2 pode afetar esses parâmetros, uma vez que após o período de treino, o grupo de diabéticas teve uma melhora significativa em relação aos os outros dois grupos, porém os autores não explicaram os valores mais baixos de $\text{VO}_2\text{máx}$ no grupo diabético.

No entanto, Devereux *et al.* (2000) identificaram em levantamento de dados do estudo de Framingham nos Estados Unidos, que o DM tipo 2 afeta a função ventricular, independentemente do aumento ou não do IMC e da pressão arterial. Esses achados foram obtidos a partir da análise da ecocardiografia utilizada no estudo de doenças cardiovasculares (Strong Heart Study). O objetivo do estudo foi analisar o impacto do DM tipo 2 na estrutura cardíaca realizando as medidas no ventrículo esquerdo (espessura, volume e tamanho da câmara). Foram levantados dados de 1810 indivíduos portadores de DM tipo 2 com idade média de 60 anos e 944 indivíduos controle sem a presença da DM tipo 2 com média de idade de 59 anos. Os resultados encontrados idenitificaram que os portadores de DM tipo 2 desenvolveram efeitos cardíacos adversos como, aumento da massa e espessura ventricular esquerda, redução do tamanho da câmara do ventrículo esquerdo, redução da função sistólica, diminuição da função miocárdica e o aumento da rigidez arterial, independentemente dos aumentos associados aos efeitos deletérios da Síndrome Metabólica (DEVEREUX *et al.*, 2000).

Ainda nessa linha, Poirier *et al.* (2000) realizaram o Protocolo de Bruce modificado para avaliar os valores de $\dot{\text{V}}\text{O}_2\text{máx}$ em dois grupos de diabéticos, um grupo composto por 9 homens diabéticos, sem o quadro de disfunção diastólica do ventrículo esquerdo, e o grupo diabético composto por 10 homens e portadores de disfunção diastólica no ventrículo esquerdo. Como esperado, os valores $\text{VO}_2\text{máx}$ foram maiores nos indivíduos sem disfunção diastólica $11,4 \pm 1,2$ METs ou $39,9 \pm 4,2$ $\text{ml} \cdot (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$ e o grupo com disfunção diastólica atingiu valores de $9,5 \pm 1,9$ METs ou $33,25 \pm 6,65$ $\text{ml} \cdot (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$. Dessa forma, pode-se concluir que, as cardiomiopatias associadas ao DM tipo 2 como por exemplo o quadro de disfunção diastólica no ventrículo esquerdo é um dos fatores limitantes para a menor tolerância ao exercício em indivíduos portadores de DM tipo 2 (POIRIER *et al.*, 2000).

Fang *et al.* (2005) utilizaram um TI para analisar 170 pacientes portadores de DM tipo 2 com disfunção ventricular, com idade média de 56 ± 10 anos, sendo 91 homens e 79 mulheres com quadro assintomático para isquemia cardíaca; e 56 pacientes do grupo controle com idade média de 53 ± 10 anos, sendo 25 homens e 31 mulheres. Com o objetivo de tentar associar possíveis mecanismos da DM tipo 2 e a capacidade cardiorrespiratória diminuída, a capacidade cardiorrespiratória neste estudo foi calculada em METs. Neste estudo foi identificado que os valores de VO_2 máx foram significativamente menores ($p < 0,001$) no grupo diabético quando comparado ao controle, $7,9 \pm 2,8$ METs ($27,65 \pm 9,8 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$) e $10,9 \pm 4,6$ METs ($38,15 \pm 16,1 \text{ ml. (kg.min)}^{-1}$), respectivamente (FANG *et al.*, 2005).

Os autores citados atribuíram esses resultados ao quadro da disfunção ventricular, pois já é descrito que em indivíduos não diabéticos o quadro de disfunção ventricular é um fator limitante para a manutenção do exercício, concordando com o estudo anterior (POIRIER *et al.*, 2000). Dessa forma, os resultados do presente estudo evidenciaram que a capacidade cardiorrespiratória em diabéticos é reduzida em relação aos voluntários do GC e estão de acordo com todos os estudos que avaliaram as diferenças na capacidade cardiorrespiratória em indivíduos portadores de DM tipo 2 com relação aos seus pares não portadores da doença.

7.2.2. Déficit Aeróbio Funcional (DAF), Débito Cardíaco Máximo (DC máximo), Equivalente Metabólico Máximo (METs máximo) e Pulso do O_2 máximo no UFSCar-Teste nos dois grupos (Diabético VS Controle).

Com relação aos nossos resultados, além dos valores de VO_2 máx serem diferentes, o DAF também apresentou diferenças significativa ($p = 0,003$). No GD o valor médio foi de aproximadamente 30%, ou seja, eles estão 30% abaixo da capacidade máxima prevista para a idade, sendo classificados como “prejuízo significativo” (STRONG *et al.*, 2012). Em contra partida, o GC foi classificado como “nenhum prejuízo significativo”, pois o valor médio do DAF foi de aproximadamente 9%. Os valores do DAF sugerem que o GD pode apresentar alguma restrição do volume sistólico, frequência cardíaca, diferença arteriovenosa e da pressão arterial, pois, nessa população já é evidenciado que existem a alteração de alguns desses

parâmetros não são diagnosticadas ainda mais, quando é realizado um TE convencional.

Apesar dos valores de Pulso de O₂ máximos, não apresentarem diferenças significativas, a grande diferença encontrada no DAF pode ser atribuída a falta de condicionamento físico. Consequentemente, os valores elevados do DAF podem ser atribuídos a falha da entrega do O₂ para a musculatura ativa, pois já é descrito que os portadores de DM tipo 2 apresentam enfermidades devido ao quadro de hiperglicemia crônica. Isso causa a glicosilação anormal das proteínas dos vasos, mais especificamente na camada endotelial, dessa forma, instalando-se um déficit progressivo na perfusão tecidual.

7.2.3. Déficit Cronotrópico (DCR), Índice de Competência Cronotrópica (ICC) e Taxa de Recuperação da Frequência Cardíaca (TRFC) no UFSCar-Teste nos dois grupos (Diabético VS Controle).

Além das variáveis metabólicas, indicando que os valores de VO₂máx são mais baixos nos diabéticos em função de algum déficit no coração, o ICC, que mede a eficiência cronotrópica em relação à intensidade do exercício também mostrou diferenças significativas para o GC.

Embora os valores dos dois grupos estejam dentro dos valores de normalidade, o GD apresentou valor médio de 0,83, próximo do ponto de estratificação para o aumento da prevalência (0,80) das doenças cardiovasculares, pois esse índice infere se a resposta cronotrópica e o consumo de oxigênio estão apresentando um crescimento linear com relação ao esforço físico (BRUBAKER e KITZMAN, 2011). De acordo com os estudos de Carnethon *et al.* (2003), Poirier *et al.* (2003) e Albright *et al.* (2000) esses valores poderiam estar relacionados com disfunções autonômicas, que são presentes em indivíduos portadores de DM tipo 2 (CARNETHON *et al.*, 2003; POIRIER *et al.*, 2003). As lesões do sistema nervoso autônomo que podem ser causadas pela falta do controle glicêmico que podem originar distúrbios funcionais nos órgãos controlados pelos sistemas simpático e parassimpático como o coração, dessa forma, pode haver uma estreita relação entre o controle glicêmico insuficiente e as possíveis alterações dos axônios e degenerações segmentares da mielina (ALBRIGHT *et al.*, 2000).

Em conjunto com os valores de ICC, os valores da TRFC também ajudam a sugerir o quadro de disfunção autonômica (CARNETHON *et al.*, 2003; FANG *et al.*, 2005; BRUBAKER e KITZMAN, 2011). Os resultados da TRFC foram maiores no GC quando comparados ao GD em todos os momentos, No $\Delta FC1$ $53,7 \pm 20,8$ e $51,4 \pm 12,6$ batimentos respectivamente, no $\Delta FC2$ redução foi de $62,3 \pm 11,4$ bpm no GC e de $52,0 \pm 10,0$ bpm no GD já no $\Delta FC4$ a queda foi de $68,1 \pm 8,1$ bpm no GC e de $55,8 \pm 12,2$ bpm no GD. Dessa forma, ao analisarmos esses resultados, podemos identificar que o GD apresentou um controle da FC pós o exercício, reduzida em comparação ao GC, mesmo que os valores no $\Delta FC1$ e $\Delta FC2$ não mostrem diferenças significativas ao contrário de $\Delta FC4$. A partir dessa resposta cronotrópica pós esforço, pode ser sugerido que o GD apresenta um quadro de disfunção autonômica devido a glicosilação anormal das proteínas pelo organismo, isso não é afirmado com certeza, pois a ação simpática e parassimpática não foi mensurada diretamente, ainda no $\Delta FC4$ em função da diferença significativa é evidenciado que o GD precisa de mais tempo para diminuir a FC a valores perto dos valores de repouso (ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing, 2003; ANTELMi *et al.*, 2008; BRUBAKER e KITZMAN, 2011).

Com o envelhecimento da população brasileira, o número de pessoas portadoras das DCNTs vai aumentar, dessa, forma a avaliação cardiorrespiratória correta será importante no diagnóstico e controle do quadro fisiológico dessa população. Embora a correlação entre os valores obtidos nos dois protocolos utilizados nesse estudo seja forte (0,58) algumas limitações do Protocolo de Bruce foram identificadas, como a utilização do tempo de teste para determinar o valor do VO_2 máx, o que impossibilita identificar-se valores mais precisos nas duas populações estudadas, em contrapartida o UFSCar-Teste também apresentou algumas limitações como, por exemplo, o tempo maior de duração do teste.

Nessa direção, fazem-se necessários mais estudos acerca desse tema, na tentativa de minimizar possíveis erros (equações corretas, protocolos mais adequado e pessoal mais capacitado). Pois esses erros podem impossibilitar a adoção de medidas preventivas e terapêuticas com relação aos parâmetros avaliados, além de contribuir para a correta prescrição do exercício.

8. CONCLUSÕES

As principais conclusões advindas deste estudo podem ser resumidas nos seguintes pontos:

1. Considerando os 21 voluntários estudados o protocolo de Bruce superestimou os valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ em aproximadamente $8,2 \text{ ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$ quando comparados com a medida direta. Dessa forma, os índices que dependem dos valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ em suas formulas matemáticas, como DC máximo, METs máximos e DAF, também foram superestimados quando comparados com o teste direto. Os índices DCR e ICC não identificaram diferenças significativas entre os protocolos utilizados. Fica claro a importância da realização de uma avaliação cardiorrespiratória o mais precisa possível, uma vez que os valores contidos no laudo clínico podem indicar diferentes classificações com relação ao estado de saúde de um indivíduo.
2. A estimativa do $\text{VO}_2\text{máx}$ pelo método de Bruce, não foi diferente estatisticamente para ambos os grupos estudados, porém, houve diferença estatística quando os valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ foram determinados pelo UFSCar-Teste.
3. A TRFC quando analisada no UFSCar-Teste apresentou diferenças estatísticas somente no quarto minuto de recuperação da FC, apesar de no primeiro e no segundo minutos de recuperação da FC não se apresentarem diferenças estatísticas, os valores de queda sempre foram maiores no grupo controle quando comparados ao grupo diabético. Essa resposta pode ser um indicativo de algum grau de comprometimento da relação simpático/parassimpático, no controle da FC após o exercício em diabéticos.
4. Dos 21 voluntários estudados, 90% (19) indivíduos apresentaram classificação cardiorrespiratória diferente entre os protocolos utilizados, segundo o AHA. Para o

grupo controle, a maioria dos indivíduos (62%) foram classificados com aptidão cardiorrespiratória “Boa” por meio do protocolo de Bruce e (69%) classificados como “Regular” por meio do UFSCar-Teste. Para o grupo diabético, a maioria dos indivíduos (50%) foram classificados com aptidão cardiorrespiratória “Boa” por meio do protocolo de Bruce e (50%) classificados como “Fraca” por meio do UFSCar-Teste.

9. LIMITAÇÕES DO ESTUDO.

O presente estudo apresenta as seguintes limitações, dessa forma, ajudar no direcionamento de estudos posteriores.

1. Mensuração direta da ação do sistema nervoso, por meio da relação simpático/parassimpático.
2. Realização do Protocolo de Bruce com o analisador de gases.
3. O numero de voluntários do GD não é igual ao GC.
4. Conhecimento do grau de comprometimento do DM tipo 2 na estado geral de saúde dos voluntários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(IBGE), I. B. D. G. E. E. Brasil: tábua completa de mortalidade - 2010. Rio de Janeiro (RJ): IBGE; 2011. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Gerência de Estudos e Análises da Dinâmica Demográfica [Internet], 2010. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/tabuadevida/2010/notastecnicas.pdf> >.

ABENAVOLI, T. et al. Exercise testing with myocardial scintigraphy in asymptomatic diabetic males. *Circulation*, v. 63, n. 1, p. 54-64, Jan 1981. ISSN 0009-7322 (Print)

0009-7322 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7438408> >.

ADEKUNLE, A. E.; AKINTOMIDE, A. O. Gender differences in the variables of exercise treadmill test in type 2 diabetes mellitus. *Ann Afr Med*, v. 11, n. 2, p. 96-102, Apr-Jun 2012. ISSN 0975-5764 (Electronic)

0975-5764 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22406669>

<http://www.annalsfrmed.org/article.asp?issn=1596-3519;year=2012;volume=11;issue=2;spage=96;epage=102;aulast=Adekunle> >.

ALBOUAINI, K. et al. Cardiopulmonary exercise testing and its application. *Postgrad Med J*, v. 83, n. 985, p. 675-82, Nov 2007a. ISSN 1469-0756 (Electronic)

0032-5473 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17989266>

<http://pmj.bmj.com/content/83/985/675.full.pdf> >.

_____. Cardiopulmonary exercise testing and its application. *Heart*, v. 93, n. 10, p. 1285-92, Oct 2007b. ISSN 1468-201X (Electronic)

1355-6037 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17890705> >.

ALBRIGHT, A. et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc*, v. 32, n. 7, p. 1345-60, Jul 2000. ISSN 0195-9131 (Print)

0195-9131 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10912903> >.

ALMEIDA, J. A. D. et al. Validade de equações de predição em estimar o VO₂max de brasileiros jovens a partir do desempenho em corrida de 1.600m. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 16, p. 57-60, 2010. ISSN 1517-8692. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922010000100011&nrm=iso >.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, M. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins, 2006.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, M. et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*, v. 41, n. 7, p. 1510-30, Jul 2009. ISSN 1530-0315 (Electronic)

0195-9131 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19516148> >.

ANTELMÍ, I. et al. Recuperação da frequência cardíaca após teste de esforço em esteira ergométrica e variabilidade da frequência cardíaca em 24 horas em indivíduos saudáveis. *Arq Bras Cardiol*, v. 90, p. 413-418, 2008. ISSN 0066-782X. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2008000600005&nrm=iso >.

ARAÚJO, C. G. S. Importância da ergoespirometria na prescrição de exercício ao cardiopata; Value of cardiopulmonary testing in exercise's prescription in heart disease. *Rev. SOCERJ*, v. 11, n. 1, p. 38-47, 1998. ISSN 0104-0758.

ARENA, R. et al. Development of a ventilatory classification system in patients with heart failure. *Circulation*, v. 115, n. 18, p. 2410-7, May 8 2007. ISSN 1524-4539 (Electronic)

0009-7322 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17452607> >.

ARENA, R. et al. Peak VO₂ and VE/VCO₂ slope in patients with heart failure: a prognostic comparison. *Am Heart J*, v. 147, n. 2, p. 354-60, Feb 2004. ISSN 1097-6744 (Electronic)

0002-8703 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14760336> >.

ÅSTRAND, P.-O. et al. Cardiac output during submaximal and maximal work. *Journal of Applied Physiology*, v. 19, n. 2, p. 268-274, March 1, 1964. Disponível em: < <http://jap.physiology.org/content/19/2/268.abstract> >.

ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 167, n. 2, p. 211-277, 2003/01/15 2003. ISSN 1073-449X. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1164/rccm.167.2.211> >. Acesso em: 2013/06/21.

BELARDINELLI, R. et al. Exercise-induced myocardial ischaemia detected by cardiopulmonary exercise testing. *Eur Heart J*, v. 24, n. 14, p. 1304-13, Jul 2003. ISSN 0195-668X (Print)

0195-668X (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12871687> >.

BELTRAMI, F. G. et al. Conventional testing methods produce submaximal values of maximum oxygen consumption. *Br J Sports Med*, v. 46, n. 1, p. 23-9, Jan 2012. ISSN 1473-0480 (Electronic)

0306-3674 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22167716> >.

BENTLEY, D. J.; NEWELL, J.; BISHOP, D. Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Med*, v. 37, n. 7, p. 575-86, 2007. ISSN 0112-1642 (Print)

0112-1642 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17595153> >.

BLAIR, S. N.; WEI, M. Sedentary habits, health, and function in older women and men. *Am J Health Promot*, v. 15, n. 1, p. 1-8, Sep-Oct 2000. ISSN 0890-1171 (Print)

0890-1171 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11184113> >.

BRANDENBURG, S. L. et al. Effects of exercise training on oxygen uptake kinetic responses in women with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, v. 22, n. 10, p. 1640-6, Oct 1999. ISSN 0149-5992 (Print)

0149-5992 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10526728> >.

BRUBAKER, P. H.; KITZMAN, D. W. Chronotropic Incompetence: Causes, Consequences, and Management. *Circulation*, v. 123, n. 9, p. 1010-1020, March 8, 2011 2011. Disponível em: < <http://circ.ahajournals.org/content/123/9/1010.short> >.

BRUCE, R. A.; KUSUMI, F.; HOSMER, D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J*, v. 85, n. 4, p. 546-62, Apr 1973. ISSN 0002-8703 (Print)

0002-8703 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4632004>
http://ac.els-cdn.com/0002870373905024/1-s2.0-0002870373905024-main.pdf?_tid=f6f59dca-28f3-11e2-aa73-00000aacb35e&acdnat=1352304086_34e3beb1b6c0373967014b0e3887c558 >.

BRUCE, R. A. et al. Cardiovascular mechanisms of functional aerobic impairment in patients with coronary heart disease. *Circulation*, v. 49, n. 4, p. 696-702, Apr 1974. ISSN 0009-7322 (Print)

0009-7322 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4817710> >.

CARNETHON, M. R. et al. Influence of autonomic nervous system dysfunction on the development of type 2 diabetes: the CARDIA study. *Diabetes Care*, v. 26, n. 11, p. 3035-41, Nov 2003. ISSN 0149-5992 (Print)

0149-5992 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14578236> >.

CIOLAC, E. G.; GUIMARÃES, G. V. Exercício físico e síndrome metabólica. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 10, p. 319-324, 2004. ISSN 1517-8692. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922004000400009&nrm=iso >.

COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Routledge, 1988. ISBN 0805802835.

COLBERG, S. R. et al. Exercise and type 2 diabetes: American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. Exercise and type 2 diabetes. Med Sci Sports Exerc, v. 42, n. 12, p. 2282-303, Dec 2010. ISSN 1530-0315 (Electronic)

0195-9131 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21084931> >.

COLE, C. R. et al. Heart-Rate Recovery Immediately after Exercise as a Predictor of Mortality. New England Journal of Medicine, v. 341, n. 18, p. 1351-1357, 1999. Disponível em: < <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJM199910283411804> >.

COOPER, K. H. A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing. JAMA, v. 203, n. 3, p. 201-4, Jan 15 1968. ISSN 0098-7484 (Print)

0098-7484 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5694044> >.

COSTA, F. C. et al. Análise comparativa do consumo máximo de oxigênio e de prescrição de intensidade de treinamento aeróbio: ergoespirometria versus teste ergométrico convencional. RBPFE-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício, v. 1, n. 4, 2007. ISSN 1981-9900.

DESOUZA, C. A. et al. Regular aerobic exercise prevents and restores age-related declines in endothelium-dependent vasodilation in healthy men. Circulation, v. 102, n. 12, p. 1351-7, Sep 19 2000. ISSN 1524-4539 (Electronic)

0009-7322 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10993851> >.

DEVEREUX, R. B. et al. Impact of diabetes on cardiac structure and function: the strong heart study. Circulation, v. 101, n. 19, p. 2271-6, May 16 2000. ISSN 1524-4539 (Electronic)

0009-7322 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10811594> >.

DIABETES, S. B. D. ATUALIZAÇÃO SOBRE HEMOGLOBINA GLICADA (A1C) PARA AVALIAÇÃO DO CONTROLE GLICÊMICO E PARA O DIAGNÓSTICO DO DIABETES: ASPECTOS CLÍNICOS E LABORATORIAIS. Posicionamento Oficial 3ª Edição 2009. http://www.diabetes.org.br/attachments/posicionamento/posicionamentos_sbd_3_jan09.pdf: Sociedade Brasileira de Diabetes: 1-47 p. 2009.

FANG, Z. Y. et al. Determinants of exercise capacity in patients with type 2 diabetes. Diabetes Care, v. 28, n. 7, p. 1643-8, Jul 2005. ISSN 0149-5992 (Print)

0149-5992 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15983314> >.

FLEG, J. L.; LAKATTA, E. G. Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO2 max. J Appl Physiol, v. 65, n. 3, p. 1147-51, Sep 1988. ISSN 8750-7587 (Print)

0161-7567 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3182484> >.

FLEG, J. L. et al. Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation*, v. 112, n. 5, p. 674-82, Aug 2 2005. ISSN 1524-4539 (Electronic)

0009-7322 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16043637> >.

GHORAYEB, N. et al. Diretriz em Cardiologia do Esporte e do Exercício da Sociedade Brasileira de Cardiologia e da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte. *Arq Bras Cardiol*, v. 100, p. 1-41, 2013. ISSN 0066-782X. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2013000800001&nrm=iso >.

GREWAL, J. et al. Left ventricular function and exercise capacity. *JAMA*, v. 301, n. 3, p. 286-94, Jan 21 2009. ISSN 1538-3598 (Electronic)

0098-7484 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19155455> >.

GRIFFIN, B. P. et al. Incremental prognostic value of exercise hemodynamic variables in chronic congestive heart failure secondary to coronary artery disease or to dilated cardiomyopathy. *The American Journal of Cardiology*, v. 67, n. 9, p. 848-853, 1991. ISSN 0002-9149. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/000291499190618U> >.

GRIMBY, G.; SALTIN, B. The ageing muscle. *Clin Physiol*, v. 3, n. 3, p. 209-18, Jun 1983. ISSN 0144-5979 (Print)

0144-5979 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6347501> >.

GROSS, J. L. et al. Diabetes Melito: Diagnóstico, Classificação e Avaliação do Controle Glicêmico. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, v. 46, p. 16-26, 2002. ISSN 0004-2730. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27302002000100004&nrm=iso >.

GRUNDY, S. M. et al. Diagnosis and Management of the Metabolic Syndrome. *Circulation*, v. 112, n. 17, p. 2735-2752, October 25, 2005 2005. Disponível em: < <http://circ.ahajournals.org/content/112/17/2735.short>

<http://circ.ahajournals.org/content/112/17/2735.full.pdf> >.

GULATI, M. et al. Heart Rate Response to Exercise Stress Testing in Asymptomatic Women. *Circulation*, v. 122, n. 2, p. 130-137, July 13, 2010 2010. Disponível em: < <http://circ.ahajournals.org/content/122/2/130.abstract>

<http://circ.ahajournals.org/content/122/2/130.full.pdf> >.

GUMMING, G. R.; EVERATT, D.; HASTMAN, L. Bruce treadmill test in children: Normal values in a clinic population. *The American Journal of Cardiology*, v. 41, n. 1, p. 69-75, 1978. ISSN 0002-9149. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0002914978901340>

http://ac.els-cdn.com/0002914978901340/1-s2.0-0002914978901340-main.pdf?_tid=12f13ebc-28f4-11e2-a368-00000aabb0f26&acdnat=1352304133_74fa18beebea767f8a56facb727825fe5 >.

H., S. W. E. Physical Activity and Aging. American Academy of Physical

Education. Kinetics H, 1989.

HÄKKINEN, K. et al. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *European Journal of Applied Physiology*, v. 83, n. 1, p. 51-62, 2000/09/01 2000. ISSN 1439-6319. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s004210000248> >.

HERDY, A. H.; UHLENDORF, D. Valores de referência para o teste cardiopulmonar para homens e mulheres sedentários e ativos. *Arq Bras Cardiol*, v. 96, p. 54-59, 2011. ISSN 0066-782X. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2011000100010&nrm=iso >.

HOPKER, J. G.; JOBSON, S. A.; PANDIT, J. J. Controversies in the physiological basis of the 'anaerobic threshold' and their implications for clinical cardiopulmonary exercise testing. *Anaesthesia*, v. 66, n. 2, p. 111-23, Feb 2011. ISSN 1365-2044 (Electronic)

0003-2409 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21254986> >.

HOSSACK, K. F. et al. Maximal cardiac output during upright exercise: approximate normal standards and variations with coronary heart disease. *Am J Cardiol*, v. 46, n. 2, p. 204-12, Aug 1980. ISSN 0002-9149 (Print)

0002-9149 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7405834>

http://ac.els-cdn.com/0002914980900594/1-s2.0-0002914980900594-main.pdf?_tid=3b8cf87a-28f4-11e2-889f-00000aacb360&acdnat=1352304201_4021a74984261096424083c5ed7cc771 >.

KAWAJI, K. et al. Usefulness of anaerobic threshold in estimating intensity of exercise for diabetics. *Diabetes Research and Clinical Practice*, v. 6, n. 4, p. 303-309, 1989. ISSN 0168-8227. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0168822789900703> >.

KITZMAN, D. W. Diastolic heart failure in the elderly. *Heart Fail Rev*, v. 7, n. 1, p. 17-27, Jan 2002. ISSN 1382-4147 (Print)

1382-4147 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11790920> >.

KOVRT, W. M.; HOLLOSZY, J. O. Loss of skeletal muscle mass with aging: effect on glucose tolerance. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, v. 50 Spec No, p. 68-72, Nov 1995. ISSN 1079-5006 (Print)

1079-5006 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7493222> >.

KOOPMAN, R.; VAN LOON, L. J. Aging, exercise, and muscle protein metabolism. *J Appl Physiol*, v. 106, n. 6, p. 2040-8, Jun 2009. ISSN 8750-7587 (Print)

0161-7567 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19131471> >.

KRAEMER, W. J.; FLECK, S. J.; DESCHENES, M. R. Exercise physiology: integrating theory and application. Lippincott Williams & Wilkins, 2011. ISBN 0781783518.

LAKATTA, E. G.; LEVY, D. Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprises: Part II: the aging heart in health: links to heart disease. *Circulation*, v. 107, n. 2, p. 346-54, Jan 21 2003. ISSN 1524-4539 (Electronic)

0009-7322 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12538439> >.

LEXELL, J. et al. Distribution of different fiber types in human skeletal muscles: effects of aging studied in whole muscle cross sections. *Muscle Nerve*, v. 6, n. 8, p. 588-95, Oct 1983. ISSN 0148-639X (Print)

0148-639X (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6646161> >.

LIMA, L. C. et al. Hypotensive effects of exercise performed around anaerobic threshold in type 2 diabetic patients. *Diabetes Res Clin Pract*, v. 81, n. 2, p. 216-22, Aug 2008. ISSN 1872-8227 (Electronic)

0168-8227 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18571267>

http://ac.els-cdn.com/S0168822708002210/1-s2.0-S0168822708002210-main.pdf?_tid=46b03096-28f4-11e2-b79d-00000aacb361&acdnat=1352304219_83a0431612e4a9bb70ce667b7e8756e8 >.

LIMA, R. M. et al. Consumo de oxigênio de pico em idosos: Comparação entre valores medidos e previstos. *Motriz*, v. 19, n. 2, p. 9, 2013.

MAGRANI, P.; POMPEU, F. A. M. S. Equações para a previsão da potência aeróbia (VO₂) de jovens adultos brasileiros. *Arq Bras Cardiol*, v. 94, p. 763-770, 2010. ISSN 0066-782X. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2010000600009&nrm=iso >.

MATSUDO S, M. V. Prescrição e benefícios da actividade física na terceira idade. . *Revista Horizonte*, v. 09, n. 54, p. 221-227, 1993.

MAUGER, A. R.; SCULTHORPE, N. A new VO₂max protocol allowing self-pacing in maximal incremental exercise. *Br J Sports Med*, v. 46, n. 1, p. 59-63, Jan 2012. ISSN 1473-0480 (Electronic)

0306-3674 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21505226> >.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. Guanabara-Koogan, 2008. ISBN 9788527714433. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=DiUCPwAACAAJ> >.

MCINNIS, K. J. et al. Comparison of cardiopulmonary responses in obese women using ramp versus step treadmill protocols. *Am J Cardiol*, v. 83, n. 2, p. 289-91, A7, Jan 15 1999. ISSN 0002-9149 (Print) 0002-9149 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10073842> >.

MENEGHELO, R. et al. III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico. *Arq Bras Cardiol*, v. 95, p. 1-26, 2010. ISSN 0066-782X. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2010002400001&nrm=iso >.

MESQUITA, E. T.; JORGE, A. J. L. Entendendo a disfunção diastólica assintomática na prática clínica. *Arq Bras Cardiol*, v. 100, p. 94-101, 2013. ISSN 0066-782X. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2013000100015&nrm=iso >.

MIDGLEY, A. W. et al. Challenging a Dogma of Exercise Physiology: Does an Incremental Exercise Test for Valid V-dotO₂max Determination Really Need to Last Between 8 and 12 Minutes? *Sports Medicine*, v. 38, n. 6, p. 441-447, 2008. ISSN 0112-1642. Disponível em: < http://adisonline.com/sportsmedicine/Fulltext/2008/38060/Challenging_a_Dogma_of_Exercise_Physiology_Does.1.aspx >.

MIDGLEY, A. W.; CARROLL, S. Emergence of the verification phase procedure for confirming 'true' V_{O2}max. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 19, n. 3, p. 313-322, 2009. ISSN 1600-0838. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00898.x> <http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1111/j.1600-0838.2009.00898.x/asset/j.1600-0838.2009.00898.x.pdf?v=1&t=h98mwyue&s=394b62df2a0e301f657b3cea2457797cee6aa134> >.

MIDGLEY, A. W. et al. Criteria for determination of maximal oxygen uptake: a brief critique and recommendations for future research. *Sports Med*, v. 37, n. 12, p. 1019-28, 2007. ISSN 0112-1642 (Print) 0112-1642 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18027991> >.

MILLER, G. S. et al. Comparison of cardiorespiratory responses of moderately trained men and women using two different treadmill protocols. *J Strength Cond Res*, v. 21, n. 4, p. 1067-71, Nov 2007. ISSN 1533-4287 (Electronic) 1064-8011 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18076250> >.

MYERS, J. et al. Comparison of the ramp versus standard exercise protocols. *J Am Coll Cardiol*, v. 17, n. 6, p. 1334-42, May 1991. ISSN 0735-1097 (Print) 0735-1097 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2016451> >.

http://ac.els-cdn.com/S0735109710801445/1-s2.0-S0735109710801445-main.pdf?_tid=4d5c18d8-28f4-11e2-a9ff-00000aach35e&acdnat=1352304231_de038ef12036be686a3cf4778e56a448 >.

NAIMARK, A.; WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Continuous measurement of ventilatory exchange ratio during exercise. *Journal of Applied Physiology*, v. 19, n. 4, p. 644-652, July 1, 1964 1964. Disponível em: < <http://jap.physiology.org/content/19/4/644.abstract> >.

NELSON, M. E. et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and science in sports and exercise*, v. 39, n. 8, p. 1435, 2007. ISSN 0195-9131.

NETO, T. L. D. B.; TEBEXRENI, A. S.; TAMBEIRO, V. L. Aplicações práticas da ergoespirometria no atleta. *Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo*, v. 11, n. 3-695, p. 705, 2001.

Normatização de técnicas e equipamentos para realização de exames em ergometria e ergoespirometria. *Arq Bras Cardiol*, v. 80, p. 457-464, 2003. ISSN 0066-782X. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2003000400011&nrm=iso >.

OLEFSKY, J. M.; KOLTERMAN, O. G.; SCARLETT, J. A. Insulin action and resistance in obesity and noninsulin-dependent type II diabetes mellitus. *Am J Physiol*, v. 243, n. 1, p. E15-30, Jul 1982. ISSN 0002-9513 (Print)

0002-9513 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7046470> >.

OSTCHEGA, Y. et al. The prevalence of functional limitations and disability in older persons in the US: data from the National Health and Nutrition Examination Survey III. *J Am Geriatr Soc*, v. 48, n. 9, p. 1132-5, Sep 2000. ISSN 0002-8614 (Print)

0002-8614 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10983915> >.

PESCATELLO, L. S. et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc*, v. 36, n. 3, p. 533-53, Mar 2004. ISSN 0195-9131 (Print)

0195-9131 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15076798> >.

PETERSON, M. J.; PIEPER, C. F.; MOREY, M. C. Accuracy of VO₂(max) prediction equations in older adults. *Med Sci Sports Exerc*, v. 35, n. 1, p. 145-9, Jan 2003. ISSN 0195-9131 (Print)

0195-9131 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12544648> >.

POIRIER, P. et al. Preclinical diabetic cardiomyopathy: relation of left ventricular diastolic dysfunction to cardiac autonomic neuropathy in men with uncomplicated well-controlled type 2 diabetes. *Metabolism*, v. 52, n. 8, p. 1056-61, Aug 2003. ISSN 0026-0495 (Print)

0026-0495 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12898473> >.

POIRIER, P. et al. Impact of left ventricular diastolic dysfunction on maximal treadmill performance in normotensive subjects with well-controlled type 2 diabetes mellitus. *Am J Cardiol*, v. 85, n. 4, p. 473-7, Feb 15 2000. ISSN 0002-9149 (Print)

0002-9149 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10728953> >.

POLLOCK, M. L. et al. A comparative analysis of four protocols for maximal treadmill stress testing. *American Heart Journal*, v. 92, n. 1, p. 39-46, 1976. ISSN 0002-8703. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002870376804012>

http://ac.els-cdn.com/S0002870376804012/1-s2.0-S0002870376804012-main.pdf?_tid=536442fa-28f4-11e2-866f-00000aacb362&acdnat=1352304241_a3f760ecf148383eff951a154d54fc6b >.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. Manole, 2005. ISBN 9788520416730. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=mMhTPwAACAAJ> >.

RANTANEN, T. et al. Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. *JAMA*, v. 281, n. 6, p. 558-60, Feb 10 1999. ISSN 0098-7484 (Print)

0098-7484 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10022113> >.

REAVEN, G. M. et al. Nonketotic diabetes mellitus: insulin deficiency or insulin resistance? *Am J Med*, v. 60, n. 1, p. 80-8, Jan 1976. ISSN 0002-9343 (Print)

0002-9343 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/814810> >.

REED, R. L. et al. The relationship between muscle mass and muscle strength in the elderly. *J Am Geriatr Soc*, v. 39, n. 6, p. 555-61, Jun 1991. ISSN 0002-8614 (Print)

0002-8614 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1805811> >.

Report of the Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care*, v. 25, n. suppl 1, p. s5-s20, January 1, 2002 2002. Disponível em: < http://care.diabetesjournals.org/content/25/suppl_1/s5.short >.

RONDON, M. et al. Comparação entre a prescrição de intensidade de treinamento físico baseada na avaliação ergométrica convencional e na ergoespirométrica. *Arq Bras Cardiol*, v. 70, n. 3, p. 159-66, 1998.

ROSA RS, S. M. Diabetes Mellitus: magnitude das hospitalizações na rede pública do Brasil, 1999-2001. *Epidemiol Serv Saude*, v. 17, n. 2, p. 131-134, 2008.

SALES, M. M. et al. Noninvasive method to estimate anaerobic threshold in individuals with type 2 diabetes. *Diabetol Metab Syndr*, v. 3, n. 1, p. 1, 2011. ISSN 1758-5996 (Electronic). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21226946> >.

SCHMIDT, M. I. et al. Prevalência de diabetes e hipertensão no Brasil baseada em inquérito de morbidade auto-referida, Brasil, 2006. *Rev Saude Publica*, v. 43, p. 74-82, 2009. ISSN 0034-8910. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102009000900010&nrm=iso >.

Screening for Obesity in Adults: Recommendations and Rationale. *Annals of Internal Medicine*, v. 139, n. 11, p. 930-932, 2003. ISSN 0003-4819. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.7326/0003-4819-139-11-200312020-00012> >.

SHETLER, K. et al. Heart rate recovery: validation and methodologic issues. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 38, n. 7, p. 1980-1987, 2001. ISSN 0735-1097. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0735109701016527> >.

SILVA, O. B. E.; SOBRAL FILHO, D. C. A new proposal to guide velocity and inclination in the ramp protocol for the treadmill ergometer. *Arq Bras Cardiol*, v. 81, p. 48-53, 2003. ISSN 0066-782X. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2003000900004&nrm=iso >.

SILVESTRE J, A. D. Motivação para a prática de actividades Motoras em idosos. *Revista Ludens*, v. 16, n. 3, p. 61-66, 1999.

SIMOES, H. G. et al. Lactate threshold prediction by blood glucose and rating of perceived exertion in people with type 2 diabetes. *Percept Mot Skills*, v. 111, n. 2, p. 365-78, Oct 2010. ISSN 0031-5125 (Print)

0031-5125 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21162440> >.

SIMOES, H. G. et al. [Methods to identify the anaerobic threshold for type-2 diabetic and non-diabetic subjects]. *Arq Bras Cardiol*, v. 94, n. 1, p. 71-8, Jan 2010. ISSN 1678-4170 (Electronic)

0066-782X (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20414529> >.

SINGH, M. A. Exercise and aging. *Clin Geriatr Med*, v. 20, n. 2, p. 201-21, May 2004. ISSN 0749-0690 (Print)

0749-0690 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15182878> >.

Standards of Medical Care in Diabetes–2006. *Diabetes Care*, v. 29, n. suppl 1, p. s4-s42, January 2006 2006. Disponível em: < http://care.diabetesjournals.org/content/29/suppl_1/s4.short >.

STRONG, P.-C. et al. Relationship between quality of life and aerobic capacity of patients entering phase II cardiac rehabilitation after coronary artery bypass graft surgery. *Journal of the Chinese Medical Association*, v. 75, n. 3, p. 121-126, 2012. ISSN 1726-4901. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S172649011200024X> >.

SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B. R. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol*, v. 28, n. 2, p. 299-323, Apr 2003. ISSN 1066-7814 (Print)

1066-7814 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12825337> >.

TANNEN, T. Robert A Bruce. *The Lancet*, v. 363, n. 9418, p. 1403, 2004. ISSN 0140-6736. Disponível em: < <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673604160728> >.

WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *The American Journal of Cardiology*, v. 14, n. 6, p. 844-852, 1964. ISSN 0002-9149.

WATANABE, J. et al. Heart Rate Recovery Immediately After Treadmill Exercise and Left Ventricular Systolic Dysfunction as Predictors of Mortality: The Case of Stress Echocardiography. *Circulation*, v. 104, n. 16, p. 1911-1916, October 16, 2001 2001. Disponível em: < <http://circ.ahajournals.org/content/104/16/1911.abstract> >.

WEISGERBER, M. et al. Evaluation of Cooper 12-minute walk/run test as a marker of cardiorespiratory fitness in young urban children with persistent asthma. *Clin J Sport Med*, v. 19, n. 4, p. 300-5, Jul 2009. ISSN 1536-3724 (Electronic)

1050-642X (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19638824> >.

WICKS, J. R. et al. HR index--a simple method for the prediction of oxygen uptake. *Med Sci Sports Exerc*, v. 43, n. 10, p. 2005-12, Oct 2011. ISSN 1530-0315 (Electronic)

0195-9131 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21364476> >.

XIAO, R. P. et al. Age-associated reductions in cardiac beta1- and beta2-adrenergic responses without changes in inhibitory G proteins or receptor kinases. *J Clin Invest*, v. 101, n. 6, p. 1273-82, Mar 15 1998. ISSN 0021-9738 (Print)

0021-9738 (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9502768> >.

APÊNDICES

Tabela 11 - Parâmetros antropométricos hemodinâmicos e bioquímicos no estado de repouso do Grupo Controle.

Sigla do voluntário	Idade (anos)	Estatura (cm)	Massa Corporal (kg)	IMC kg/m^2	PAS (mm/Hg)	PAD (mm/Hg)	FC repouso (bpm)	Colesterol Total (mg/dl)	Triglicérides (mg/dl)	HbA _{1c} (%)	Glicemia de Jejum (mg/dl)
C1	52	164	77,4	28,8	115	75	64	226	283	6,0	108
C2	57	163	76,0	28,6	130	76	76	173	109	5,9	151
C3	67	163	65,5	24,7	135	77	63	255	174	5,3	93
C4	45	174	76,3	25,2	110	70	74	196	96	4,8	84
C5	51	179	82,0	25,6	100	64	59	204	130	5,3	82
C6	53	184	110,0	32,5	130	90	64	200	123	4,8	99
C7	48	169	79,2	27,7	120	78	83	253	223	4,9	85
C8	45	168	75,4	26,7	118	80	65	238	116	4,4	89
C9	48	171	83,7	28,6	126	80	66	344	149	5,4	98
C10	49	173	99,5	33,2	130	80	79	168	133	5,0	92
C11	51	186	75,0	21,7	100	70	77	171	108	4,9	92
C12	49	173	72,9	24,4	100	64	81	221	96	5,0	88
C13	54	173	77,2	25,8	106	70	79	256	151	5,8	111
Media	51,5	172,3	80,8	27,2	116,9	74,9	71,5	223,5	145,5	5,2	97,8
Desvio Padrão	5,8	7,3	11,7	3,2	12,8	7,3	8,2	48,1	54,1	0,5	18,2

Legenda: HbA_{1c}, Hemoglobina Glicada, PAS, pressão arterial sistólica; PAD, pressão arterial diastólica; IMC, índice de massa corporal; FC repouso, Frequência Cardíaca de Repouso.

Tabela 12 - Parâmetros antropométricos hemodinâmicos e bioquímicos no estado de repouso do Grupo Diabético.

Sigla do voluntário	Idade (anos)	Estatura (cm)	Massa Corporal (kg)	IMC kg/m^2	PAS (mm/Hg)	PAD (mm/Hg)	FC repouso (bpm)	Colesterol Total (mg/dl)	Triglicérides (mg/dl)	HbA _{1c} (%)	Glicemia de Jejum (mg/dl)
D1	55	179	92,8	29,0	103	76	81	306	306	12,0	279
D2	57	171	85,2	29,1	159	83	72	222	222	8,8	175
D3	53	163	89,2	33,6	138	102	69	182	182	10,7	244
D4	55	156	78,0	32,1	146	93	81	109	109	6,3	132
D5	45	171	102,5	35,1	123	89	89	275	275	10,3	211
D6	59	167	106,3	38,1	140	88	64	134	134	11,4	172
D7	50	173	89,3	29,8	133	78	95	252	252	8,8	208
D8	69	179	99,3	31,0	159	97	71	57	57	6,5	114
Media	55,4	169,9	92,8	32,2	137,6	88,3	77,8	192,1	192,1	9,4	191,9
Desvio Padrão	7,0	7,8	9,4	3,2	18,6	9,0	10,6	87,0	87,0	2,1	55,1

Legenda: HbA_{1c}, Hemoglobina Glicada, PAS, pressão arterial sistólica; PAD, pressão arterial diastólica; IMC, índice de massa corporal; FC repouso, Frequência Cardíaca de Repouso.

Tabela 13 -. Valores de consumo máximo de oxigênio, equivalentes metabólicos máximos e débito cardíaco máximo obtido nos dois testes pelo grupo controle.

Sigla do Voluntário	VO ₂ máx (L/min)		VO ₂ máx ml(kg.min) ⁻¹		METs máximos		DC máximo (l/min)		DAF (%)	
	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste
C1	3,0	3,2	38,0	40,9	10,9	11,7	18,9	20,0	-0,6	-8,4
C2	3,2	2,5	42,8	33,2	12,2	9,5	19,9	16,6	-32,1	-2,4
C3	2,4	1,7	36,1	26,6	10,3	7,6	16,2	13,3	-29,0	5,1
C4	3,8	3,3	50,2	43,8	14,3	12,5	22,9	20,7	-83,7	-4,1
C5	3,1	2,5	38,4	30,5	11,0	8,7	19,8	16,8	-9,4	13,1
C6	3,8	2,9	34,2	26,1	9,8	7,5	22,6	18,5	0,0	23,8
C7	2,9	2,6	36,4	32,3	10,4	9,2	18,6	17,1	0,2	11,3
C8	3,2	2,5	42,9	32,8	12,3	9,4	20,2	16,7	-13,6	13,3
C9	3,6	2,8	42,5	33,9	12,1	9,7	21,7	18,4	-16,5	6,9
C10	3,9	3,1	40,0	31,4	11,4	9,0	23,3	19,4	-11,0	12,7
C11	2,7	2,1	35,8	27,8	10,2	7,9	17,6	14,8	-2,1	20,8
C12	3,1	2,6	42,9	35,0	12,3	10,0	19,7	17,0	-19,3	2,8
C13	2,6	2,0	35,5	26,6	10,1	7,6	17,9	14,4	-5,0	21,2
Media	3,2	2,6	39,7	32,4	11,3	9,2	19,9	17,2	-17,1	8,9
DP	0,5	0,5	4,5	5,4	1,3	1,5	2,2	2,2	22,6	10,1

Legenda: VO₂máx (L/min) consumo máximo de oxigênio absoluto; VO₂máx ml(kg.min)⁻¹ consumo máximo de oxigênio relativo ao peso corporal; METs máximos equivalentes metabólicos máximos; DAF déficit aeróbio funcional.

Tabela 14 - Valores de consumo máximo de oxigênio, equivalentes metabólicos máximos, débito cardíaco máximo e déficit aeróbio funcional obtido nos dois testes pelo grupo diabético.

Sigla do Voluntário	VO ₂ máx (L/min)		VO ₂ máx ml(kg.min) ⁻¹		METs máximos		DC máximo (l/min)		DAF (%)	
	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste
D1	2,4	2,3	25,6	24,8	7,3	7,1	16,3	15,9	22,1	24,5
D2	2,9	2,4	34,6	29,4	9,9	8,4	18,5	16,5	2,0	16,8
D3	1,9	2,0	20,7	22,1	5,9	6,3	14,1	14,6	44,4	40,6
D4	2,7	2,5	34,6	32,3	9,9	9,2	17,7	16,9	3,7	10,0
D5	4,8	3,0	47,2	29,7	13,5	8,5	27,5	19,3	-12,2	21,5
D6	2,9	2,1	27,8	19,5	8,0	5,6	18,7	14,7	11,8	38,1
D7	3,2	1,1	35,0	12,6	12,4	3,6	19,8	10,5	10,1	64,6
D8	4,4	2,2	43,5	22,1	14,3	6,3	25,3	15,5	-60,7	18,5
Media	3,1	2,2	33,6	24,1	10,2	6,9	19,7	15,5	2,7	29,3
DP	1,0	0,5	8,9	6,4	3,0	1,8	4,5	2,5	30,5	17,7

Legenda: VO₂máx (L/min) consumo máximo de oxigênio absoluto; VO₂máx ml(kg.min)⁻¹ consumo máximo de oxigênio relativo ao peso corporal; METs máximos equivalentes metabólicos máximos; DAF déficit aeróbio funcional.

Tabela 15 – Valores de pressão arterial sistólica e diastólica imediatamente após o fim do teste, frequência cardíaca de repouso e máxima o déficit cronotrópico obtido pelo grupo controle nos dois testes.

Sigla do Voluntário	PAS ia			PAD ia			FC máxima			DCR	
	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	UFSCar-Teste
C1	170	195	70	70	70	153	153	162	8,9	3,6	
C2	170	192	70	70	94	166	166	174	-1,8	-6,7	
C3	160	166	70	70	86	153	153	167	0,0	-9,2	
C4	130	120	62	62	80	171	171	170	2,3	2,9	
C5	150	170	68	68	58	139	139	157	20,6	7,1	
C6	230	218	80	80	78	157	157	152	7,1	9,0	
C7	160	170	90	90	80	170	170	173	-1,8	-0,6	
C8	180	160	80	80	70	166	166	154	3,5	12,0	
C9	200	180	90	90	80	182	182	167	-4,0	2,9	
C10	170	200	80	80	80	172	172	172	0,0	-0,6	
C11	140	140	70	70	70	177	177	177	-3,5	-4,7	
C12	164	170	60	60	60	181	181	181	-7,1	-5,8	
C13	180	180	78	78	78	168	168	153	1,8	7,8	
Media	169,5	173,9	74,5	74,5	75,7	165,8	165,8	166,1	2,0	1,4	
DP	25,5	25,5	9,5	9,5	9,9	12,4	12,4	9,7	7,1	6,6	

Legenda: PAS ia, pressão arterial sistólica imediatamente após o fim do teste; PAD ia pressão arterial diastólica imediatamente após o fim do teste; FC rep, frequência cardíaca de repouso; FC máx, frequência cardíaca máxima; DCR, déficit cronotrópico;

Tabela 16 –. Valores de pressão arterial sistólica e diastólica imediatamente após o fim do teste, frequência cardíaca de repouso e máxima o déficit cronotrópico obtido pelo grupo diabético nos dois testes.

Sigla do Voluntário	PAS ia			PAD ia			FC máxima			DCR	
	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	UFSCar-Teste
D1	210	197	80	80	104	153	146	6,7	11,0		
D2	160	195	70	70	70	141	151	14,0	7,9		
D3	180	192	80	80	94	141	137	15,6	18,0		
D4	180	166	80	80	86	157	154	4,8	6,7		
D5	150	127	50	50	85	177	184	-1,1	-5,1		
D6	200	216	90	90	106	136	120	15,5	25,5		
D7	200	200	60	60	87	163	170	4,1	0,0		
D8	190	0	80	80	0	153	131	-1,3	13,2		
Media	183,8	184,7	73,8	73,8	90,3	152,6	149,1	7,3	9,6		
DP	20,7	29,4	13,0	13,0	12,4	13,5	20,7	7,0	9,7		

Legenda: PAS ia, pressão arterial sistólica imediatamente após o fim do teste; PAD ia pressão arterial diastólica imediatamente após o fim do teste; FC rep, frequência cardíaca de repouso; FC máx, frequência cardíaca máxima; DCR, déficit cronotrópico;

Tabela 17 – Valores do índice de competência cronotrópica, frequência cardíaca no primeiro, segundo e quarto minutos após o fim do teste obtidos pelo grupo controle nos dois testes.

Sigla do Voluntário	ICC		FC1		FC2		FC4	
	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste
C1	0,84	0,94	125	105	109	100	89	95
C2	1,04	1,13	133	114	100	114	92	104
C3	1,00	1,16	114	102	88	94	82	93
C4	0,96	0,95	121	178	108	132	99	103
C5	0,73	0,89	84	82	81	78	64	76
C6	0,90	0,85	115	106	103	99	90	91
C7	0,98	1,01	110	111	106	108	80	106
C8	0,92	0,81	116	99	98	90	70	87
C9	1,11	0,95	125	107	108	98	76	95
C10	1,01	1,01	110	106	100	106	70	109
C11	1,11	1,09	138	113	121	107	70	105
C12	1,11	1,11	119	120	111	113	54	105
C13	1,03	0,85	125	117	117	109	105	105
Media	0,98	0,98	118,1	112,3	103,8	103,7	80,1	98,0
DP	0,11	0,11	13,2	21,9	10,9	13,1	14,6	9,5

Legenda: ICC índice de competência cronotrópica; FC1 frequência cardíaca no primeiro minuto após o fim do teste; FC2, frequência cardíaca no segundo minuto após o fim do teste; FC4 frequência cardíaca no quarto minuto após o fim do teste.

Tabela 18 – Valores do índice de competência cronotrópica, frequência cardíaca no primeiro, segundo e quarto minutos após o fim do teste obtidos pelo grupo diabético nos dois testes.

Sigla do Voluntário	ICC		FC1		FC2		FC4	
	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste	Protocolo de Bruce	UFSCar-Teste
D1	0,88	0,77	139	86	110	80	99	81
D2	0,74	0,87	107	91	93	100	90	101
D3	0,73	0,69	103	96	84	83	81	82
D4	0,91	0,87	125	113	108	110	99	106
D5	1,02	1,10	110	114	110	0	100	107
D6	0,72	0,58	116	83	103	80	89	79
D7	0,93	1,00	105	109	94	106	90	105
D8	1,02	0,75	118	90	90	86	85	86
Media	0,87	0,83	115,4	97,8	99,0	92,1	91,6	93,4
DP	0,13	0,17	12,1	12,5	10,0	12,8	7,0	12,4

Legenda: ICC índice de competência cronotrópica; FC1 frequência cardíaca no primeiro minuto após o fim do teste; FC2, frequência cardíaca no segundo minuto após o fim do teste; FC4 frequência cardíaca no quarto minuto após o fim do teste.

ANEXOS

Anexo 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido (Tcle).

Anexo 2 – Questionários.

Anexo 3 – Anamnese.

Anexo 4 – Comitê de ética.

Anexo 5 – Fichas de avaliação.