



UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

JEAN DONIZETE SILVEIRA TALIARI

**DINÂMICA DA GLICOSE SANGUÍNEA DURANTE CONTRAÇÕES MUSCULARES
CONCÊNTRICA E EXCÊNTRICA**

TESE DE DOUTORADO

**DOUTORADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU**

São José dos Campos, junho/2022

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

JEAN DONIZETE SILVEIRA TALIARI

**DINÂMICA DA GLICOSE SANGUÍNEA DURANTE CONTRAÇÕES MUSCULARES
CONCÊNTRICA E EXCÊNTRICA**

TESE DE DOUTORADO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica – Doutorado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Egberto Munin

São José dos Campos, junho/2022

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

JEAN DONIZETE SILVEIRA TALIARI

DINÂMICA DA GLICOSE SANGUÍNEA DURANTE CONTRAÇÕES MUSCULARES CONCÊNTRICA E EXCÊNTRICA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica – Doutorado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica. Aprovada pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Egberto Munin

Orientador
Doutorado em Engenharia Biomédica
Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Fábio Mendes Camilo (externo)

Centro Universitário de Santa Fé do Sul - UNIFUNEC

Prof. Dr. Rogério Rodrigo Ramos (externo)

Universidade Brasil - UB

Prof. Dr. Leandro Procópio Alves (interno)

Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Rodrigo Alexis Lazo Osório (interno)

Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Renato Amaro Zângaro (coordenador)

Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Ulisses Camargo (suplente externo)

Centro Universitário de Santa Fé do Sul - UNIFUNEC

Prof. Dr. Landulfo Silveira Júnior (suplente interno)

Universidade Anhembi Morumbi

São José dos Campos, junho/2022

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da Universidade, do autor e do orientador.

Jean Donizete Silveira Taliari

Graduado em Fisioterapia pela Fundação de Educação e Cultura de Santa Fé do Sul, Mestre em Engenharia Biomédica pela Universidade Vale do Paraíba. Docente do Curso Superior de Medicina do Centro Universitário de Santa Fé do Sul (UNIFUNEC) e Docente do Curso Superior de Medicina da Universidade Brasil (UB).

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca UAM
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

T149d Taliari, Jean Donizete Silveira
Dinâmica da glicose sanguínea durante contrações musculares concêntricas / Jean Donizete Silveira Taliari. - 2022.
81f. : il.; 30cm.

Orientador: Egberto Munin.
Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) - Universidade Anhembi Morumbi, São José Dos Campos, 2022.

Bibliografia: f.80-81

1. Engenharia Biomédica. 2. Consumo glicólico. 3. Contração muscular concêntrica. 4. Contração muscular excêntrica .

CDD 610.28

Aline Ferreira de Oliveira - CRB 8/9601

DEDICAÇÃO

Dedico esse trabalho á minha família, pois, vários e difíceis foram os dias para que essa obra fosse concluída. Em especial à minha esposa querida Keyla, sem a qual, provavelmente, não estaria vivendo tal momento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, á Deus, o qual me proporciona, sempre, força e coragem para seguir caminhando, seja em bonanças ou tempestades.

Agradeço de forma especial ao meu orientador, Prof. Dr. Egberto Munin, pela compreensão e paciência para comigo, pois, mesmo com a distância e, muitas e muitas ausências de minha parte, sempre esteve disposto a dar continuidade. Muito obrigado! Tu és um grande Ser.

Agradeço à Universidade Anhembi Morumbi, de quem tive total apoio, inclusive com bolsa de estudos para a participação nesse programa de pós-graduação e realização desse projeto.

Agradeço a Fundação de Educação e Cultura de Santa Fé do Sul pela compreensão para comigo durante a realização desse projeto e, principalmente, por ter cedido, gentilmente, suas dependências e equipamentos para a realização desse trabalho.

Agradeço ao Professor Doutor Renato Amaro Zângaro e em seu nome a todos os professores que compõe o grupo de pesquisadores do Centro de Inovação, Tecnologia e Educação-CITÉ.

Agradeço a minha grande amiga Kenny Carla Brentani Gomes Fernandes, pessoa maravilhosa, que enquanto coordenadora do Centro de Reabilitação, não mediu esforços para me ajudar na conquista desse objetivo.

Agradeço, com muito carinho e respeito, a Educadora – Analista do Programa Stricto Sensu em Engenharia Biomédica a Sra. Nidia Lucia Domingues Macedo, profissional dinâmica, atenciosa e muito dedicada.

Agradeço ao meu companheiro de trabalho e grande amigo, o Prof. Dr. Rogério Rodrigo Ramos, o qual sempre esteve, ativamente, participando desse trabalho e, mais do que nunca no fechamento dele. Muito obrigado!

Agradeço aos meus queridos pais, mamãe Neuza e papai Aparecido, que sempre estiveram por perto e, mesmo com todos os problemas e dificuldades, nunca me deixaram só. Todo meu carinho a vocês.

A minha Esposa amada Keyla, meus filhos Matheus e Heitor e minha nora Gabriela, presentes de Deus, que por vários momentos trouxeram o alento, a palavra certa e o amor, combustível verdadeiro para o frágil órgão pulsante nesse corpo humano. Agradeço por estarem comigo neste momento.

EPIÍGRAFE

“Se o dinheiro é a sua esperança para a independência, você nunca a terá. A única segurança real que um homem pode ter neste mundo é uma reserva de conhecimento, experiência e habilidade”.

“Henry Ford”

DINÂMICA DA GLICOSE SANGUÍNEA DURANTE CONTRAÇÕES MUSCULARES CONCÊNTRICAS E EXCÊNTRICAS

RESUMO

O treinamento físico, amplamente utilizado na clínica, no esporte e como medida preventiva, visa principalmente melhorar o condicionamento cardiovascular e metabólico e o ganho de força muscular. Estímulos de contrações musculares concêntricas e excêntricas são frequentemente usados e são capazes de gerar adaptações no sistema cardiovascular e musculoesquelético, especialmente aqueles relacionados aos níveis de força. Entretanto, estudos comparando as duas classes de estímulos mostraram diferenças. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a dinâmica da glicose na contração muscular concêntrica e excêntrica; identificar o menor valor de glicemia em função do tipo de rampa e sua correlação com a contração muscular concêntrica e excêntrica; correlacionar as medidas de glicemia com o índice de massa corporal e idade da amostra; estabelecer um percentual de redução da glicemia em função dos valores iniciais e determinar o tempo gasto em exercício para atingir o menor. Metodologicamente, o experimento foi dividido em duas fases. No primeiro experimento, dezessete indivíduos, todos do sexo masculino, com idade média de $23,41 \pm 2,87$ anos, com IMC de $23,62 \pm 1,48$ kg/cm², saudáveis e treinados apresentando um VO_{2pico} de $58,8 \pm 3,98$ ml/Kg/min. Após caracterização da amostra os sujeitos foram submetidos ao experimento, utilizando de uma atividade física em esteira ergométrica com piso declinado a 10% e velocidade que exigia uma atividade metabólica a 60% do VO_{2pico} por um período de trinta minutos. No segundo experimento, após setenta e duas horas da primeira coleta, os mesmos sujeitos foram submetidos a atividade física em esteira ergométrica com piso inclinado a 10% e velocidade que exigia uma atividade metabólica a 60% do VO_{2pico} por um período de trinta minutos. Nos dois experimentos, foram coletadas amostras sanguíneas para análise de glicemia capilar, a qual se deu antes do exercício, ao final de cada três minutos até o término de trinta minutos de atividade e após cinco minutos de desaquecimento e cinco minutos de repouso após o término do exercício. Todos os sujeitos do experimento encontravam-se em período pós-prandial com dieta orientada e controlada. Análise revela que um total de quatro casos em dezessete, não reflete o comportamento predominante. No entanto, para estes quatro casos na condição de aclone, os valores glicêmicos mínimos foram obtidos aos 15 minutos, contra os 20 a 30 minutos típicos na condição de declive. Conclui-se que o tipo de piso, declive e aclone, os quais exigem predominância em contrações musculares excêntricas e concêntricas respectivamente, influenciam diretamente no consumo metabólico dos sujeitos estudados, em especial o glicolítico, aumentando o consumo e, mantendo-o por um período de tempo maior.

Palavras-chave: Engenharia Biomédica. Consumo glicolítico. Contração muscular concêntrica. Contração muscular excêntrica.

BLOOD GLUCOSE DYNAMICS DURING CONCENTRIC AND ECCENTRIC MUSCLE CONTRACTIONS

ABSTRACT

Physical training, widely used in clinical, sports and preventive measures, mainly aims to improve cardiovascular, metabolic conditioning and muscular strength gain. Stimuli from both concentric and eccentric muscle contractions are often used and are capable of generating adaptations in the cardiovascular and musculoskeletal system, especially those related to strength levels. However, studies that compare the two classes of stimuli have presented differences. Thus, the present study aimed to evaluate the glucose dynamics in concentric and eccentric muscle contraction; Identify the lowest blood glucose value as a function of the type of ramp and its correlation with concentric and eccentric muscle contraction; to correlate blood glucose measurements with the body mass index and age of the sample; establish a percentage of blood glucose reduction as a function of the initial values and determine the time spent in exercise to reach the lowest. Methodologically the experiment was divided into two phases. In the first experiment, seventeen individuals, all males, with a mean age of $23,41 \pm 2,87$ years, with a BMI of $23,62 \pm 1,48$ kg/m², healthy and trained, presenting a $VO_{2\text{pico}}$ de $58,8 \pm 3,98$ ml/Kg/min. After characterization of the sample, the subjects were submitted to the experiment that consisted of a Physical activity on a treadmill with treadmill declined to 10% and speed that required a metabolic activity at 60% of the $VO_{2\text{pico}}$ for a period of thirty minutes. In the second experiment, after seventy-two hours of the first data collection, the same subjects underwent physical activity on a treadmill with 10% inclined floor and a velocity that required a 60% metabolic activity of $VO_{2\text{pico}}$ for a period of thirty minutes. In both experiments, blood samples were collected for glucose quantification, before exercise, every three minutes along the thirty minutes of physical activity and 5 and 10 minutes after the end of the exercise. All the subjects of the experiment were in the postprandial period with an oriented and controlled diet. Analysis reveals that a total of four cases out of seventeen does not reflect the prevailing behavior. However, for these four cases in the slope condition, the minimum glycemic values were obtained at 15 minutes, against the typical 20 to 30 minutes in the downhill condition. It is concluded that the type of floor, downward or upward, which require predominance in eccentric and concentric muscular contractions respectively, directly influence the metabolic consumption of the studied subjects, especially the glycolytic, increasing consumption and, for a longer period of time.

Keywords: Biomedical engineering. Glycolytic consumption. Concentric muscle contraction. Eccentric muscle contraction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação esquemática da (a) curva força-comprimento de uma fibra; (b) curva força-comprimento do músculo e (c) curva torque-ângulo.....	26
Figura 2. A superfície ilustra a relação do máximo torque (Nm) com o ângulo articular (θ) e a velocidade angular ($\dot{\theta}$). Velocidade angular positiva indica contração concêntrica, enquanto que, a negativa indica contração excêntrica...	27
Figura 3. Ilustra a curva tempo-torque de uma contração isocinética voluntária máxima. O torque máximo muscular foi determinado como o pico de torque (PT) e a taxa de desenvolvimento de torque (TDT) como a inclinação da curva tempo-torque em diferentes intervalos de tempo a partir do início da contração. Neste caso é ilustrado o cálculo da TDT a 0-100ms.....	28
Figura 4. Desenho experimental.....	32
Figura 5. Esteira ergométrica e módulo de controle.....	35
Figura 6. Analisador de gases.....	36
Figura 7. Analisador de gases.....	36
Figura 8. Monitor de frequência cardíaca.....	38
Figura 9. Esteira ergométrica em aplaneamento.....	40
Figura 10. Glicosímetro.....	41
Figura 11. Esteira ergométrica em declive.....	42
Figura 12. Distribuição estatística de idades para o grupo amostral.....	43
Figura 13. Distribuição estatística do IMC para o grupo amostral.....	44
Figura 14. Interdependência / aleatoriedade do IMC com a idade.....	44
Figura 15. Figuras individualizadas por sujeito da pesquisa. Os dados representam o comportamento glicêmico apresentado durante atividade física com piso preparado em declive.....	46
Figura 16. Figuras de espalhamento de dados nas medidas de glicemia em função do índice de massa corporal e idade.....	47
Figura 17. Figura de redução glicêmica em função da glicemia inicial e coeficiente de correlação.....	47
Figura 18. Figuras individualizadas por sujeito da pesquisa. Os dados representam o comportamento glicêmico apresentado durante atividade física	

com piso preparado em aclave.....	48
Figura 19. Figuras individualizados por sujeito da pesquisa. Os dados representam o comportamento glicêmico apresentado durante atividade física com piso preparado em aclave.....	49
Figura 20. Figuras individualizados por sujeito da pesquisa. Os dados representam o comportamento glicêmico apresentado durante atividade física com piso preparado em aclave.....	49
Figura 21. Figuras individualizados por sujeito da pesquisa. Os dados representam o comportamento glicêmico apresentado durante atividade física com piso preparado em aclave.....	50
Figura 22. Figura de redução glicêmica em função da glicemia inicial e coeficiente de correlação.....	51
Figura 23. Figura de histograma de redução glicêmica para o aclave.....	52
Figura 24. Figura de comportamento glicolítico em percentual do valor inicial.....	52
Figura 25. Figura de histograma do comportamento glicolítico em função do tempo.....	54
Figura 26. Figuras estatísticos das distribuições glicêmicas iniciais para os dois grupos experimentais.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dimensões da bolsa de borracha para diferentes circunferências de braço em crianças e adultos.....	38
Tabela 2. Tempo para atingir o valor glicêmico mínimo.....	53
Tabela 3. Sumário estatístico para os valores glicêmicos iniciais.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ADM	Amplitude de movimento
ADP	Adenosina difosfato
CK	Creatina quinase
cm ²	Centímetro quadrado
CVM	Contração voluntária máxima
DMT	Desenvolvimento de dor muscular tardia
ECG	Eletrocardiografia
EPC	Efeito Protetor da Carga
EVA	Escala visual analógica
FC _{Máx}	Frequência Cardíaca Máxima
FCT	Frequência cardíaca de treinamento
FRS	Forças de reação do solo
IMC	Índice de massa corporal
Kg	Kilograma
Kg/cm ²	Kilograma por centímetro quadrado
LA	Limiar anaeróbio
LDH	Lactato desidrogenase
MET	Equivalente metabólico
mg/dl	Miligrama por decilitros
mph	Milhas por hora
NIRS	Near infrared spectroscopy
PA	Pressão arterial
PCr	Fosfocreatina
P _i	Fosfato inorgânico
PTI	Pico de torque isométrico
PT	Ponto de torque
OTG	Órgão Tendinoso de Golgi
R	Quociente respiratório
TDT	Taxa de desenvolvimento de torque
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
VE	Ventilação
VCO ₂	Volume de gás carbônico produzido

VO_2	Volume de oxigênio consumido
$\text{VO}_{2\text{máx}}$	Consumo máximo de oxigênio
1RM	Uma repetição máxima

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Contextualização.....	17
1.2. Objetivos.....	20
1.2.1. Objetivo geral.....	20
1.2.2. Objetivos específicos.....	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1. Exercício excêntrico e dano muscular.....	21
2.2. O exercício excêntrico e sua influência nas propriedades mecânicas do músculo.....	25
2.3. Modificações ocasionadas pelo exercício excêntrico nos índices de aptidão aeróbia.....	28
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
3.1. Aprovação Ética.....	30
3.2 Amostragem.....	30
3.3. Materiais.....	30
3.3.1. Equipamentos.....	30
3.3.2. Insumos.....	31
3.3.3. Equipamento de Proteção individual.....	31
3.4. Desenvolvimento do estudo.....	31
3.4.1. Primeira etapa.....	33
3.4.1.1. Exame de anamnese.....	33
3.4.1.2. Avaliação antropométrica.....	33
3.4.2. Segunda etapa.....	33
3.4.2.1. Avaliação eletrocardiografia.....	33
3.4.3. Terceira etapa.....	34
3.4.3.1. Teste ergoespirometria.....	34
3.4.3.2. Avaliação hemodinâmica durante o teste físico.....	37
3.4.4. Quarta etapa.....	39
3.4.4.1. Esteira ergométrica em posição acíve e coletas de sangue para análise do comportamento glicêmico.....	39
3.4.4.2. Procedimento para a coleta de sangue.....	41

3.4.5. Quinta etapa.....	41
3.4.5.1. Esteira ergométrica em posição declive e coletas de sangue para análise do comportamento glicêmico.....	41
3.5. Análise estatística.....	42
4. RESULTADOS.....	43
5. DISCUSSÃO.....	56
6. CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
Anexo A: Termo de aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa.....	72
Anexo B: Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).....	73
Anexo C: Consentimento da participação da pessoa como sujeito.....	77
Anexo D: Ficha de avaliação antropométrica.....	78
Anexo E: Escala de BORG (Avaliação subjetiva do cansaço).....	80
Anexo F: Protocolo de Bruce.....	81

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O treinamento físico é amplamente usado em âmbito clínico, esportivo e como medida preventiva, visando, principalmente, a melhora do condicionamento cardiovascular, metabólico e no ganho de força muscular (PARR et al., 2009; FRIEDMANN-BETTE et al., 2010). Estímulos a partir de ações musculares tanto concêntricas quanto excêntricas são frequentemente usados e são capazes de gerar adaptações no sistema cardiovascular e musculoesquelético, sobretudo as relacionadas aos níveis de força (BRENTANO; KRUEL, 2011). Entretanto, estudos que comparam as duas classes de estímulos têm apresentado diferenças (GLEESON et al., 2003; ROIG et al., 2009).

Existem estudos apresentando evidências de que após contrações musculares excêntricas ocorre um aumento da atividade neural, força e hipertrofia muscular e maior resistência de ligamentos e tendões, quando comparados com exercícios concêntricos, a partir de intensidades semelhantes (FARTHING; CHILIBECK, 2003; LEPORACEI et al., 2010).

Contudo, apesar dos benefícios demonstrados por vários estudos, alguns autores também apontam o exercício excêntrico como um indutor de lesão musculoesquelética (PARR et al., 2009; GLEESON et al., 2003). Uma pesquisa realizada por Parr et al. (2009), demonstrou respostas das variáveis funcionais, como, força e amplitude de movimento (ADM) e clínicas, como dor, após 24 horas de uma sessão de exercício excêntrico a 140% do teste de 1 repetição máxima (1 RM), e foram identificados início de dor e maior déficit de força e ADM, quando comparados com o isocinético concêntrico/excêntrico. Ainda nesse contexto, Turner et al. (2008), fizeram um protocolo de exercício excêntrico com o propósito de induzir o dano muscular e observaram uma prolongada perda de força, alterações na ADM e menor limiar de dor 24 horas após o exercício excêntrico máximo.

Piitulainen et al. (2010), identificaram que o exercício máximo excêntrico, quando feito repentinamente, pode causar lesão e, conseqüentemente, perda prolongada de produção de força, dor muscular e mudanças no comportamento da

unidade motora. Esses resultados indicam que o exercício excêntrico pode perturbar a função de unidades motoras em níveis elevados de contração nas fases iniciais.

Por outro lado, Barbosa et al. (2015), utilizaram a escala visual analógica (EVA) para quantificar a dor em seu grupo de estudo. Essa escala é graduada de 0 (zero) a 10, onde 0 caracteriza ausência total de dor e 10 como o nível de dor máximo suportado pelo indivíduo. Eles observaram melhoria significativa da dor após comparar os resultados do treinamento concêntrico e excêntrico em atletas com tendinite patelar. Além disso, os autores relataram que os pacientes obtiveram maior satisfação com o tratamento no grupo excêntrico.

A mobilidade corporal do homem, seja na rotina diária ou no esporte, envolve contrações musculares excêntricas, assim como concêntricas e isométricas, as quais normalmente demonstram diferentes características fisiológicas. As contrações isométricas são caracterizadas, principalmente, por induzir a elevada pressão intramuscular ou aumentada atividade de metabólitos, associados com a fadiga (VOLLESTAD et al., 1998), enquanto, o componente elástico, assim como, a ativação neural eferente são os principais atributos de ações excêntricas (KOMI; BOSCO, 1978) e concêntricas (KAY et al., 2000), respectivamente.

Em relatos de Paschalis et al. (2007), no esporte os exercícios excêntricos, e sua capacidade para assegurar máxima carga, são uma forma da ação muscular que constitui importante parte das atividades atléticas e, seus benefícios para o desempenho físico têm sido claramente descritos como um meio para desenvolver força além de aumentar a área de secção transversa do músculo (DUDLEY et al., 1971). Porém, a intensidade e duração das contrações musculares excêntricas podem, de forma aguda, induzir ao dano muscular. Altos níveis de força realizados em maiores níveis de alongamentos musculares são descritos como um dos principais responsáveis pelo dano aos elementos contráteis e conectivos do músculo (BRUGHELLI; CRONIN, 2007).

Baseado nessa premissa, o presente estudo foi pautado na elaboração de cargas que utilizassem uma atividade metabólica de 60% do $VO_{2\text{pico}}$, de modo a explorar os benefícios da contração excêntrica e abrandar suas intempéries.

Durante um exercício de 30 minutos ou mais, as concentrações de insulina tendem a baixar e, embora a concentração plasmática da glicose possa permanecer relativamente constante, a glicogenólise hepática é estimulada e a glicose liberada no sangue pode ser levada aos músculos para ser utilizada como fonte energética

(DENADAI, 2000). Isso ocorre, provavelmente, devido ao aumento do número de receptores da insulina, aumentando a sensibilidade do organismo a esse hormônio durante o exercício (McARDLE; KATCH; KATCH, 2011).

Buscando gerar um estímulo maior na célula, com consequente melhora nos receptores de insulina, é de fundamental importância estabelecer critérios para aplicação do exercício. Sendo assim, a intensidade, o volume de exercício e os tipos de contrações musculares são fatores fundamentais para um efeito substancial no rendimento durante os treinamentos, e afetam diretamente as concentrações de glicose sanguínea (SIMÕES; CAMPBELL; BALDISSERA, 2005). Para realização de atividades aeróbias como corridas, ciclismo e natação, o estabelecimento do limiar anaeróbio (LA) é considerado um excelente determinante do ritmo do atleta (WILMORE; COSTILL, 2013; (FERNANDES, 2003; SIMÕES et al., 1998). Dentre as alternativas utilizadas para a identificação do limiar anaeróbio (LA), do equivalente metabólico de repouso (MET), o volume de oxigênio consumido (VO_2) e o volume de gás carbônico produzido (VCO_2) encontra-se o sistema ergoespirométrico de circuito aberto, o qual utiliza a técnica de calorimetria indireta (WILMORE; COSTILL, 2013).

Dentre as modalidades esportivas encontram-se diferentes particularidades relacionadas à biomecânica, à cinemática e à cinética do movimento, sendo a exigência muscular a principal característica que difere as modalidades aeróbias de corrida, natação e ciclismo. Menores variações glicêmicas oferecem maior segurança durante uma sessão de exercício físico para indivíduos saudáveis, ou seja, quanto menor for a oscilação da glicemia sanguínea menor será a probabilidade de se atingir valores considerados como hipoglicemia, os quais induzem a um funcionamento inadequado do sistema nervoso. Levando em consideração populações específicas, como a de diabetes mellitus, o consumo glicêmico é o objetivo principal, no entanto, o controle dos valores dentro de um intervalo considerado fisiológico é de grande importância para a preservação da função nervosa.

Atividades que requerem menor atividade muscular, assim como indivíduos que apresentam maior eficiência mecânica dentro de uma modalidade específica tendem a apresentar menores variações glicêmicas durante uma sessão de exercício físico. Observar a cinética da glicemia sanguínea dentre as principais modalidades aeróbias, verificando as menores variações metabólicas e transferindo os dados obtidos para populações com algum tipo de patologia é de grande

importância para a prescrição segura da intensidade e da modalidade de exercício físico.

Partindo-se do pressuposto que os níveis de glicose sanguínea e o LA são fatores importantes no controle da intensidade e do volume de uma atividade física específica, este trabalho tem como objetivo mensurar as variações da glicemia na modalidade aeróbia, realizadas em auge e declive, desenvolvido por indivíduos saudáveis para que, no futuro, projeções possam ser feitas para populações especiais, como a de diabetes mellitus, devido à importância do controle glicêmico nestes indivíduos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Verificar a variabilidade do consumo glicolítico em atividade física realizada em pisos com auge e declive, correlacionando ao tipo de contração muscular concêntrica e excêntrica respectivamente, buscando novas perspectivas na dinâmica da glicose durante a prática de atividade física e, conseqüentemente, ganho no tratamento de populações diabéticas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a dinâmica da glicose em contração muscular concêntrica e excêntrica.
- Identificar o menor valor de glicose sanguínea em função do tipo de rampa e, sua correlação com a contração muscular concêntrica e excêntrica.
- Correlacionar as medidas de glicose sanguínea com o índice de massa corporal e a idade da amostra.
- Estabelecer um percentual de redução da glicose sanguínea em função dos valores iniciais.
- Determinar o tempo em exercício para se atingir o menor valor glicêmico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Exercício excêntrico e dano muscular

Contrações excêntricas requerem o alongamento do músculo esquelético durante a produção de força. É bem estabelecido que exercícios excêntricos promovem altos níveis de lesão muscular. Entretanto, não existe consenso sobre a influência da velocidade e, até mesmo, da intensidade de contração na magnitude e recuperação da lesão muscular decorrente desse exercício.

Os exercícios de força são utilizados como meio de conquistar aumento da massa muscular. Dentre os tipos de treinamento, um dos programas de musculação que é mais utilizado para chegar a esse propósito é o treinamento excêntrico. Neste tipo de exercício há um aumento da tensão muscular e a realização do movimento de alongamento do músculo (CLEBIS; NATALI, 2001).

Vários estudos concluíram que este tipo de treinamento produz maior hipertrofia muscular que o treinamento concêntrico (FARTHING; CHILIBECK, 2003) sendo que isso tem sido justificado por elevados níveis de lesão muscular, decorrentes dos maiores níveis de tensão aplicados nas fibras musculares, durante contrações excêntricas (ELLWANGER; BRENTANO; KRUEL, 2007).

Estudos prévios mostraram que uma sessão de exercício excêntrico inabitual resulta na lesão do músculo e os sintomas incluem perda de força, redução da amplitude de movimento (ADM), desenvolvimento de dor muscular tardia (DMT), membro inchado e concentração de creatina quinase elevada no sangue (CHEN, 2003; LAVENDER; NOSAKA, 2006). Uma medida indireta de lesão muscular muito utilizada é a diminuição da força voluntária isométrica máxima que permanece diminuída durante vários dias depois do exercício excêntrico (BYRNE; ESTON; EDWARDS, 2001; SERRÃO et al., 2004; LAVENDER; NOSAKA, 2006).

Já está bem documentado que alguns fatores podem influenciar a magnitude da lesão muscular, sendo os principais fatores, o número de contrações excêntricas, o grau do estiramento e, ainda, o nível de tensão produzida (MCCULLY; FAULKNER, 1986; WARREN ET AL., 1993; BROOKS; ZERBA; FAULKNER, 1995; NOSAKA; NEWTON, 2002; NOSAKA et al., 2005; PASCHALIS et al., 2005).

Um estudo usando o músculo sartório de sapos avaliou o dano muscular por redução na força e mudanças no pico da curva força comprimento (TALBOT; MORGAN, 1998). Os resultados mostraram correlações fortes entre lesão muscular e a amplitude de estiramento do músculo, e correlações fracas entre a velocidade de estiramento do músculo e a lesão muscular. Semelhantemente, para alguns autores a velocidade não é um fator determinante no dano muscular (BROOKS; FAULKNER, 2001). Porém, pesquisas em humanos têm demonstrado resultados diferentes dos anteriores (BROOKS; FAULKNER, 2001; SHEPSTONE et al., 2005).

Ellwanger et al. (2007), menciona em seu estudo que a velocidade de contração de exercício excêntrico influencia diferentemente na quantidade e na recuperação de vários marcadores indiretos de lesão muscular. Comentam ainda sobre a comparação de lesão muscular em função de diferentes velocidades, percebendo que a lesão muscular, avaliada através do rompimento da linha Z, foi maior após a realização de contrações excêntricas rápidas do que as contrações excêntricas lentas.

Segundo relatos de Machado (2007), a prática de atividade física pode induzir a microtraumas nas fibras musculares que deflagrarão uma resposta inflamatória imediata, tais danos induzidos pelo exercício físico, estão relacionados principalmente com a contração muscular excêntrica, quando comparada aos demais tipos de ação muscular, ocorrendo em decorrência da sobrecarga imposta durante o exercício de força, onde o dano acontece nas membranas, linha Z, sarcolema, túbulos T e miofibrilas, estes que compõem a estrutura muscular (FOSCHINI; PRESTES; CHARRO, 2007; ANTUNES NETO; VILARTA, 2011).

Vários marcadores podem indicar a presença de lesão muscular, dentre eles estão: a amplitude articular, percepção subjetiva da dor e a atividade sérica de creatinaquinase (CK) (BRENTANO; KRUEL, 2011). Além disso, segundo relatos de Foschini et al. (2007) e Curty e Bara Filho (2011), os referidos danos nas estruturas musculares também podem ser resultantes do tipo de exercício, intensidade e volume, utilizados na realização do movimento, sendo a intensidade relacionada a carga utilizada para o exercício e o volume conhecido como a quantidade total de trabalho realizado em um período de treinamento.

De acordo com Silva (2007), quando a sessão de treino é repetida o nível de dano induzido pelo exercício diminui, fenômeno este conhecido como Efeito Protetor da Carga (EPC), em que praticantes de treinamento de força relatam a diminuição

da dor muscular tardia com a continuidade do treinamento. Esse fenômeno, mesmo sendo muito bem descrito carece de respostas quanto aos mecanismos fisiológicos e bioquímicos que levam a ocorrer.

O recrutamento das unidades motoras, com o aumento da produção de força, é direcionado das unidades motoras lentas oxidativas, para as unidades motoras rápidas oxidativas e então, para as unidades motoras rápidas glicolíticas. Contudo, há evidências de que durante contrações excêntricas, ocorre preferencialmente recrutamento das unidades motoras glicolíticas rápidas (tipo IIb) (FRIDÉN; SJÖTRÖM; EKBLOM, 1983; NARDONE; ROMANO, 1989; ASP et al., 1998). Portanto, este recrutamento preferencial das fibras tipo II poderia explicar a grande suscetibilidade deste tipo de fibra muscular ao dano induzido por exercício excêntrico.

Segundo Ahmadi et al. (2008), o exercício excêntrico pode modificar os sistemas de produção de energia do músculo, com uma dependência maior sobre o metabolismo anaeróbio, assim como, possível comprometimento do oxigênio (O_2) ofertado e/ou utilizado. Uma mudança no consumo de oxigênio (VO_2) gerado através de dano muscular por contração excêntrica poderia antecipar o surgimento da fadiga e ser prejudicial para o desempenho na atividade e, conseqüentemente, uma mudança na eficiência, ou seja, o total de energia requerido para desempenhar uma tarefa em relação ao real trabalho realizado, e também, na cinética do VO_2 através da mudança do padrão de curva no início do exercício (2005).

Exercícios intensos e/ou não habituais ocorrem constantemente em nossas vidas, os quais podem resultar em dores musculares, com um marcado e prolongado efeito sobre nossa capacidade funcional. Em particular, a dor muscular tardia (DMT) é comumente relatada após exercícios não costumeiros ou exercícios que envolvam grande carga excêntrica da musculatura esquelética.

A intensidade e duração de ações musculares excêntricas podem induzir dano muscular indicado através de dor muscular tardia (DMT), a qual apresenta pico entre 24h e 72h após o exercício (ARMSTRONG, 1984; PASCHALIS et al., 2005). Contudo, outras conseqüências também são relacionadas com exercícios excêntricos, como o aumento específico da atividade de enzimas musculares como creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH), aumento da pressão intramuscular, inflamação, edema, desconforto no local da lesão e pontos de inserção do tendão e mudança na resposta aferente originada do fuso muscular,

órgão tendinoso de Golgi (OTG) e grupos III e IV de nervos aferentes (FRIDÉN; SFAKIANOS; HARGENS, 1986; MACINTYRE; REID; MCKENZIE, 1995; BROWN; DAY; DONNELLY, 1999; KOMI, 2000; SORICHTER et al., 2001). Em particular, como resultado desta última resposta aferente, há uma substancial diminuição no reflexo de alongamento e redução da regulação da rigidez do músculo e articulação (citado na literatura como *muscle and joint stiffness*) e redução no desempenho muscular. Desta forma, os sintomas associados com a DMT incluem desconforto no local da lesão e pontos de inserção do tendão, resultando em função muscular comprometida; perda de amplitude de movimento na articulação e redução na capacidade máxima de gerar força do músculo afetado (PASCHALIS et al., 2005, MACINTYRE; REID; MCKENZIE, 1995; CLARKSON; SAYERS, 1999; NOSAKA et al., 2001; LEE et al., 2002).

As mudanças associadas à DMT podem prejudicar a microcirculação do músculo (fluxo sanguíneo capilar). Há evidências de que exercício excêntrico, que resulte em DMT, pode determinar efeitos sobre o metabolismo muscular. A concentração de fosfato inorgânico (Pi) e fosfocreatina (PCr) encontra-se elevada em repouso por dias após do exercício excêntrico. Além disso, encontra-se uma elevada quantidade de lactato sanguíneo em exercícios de intensidade submáxima e máxima (MCCULLY; SHELLOCK; BANK, 1992; GLEESON et al., 1995; GLEESON et al., 1998).

Exercícios excêntricos com intensidades moderadas já podem causar dano muscular afetando o desempenho muscular. Contudo, o PT excêntrico e isométrico sofre maiores declínios depois de uma sessão de exercícios excêntricos de alta intensidade, comparados com os de baixa intensidade (DERRICK; HAMILL; CALDWELL, 1998; PASCHALIS et al., 2005). Esses resultados podem ser atribuídos ao fato de que durante altas intensidades de exercícios excêntricos, principalmente, fibras tipo II são recrutadas, as quais são mais suscetíveis ao dano muscular comparado às fibras tipo I (DUTTO; BRAUN, 2004).

Exercícios que não são realizados comumente, e em especial, aqueles com características de intensa contração excêntrica, induzem significativo dano no sarcômero, retículo sarcoplasmático, túbulos-T e sarcolema (DUTTO; BRAUN, 2004). Segundo Braun e Dutto (2003), os índices bioquímicos associados com dano muscular incluem a elevação das enzimas de degradação do colágeno, aumento da concentração da CK, leucócitos, neutrófilos e mioglobina, nos dias seguintes a

sessão de exercício. Destes índices, a CK tem sido a mais utilizada como um indicador de dano muscular, porém, uma alta variabilidade na resposta da enzima tem sido observada em humanos (BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007).

A perda da força (potência ou torque muscular) tem sido comumente relatada dentro das primeiras 2h após a sessão de exercício que gerou o dano muscular, ao passo que a concentração de CK tem seu pico de 1 a 4 dias (CLARKSON; NOSAKA; BRAUN, 1992; MACINTYRE; REID; MCKENZIE, 1995). Paschalis et al. (2005), verificaram uma dissociação entre o tempo de dano muscular e desempenho muscular. Segundo os autores, enquanto significativo dano muscular foi mensurado ao longo do exercício, o desempenho do músculo foi somente afetado 24h após o exercício. E os parâmetros do desempenho muscular foram recuperados mais rápidos, do que o dano muscular, sugerindo que os exercícios excêntricos prejudicam, principalmente, as fibras musculares fracas e aquelas perto do fim do ciclo de suas vidas, permitindo que as fibras mais jovens sejam menos afetadas.

2.2 O exercício excêntrico e sua influência nas propriedades mecânicas do músculo

A produção da força muscular está diretamente relacionada ao princípio comprimento-tensão, o qual é bem descrito na literatura, como pode-se observar na Figura 1. Essa relação expõe um ideal comprimento do sarcômero e do músculo para uma ideal força máxima. Por exemplo, durante uma máxima contração concêntrica do músculo quadríceps, em condições normais, o ponto de torque ocorre entre 60° e 80° de flexão da articulação do joelho (ANDERSON; MADIGANA; NUSSBAUMB, 2007).

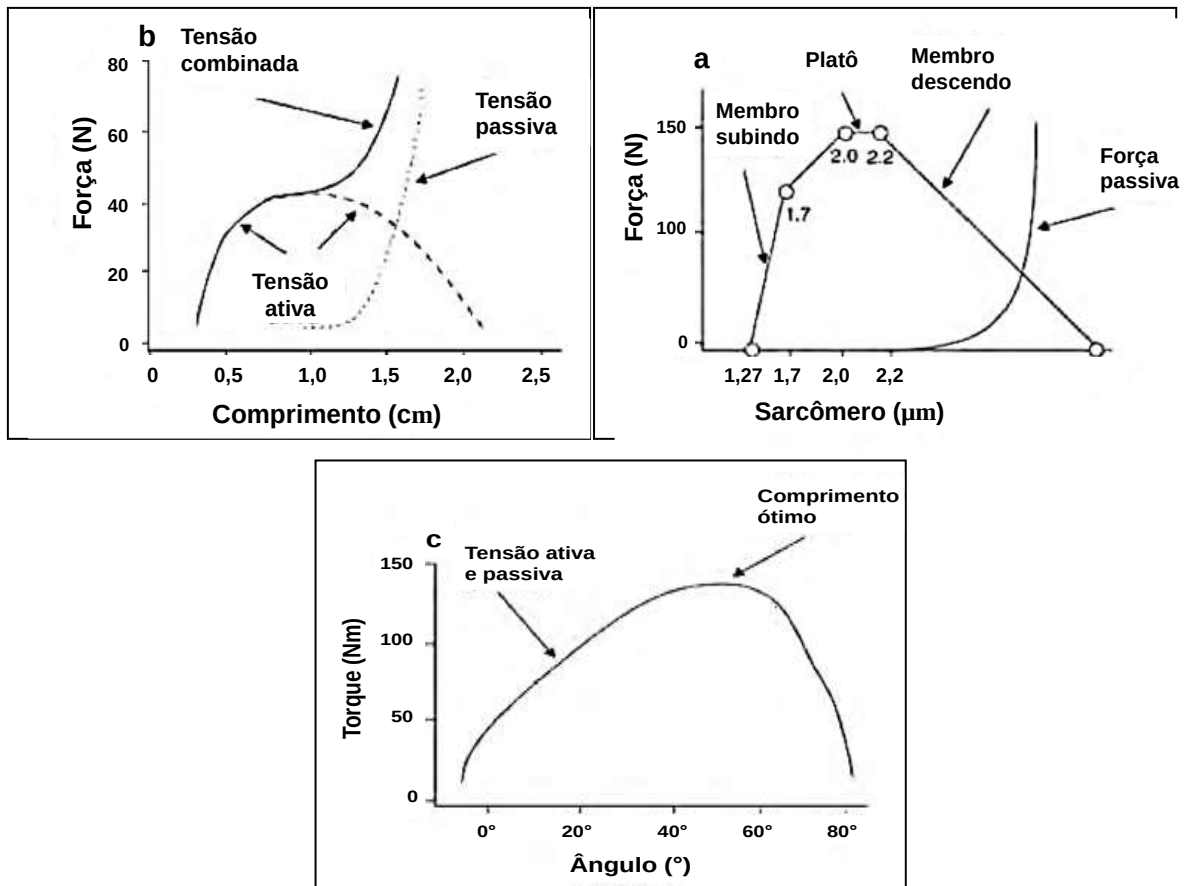


Figura 1. Representação esquemática da (a) curva força-comprimento de uma fibra; (b) curva força-comprimento do músculo e (c) curva torque-ângulo.

Fonte adaptado: BRUGHELLI; CRONIN, (2007).

A curva torque-ângulo é afetada pelos múltiplos grupos musculares relacionados a uma articulação durante um movimento. Outro fator, que afeta a curva torque-ângulo é a velocidade angular. A Figura 2 ilustra a relação entre a curva torque-ângulo-velocidade da articulação do joelho no movimento de extensão do joelho. Quanto maior a velocidade angular do movimento concêntrico (representada no Figura como valores positivos) menor será o valor do torque. Em contrapartida, quanto maior velocidade angular excêntrica (representada no Figura como valores negativos) maior será o valor do torque.

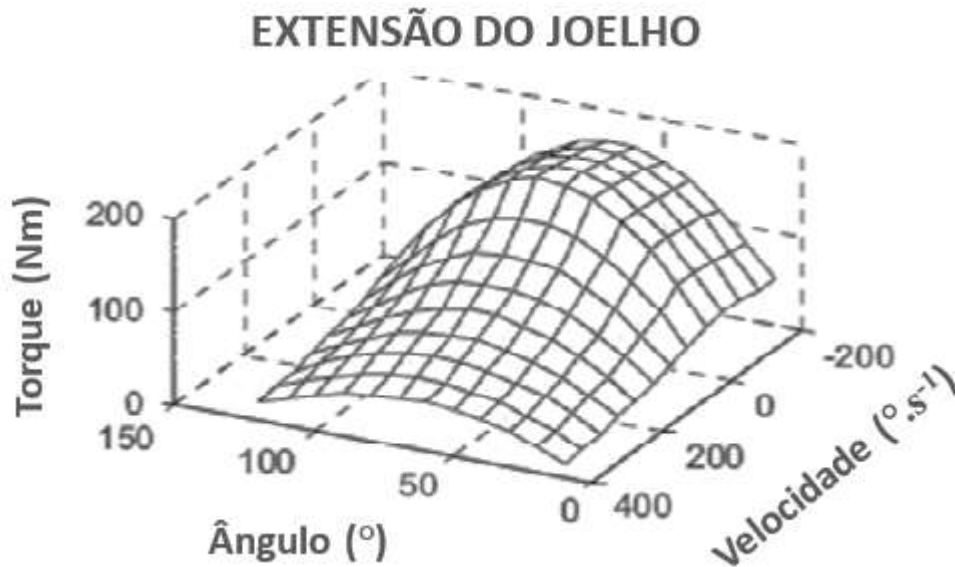


Figura 2. A superfície ilustra a relação do máximo torque (Nm) com o ângulo articular (o) e a velocidade angular (o.s-1). Velocidade angular positiva indica contração concêntrica, enquanto que, a negativa indica contração excêntrica.

Fonte adaptado: ANDERSEN; AAGAARD (2006).

A taxa de aumento da força contrátil pode ser afetada pelo *drive* neural para o músculo, força máxima muscular, área seccional do músculo, tipo de fibra muscular e composição das cadeias pesadas de miosina e propriedades do sistema músculo-tendão (GRIMBY; HANNERZ; HEDMAN, 1981; SCHMIDTBLEICHER, 1992; HARRIDGE et al., 1996; NARICI et al., 1996; BOJSEN-MOLLER et al., 2005). Entretanto, a taxa de desenvolvimento de força (TDF) obtida em diferentes intervalos de tempo, a partir do início da contração, pode ser afetada por diferentes mecanismos fisiológicos. A fase inicial da contração é mais influenciada pelo *drive* neural, propriedades contráteis intrínsecas do músculo e contração voluntária máxima (CVM) enquanto na fase tardia, os mecanismos de CVM são mais importantes (ANDERSEN; AAGAARD, 2006). A taxa de desenvolvimento de torque (TDT) mensurada em diferentes tempos a partir do início da contração pode fornecer importantes informações a respeito do efeito do dano muscular sobre o máximo desempenho mecânico do músculo, como segue a Figura 3.

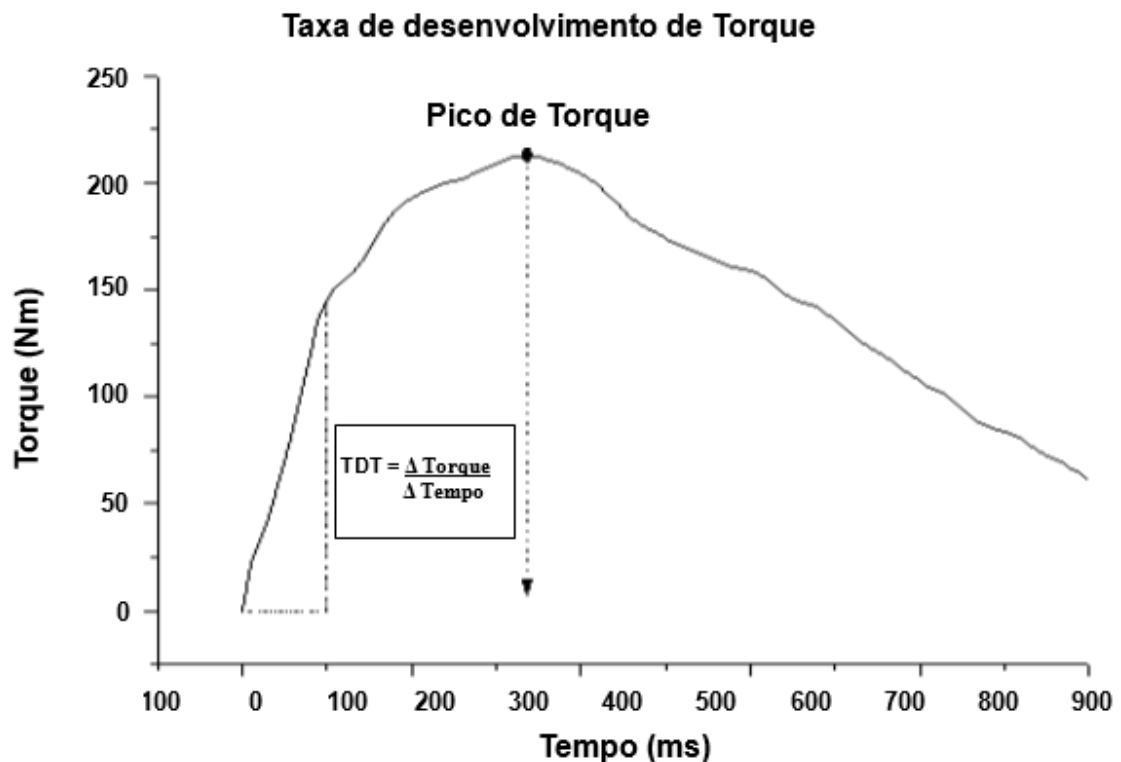


Figura 3. Ilustra a curva tempo-torque de uma contração isocinética voluntária máxima. O torque máximo muscular foi determinado como o pico de torque (PT) e a taxa de desenvolvimento de torque (TDT) como a inclinação da curva tempo-torque em diferentes intervalos de tempo a partir do início da contração. Neste caso é ilustrado o cálculo da TDT a 0-100ms.

Fonte adaptado: CONNELLY; VANDERVOORT (2000); ANDERSEN; AAGAARD (2006); THORLUND et al. (2008).

2.3 Modificações ocasionadas pelo exercício excêntrico nos índices de aptidão aeróbia

A influência da contração muscular excêntrica sobre a aptidão aeróbia teve foco principal, no presente trabalho, em dois índices: a eficiência mecânica e a cinética de VO_2 .

A eficiência mecânica é definida como o total de energia requerida para desempenhar uma tarefa em relação ao real trabalho realizado, sendo este um importante fator para o desempenho esportivo (CALBET; CHAVARREN; DORADO, 2001). A economia é a medida de VO_2 por unidade de potência, ou seja, a quantidade de oxigênio por litro por unidade de energia transferida para o ergômetro, ou ainda, a eficiência é uma medida de efetivo trabalho, sendo expressa pela porcentagem do total de energia despendida que produz trabalho externo (MOSELEY; JEUKENDRUP, 2001).

Walsh et al. (2001), analisaram o efeito do exercício excêntrico associado com pronunciada dor muscular tardia sobre a função oxidativa do músculo, em particular, ao prejuízo da fosforilação oxidativa mitocondrial e/ou disponibilidade de oxigênio muscular. O VO_2 mitocondrial foi mensurado com a técnica de fibra muscular *in vitro*, e a cinética da utilização de oxigênio muscular e reoxigenação foram determinadas com *near infrared spectroscopy* (NIRS) durante isquemia e reperfusão. Foram avaliados 13 sujeitos após 30min de ciclismo excêntrico em alta intensidade. Os autores observaram presença de dor muscular tardia, avaliada através de escala subjetiva de dor, porém, a CK e b-glucuronidase determinantes de dano muscular não foram alteradas. A respiração em fibra muscular *in vitro* mensurada na falta de adenosina difosfato (ADP) e na presença de concentração submáxima e máxima de ADP, não foi significativamente alterada após ciclismo excêntrico. Os autores concluíram que alta intensidade de ciclismo excêntrico, embora resultando em pronunciada dor muscular tardia, não está associada com prejuízo da função oxidativa muscular.

Conforme citado anteriormente, foi possível identificar uma certa divergência na literatura, com relação a interferência do dano muscular, induzido por exercício excêntrico, na mudança da eficiência mecânica no ciclismo. Por outro lado, exercícios de intensidade moderada em diferentes torques e velocidades de contração muscular podem proporcionar diferentes efeitos sobre o tipo de fibra muscular.

Sendo assim, os resultados anteriormente apresentados sugerem uma possível influência das atividades musculares excêntricas, as quais otimizam o trabalho muscular em função de um componente biomecânico favorável ao incremento de cargas que privilegiem um determinado tipo de fibra, as quais, portanto, poderão determinar um consumo glicolítico de maior intensidade e duração.

Com isso, o principal objetivo do presente estudo foi analisar a influência do exercício excêntrico associado ao consumo de glicose em função das propriedades biomecânicas do músculo. Para tanto, objetiva-se, de forma específica, analisar o tempo gasto para a ocorrência da exponencial de queda glicêmica, assim como o tempo de recuperação. Relacionar os comportamentos anteriormente citados ao tipo de piso utilizado, sendo eles montados em aclone e declive.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Aprovação ética

Este estudo foi conduzido de acordo com os princípios da declaração de Helsinque e aprovado pelo Comitê de Ética institucional da Fundação de Educação e Cultura de Santa Fé do Sul, estado de São Paulo, Brasil (Protocolo 0000092 de 03 de agosto de 2011, Anexo A). Todos os voluntários da pesquisa assinaram seu consentimento informado para participar do estudo.

3.2 Amostragem

A amostra foi composta por 17 voluntários do sexo masculino, com histórico de prática regular de atividade física. O grupo de 17 jovens saudáveis, apresentou as seguintes médias aritméticas: índice de massa corporal (IMC) de $23,62 \pm 1,48$ kg/cm², idade de $23,41 \pm 2,87$ anos e um $VO_{2\text{pico}}$ de $58,8 \pm 3,98$ ml/Kg/min.

Foram incluídos na pesquisa jovens saudáveis que aceitaram participar da pesquisa assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo B) e o consentimento da participação da pessoa como sujeito (Anexo C) com histórico de treinamento físico, sexo masculino, IMC entre 20 e 27 kg/cm². Os critérios de exclusão foram indivíduos com doenças cardiovasculares, respiratórias, neuromusculares e metabólica; limitação significativa da mobilidade articular; impossibilidade de permanecer ativo por um longo período; uso de qualquer tipo de medicamento; fumantes e aqueles que não assinaram o termo de consentimento informado.

3.3 Materiais

3.3.1 Equipamentos

- Eletrocardiógrafo *Ecafif*, modelo ECG 6
- Esteira ergométrica *Inbrasport*, modelo ATL 10200
- Esteira ergométrica *Pacemaster*, modelo Pro-Plus
- Analisador de gases *AeroSport* modelo TEEM-100

- Software Aerograf
- Esfigmomanômetro Becton Dickinson
- Estetoscópio Littmann Cardiology III
- Monitor de frequência cardíaca *Polar*, modelo FT1
- Glicosímetro *G-tech®* Free
- Balança digital Filizola

3.3.2 Insumos

- Álcool 70%
- Algodão
- Lanceta *G-tech®* Free
- Fita reagente *G-tech®* Free

3.3.3 Equipamento de Proteção Individual.

- Luvas de procedimento;
- Máscara facial;
- Óculos de proteção biológica;

3.4 Desenvolvimento do estudo

Trata-se de um estudo experimental, quantitativo e prospectivo. As amostras foram compostas por dezessete (17) pessoas voluntárias do sexo masculino. O estudo foi realizado em um cronograma de 5 etapas, no departamento de cardiologia no Centro de Reabilitação da Fundação de Educação e Cultura de Santa Fé do Sul (SP). Todos os indivíduos que estavam de acordo assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Na primeira etapa, os voluntários foram submetidos a anamnese e avaliação antropométrica (anexo D), com a finalidade de avaliar os sujeitos que pudessem interferir no decorrer da pesquisa. Na segunda etapa, foi realizado exame de eletrocardiografia de repouso, exame para verificar as arritmias e se há alguma corrente de lesão. Tanto a primeira e a segunda etapa, serviram para selecionar os

indivíduos para a pesquisa. Os candidatos que encaixavam-se no perfil dessas etapas foram selecionados e orientados sobre o cronograma nas etapas (3º, 4º e 5º). Já na terceira etapa, foi realizado o teste de ergoespiometria (calorimetria indireta), onde os indivíduos foram submetidos a uma avaliação do nível de condicionamento cardiovascular e respiratório (VO_{2pico}). Na quarta etapa, os sujeitos da pesquisa foram submetidos a uma dieta controlada uma hora antes do início da coleta dos dados e, portanto, todos encontravam-se em período pós-prandial. Primeiramente, foi realizada uma coleta de sangue na polpa digital do indicador esquerdo para análise glicêmica e o valor anotado como glicemia de repouso. Em seguida, teve início o exercício físico com duração de 30 minutos, o qual foi realizado em esteira ergométrica em posição de aclone com aplicação de velocidade que levasse o sujeito a um consumo metabólico equivalente a 60% do VO_{2pico} . Durante o exercício de 30 minutos, foram coletadas amostras sanguíneas a cada 3 minutos na polpa digital do indicador esquerdo para análise glicêmica. Após o exercício físico, o indivíduo realizou 5 minutos de desaquecimento e, posteriormente, foi colocado em repouso por mais 5 minutos e novas coletas de sangue foram realizadas ao final de cada uma das duas etapas. Assim, nesta etapa, foram coletadas 1 amostra de sangue antes do exercício físico, 10 durante o exercício e 2 após o exercício. Já na última etapa, foi repetida todo o processo da quarta etapa, porém, a esteira ergométrica foi posicionada em posição de declive.

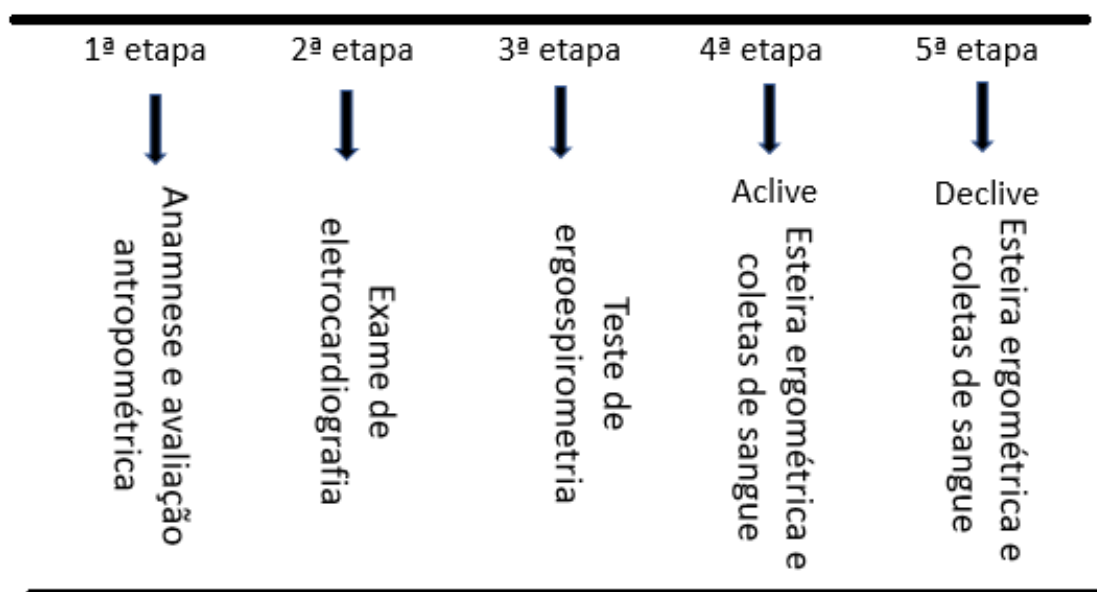


Figura 4. Cronograma do estudo dividido em 5 etapas.

Fonte: Próprio Autor

3.4.1 Primeira etapa

3.4.1.1 Exame de anamnese

Nesta etapa foi realizada uma anamnese com cada voluntário que se propôs a participar da pesquisa, com a finalidade de avaliar possíveis alterações clínicas que pudessem interferir nos resultados. Após, foi submetido à avaliação antropométrica.

3.4.1.2 Avaliação antropométrica

Já nesta avaliação, foi realizada a análise da medida da estatura, peso e índice de massa corporal. A medida da estatura e peso foram obtidos através de balança digital da marca Filizola. O índice de massa corporal foi obtido pela fórmula ($\text{Peso}/\text{Altura}^2$), com a medida de massa corporal dada em kg/cm^2 .

3.4.2 Segunda etapa

3.4.2.1 Avaliação eletrocardiografia

Um exame de eletrocardiograma com doze derivações de repouso foi realizado para afastar as arritmias e corrente de lesão. Para tanto, a amostra foi submetida ao exame de eletrocardiografia (ECG) de repouso com utilização de 12 derivações, sendo utilizado um eletrocardiógrafo da marca *Ecafix* modelo ECG6.

Para a realização do teste, os indivíduos foram posicionados em decúbito dorsal onde, inicialmente, procedeu-se a limpeza da pele, utilizando gaze embebida em álcool 70% e, logo após, deu-se o posicionamento dos eletrodos, os quais foram posicionados, de forma estratégica, para o registro das derivações bipolares (DI, DII e DIII), unipolares (avR, avL e avF) e, ainda, as derivações precordiais (V1, V2, V3, V4, V5 e V6). As regiões adotadas para o posicionamento foram:

- Face anterior do antebraço imediatamente superior ao punho bilateralmente e face medial da perna, imediatamente superior ao tornozelo bilateralmente, ambas para registro das derivações bipolares e unipolares.

- Em seis pontos no tórax, sendo V1 posicionada na margem esternal direita, no 4º espaço intercostal, sendo útil para melhor visualização da onda P, complexo QRS e segmento ST, é utilizado também durante a monitorização de arritmias ventriculares, diferenciação de taquicardias e bloqueio de ramo. V2 posicionada na margem esternal esquerda, no 4º espaço intercostal, utilizado na detecção do supra desnivelamento do segmento ST. V3 posicionado entre V2 e V4 no 5º espaço intercostal, utilizada na detecção da elevação do segmento ST. V4 posicionado no 5º espaço intercostal na linha clavicular média, em que alterações são mostradas, no segmento ST e onda T. V5 posicionado no 5º espaço intercostal na linha axilar anterior e mostra alterações no segmento ST e onda T. V6 posicionado no 5º espaço intercostal na linha axilar média. Em seguida foi colocado os eletrodos nesses locais e procedeu-se o registro do eletrocardiograma, com o indivíduo mantendo-se o mais relaxado possível.

3.4.3 Terceira etapa

3.4.3.1 Teste ergoespiométrico

Os testes dos 17 indivíduos ocorreram em um período de 6 dias, sendo 3h:30min. por dia. O período de preparação para o teste, a realização do teste propriamente dito, a recuperação e o descanso após o teste utilizou um período de 1 hora, com 10 minutos de intervalo entre um indivíduo e outro, totalizando 3 testes por dia.

Um teste em esteira ergométrica com aumento progressivo de carga a cada 3 minutos até a exaustão voluntária foi realizado, como forma de determinação da máxima capacidade aeróbia (consumo máximo de oxigênio). As variáveis cardiorrespiratórias foram medidas utilizando um bucal que permitiu coletar e analisar o oxigênio consumido e o gás carbônico produzido durante todo o exercício. A frequência cardíaca foi determinada ao final de cada carga, assim como a medida da pressão arterial. A cada estágio solicitou ao avaliado a descrição da sensação subjetiva do esforço dada pela escala de BORG (Anexo E).

Para a realização do teste, os sujeitos foram submetidos a um protocolo máximo de exercício em esteira rolante (modelo ATL 10200, *Inbrasport*) (Figura 5),

em ambiente com temperatura média de 22°C, utilizando-se um protocolo máximo do tipo Bruce (Anexo F), o qual, consta de sete estágios com incrementos fixos de velocidade e inclinação a cada 3 min. O teste iniciou-se com uma velocidade de 1,7 mph, com inclinação da esteira em 10%, valores estes que formaram o primeiro estágio do teste, o qual teve duração de 3min. A partir daí evoluíram os demais estágios, com a seguinte sequência: 2,5 mph e 12% de inclinação, 3,4 mph e 14% de inclinação, 4,2 mph e 16% de inclinação, 5,0 mph e 18% de inclinação, 5,5 mph e 20% de inclinação, 6,0 mph e 22% de inclinação, finalizando com 5 min de recuperação.

Foi escolhido o referido protocolo (Anexo F), por se tratar de um procedimento amplamente utilizado no meio médico, inclusive para a avaliação de pacientes com baixo condicionamento físico.



Figura 5. Esteira ergométrica e módulo de controle.

Fonte: Próprio Autor

A análise dos gases para determinação do VO_{2pico} foi obtida, utilizando um analisador de gases *AeroSport* modelo TEEM-100 ($r = 0,96$, ETE = $0,29 \text{ l O}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ para trabalho contínuo e subestimação de 3%). Seguiram-se as recomendações do fabricante (*AeroSport* Inc. Manual de operações TEEM-100) (Figura 6), quanto a calibração do aparelho (*Gasca*) e antes de cada teste a função *Autocal* foi executada. Os valores de VO_2 foram coletados a cada 20 segundos e posteriormente a média do minuto foi calculada para as análises dos dados.



Figura 6. Analisador de gases.

Fonte: Próprio Autor

Para a coleta dos gases, utilizou-se um sistema de bucal com fixação cranial e clipe nasal. Ressalta-se que a utilização do teste de exercício teve somente a função de caracterização e seleção da amostra, isto é, indivíduos ativos e/ou atletas (Figura 7).

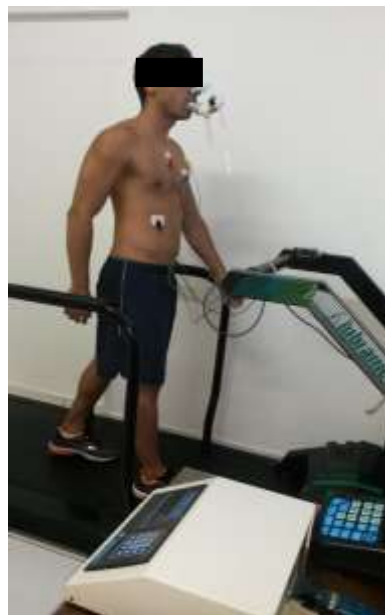


Figura 7. Analisador de gases.

Fonte: Próprio Autor

Para validação do $VO_{2\text{pico}}$ foram utilizados critérios como: R (quociente respiratório: VCO_2/VO_2) maior ou igual a 1,15, Frequência Cardíaca Máxima ($FC_{\text{Máx}}$) atingida dentro de um desvio de ± 10 da $FC_{\text{Máx}}$ prevista; observação de um platô de estabilização após incremento da carga; existência de um Limiar Anaeróbio (limiar de lactato) e VE (ventilação minuto) maior que 60% da máxima prevista.

O Limiar Anaeróbio (LA) e o Ponto de Compensação Respiratório (PCR) foram determinados pelo método dos equivalentes respiratórios.

Tanto o LA, quanto o $VO_{2\text{pico}}$, foram determinados pela análise visual do comportamento de curvas do comportamento metabólico (Ve/VO_2 e Ve/VCO_2). A verificação de um aumento da Ve/VO_2 , sem concomitante aumento no Ve/VCO_2 foi o critério adotado para a determinação do LA. Quando essas curvas não permitiram uma boa visualização, o critério adotado foi o ponto de inflexão na curva de relação do VCO_2 com o VO_2 .

O VO_2 relativo, normalmente, é o mais utilizado para comparações, representando a razão entre os valores absolutos e o peso corporal, representado em ml/kg/min. Os limiares anaeróbios, foram determinados nas Figuras e nas Tabelas decorridas no texto, de acordo com as explicações acima citadas, sendo emitido pelo software os valores dos marcadores. Com estes valores, foi possível observar o VO_2 relativo no LA, assim como, a porcentagem do $VO_{2\text{pico}}$ no LA, ambos objetivos do presente estudo.

Todos os testes foram supervisionados por um fisiologista do exercício.

3.4.3.2 Avaliação hemodinâmica durante o teste físico

Durante a realização do teste foram colhidos dados hemodinâmicos, como pressão arterial e frequência cardíaca. Tais dados foram avaliados no período que antecedia o teste, ao final de cada estágio, ao término do período de recuperação e após 5 min de repouso. Para a coleta da pressão arterial utilizou-se o método palpatório, fazendo uso de um esfigmomanômetro Becton Dickinson e um estetoscópio Littmann Cardiology III e um monitor de frequência cardíaca da marca *Polar* (Polar Eletro OY, Finlândia), modelo FT1 (Figura 8).



Figura 8. Monitor de frequência cardíaca.

Fonte: Próprio Autor

O procedimento de aferição da pressão arterial seguiu as normas preconizadas pela Sociedade Brasileira de Cardiologia, as quais preconizam que, deverá se obter a circunferência aproximadamente no meio do braço e após a medida, selecionar o manguito de tamanho adequado ao braço, cujos valores estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1. Dimensões da bolsa de borracha para diferentes circunferências de braço em adultos:

Denominação do manguito	Circunferência do braço (cm)	Bolsa de borracha (cm)	
		Largura	Comprimento
Adulto pequeno	20-26	10	17
Adulto	27-34	12	13
Adulto grande	35-45	16	32

Fonte: Próprio Autor

Após a determinação do manguito, o mesmo foi posicionado sem deixar folgas, 2 a 3 cm acima da fossa cubital, centralizando o meio da parte compressiva do manguito sobre a artéria braquial. Estimou-se o nível da pressão sistólica pela palpação do pulso radial, sendo que o seu reaparecimento corresponderá à PA sistólica. Realizou a palpação da artéria braquial na fossa cubital e posicionou a campânula ou o diafragma do estetoscópio sem compressão excessiva. A seguir inflou rapidamente até ultrapassar em 20 a 30 mmHg o nível estimado da pressão

sistólica, obtido pela palpação. Procedeu-se à deflação lentamente (velocidade de 2 mmHg por segundo), determinando a pressão sistólica pela ausculta do primeiro som (fase I de Korotkoff), que é em geral fraco, seguido de batidas regulares, e, após, aumentar ligeiramente a velocidade de deflação. Determinar a pressão diastólica no desaparecimento dos sons (fase V de Korotkoff). Estabeleceu auscultar cerca de 20 a 30 mmHg abaixo do último som para confirmar seu desaparecimento e depois proceder à deflação rápida e completa. Se os batimentos persistirem até o nível zero, determinar a pressão diastólica no abafamento dos sons (fase IV de Korotkoff) e anotar valores da sistólica/diastólica/zero. Padronizou-se uma espera em torno de 1 minuto para nova medida, embora esse aspecto seja controverso. Os valores de pressões arteriais obtidos foram informados para o paciente, anotando os mesmos de maneira exata sem “arredondamentos”, assim como o braço no qual a pressão arterial foi medida (esquerdo).

3.4.4 Quarta etapa

3.4.4.1 Esteira ergométrica em posição aclone e coletas de sangues para análise do comportamento glicêmico

Na quarta etapa, os indivíduos foram submetidos a coleta de sangue a partir da polpa digital do indicador para análise glicêmica. As coletas de sangue para análise glicêmica, os sujeitos foram orientados a estar em período pós-prandial de 1 hora. Em seguida, teve início o exercício físico com duração de 30 minutos, o qual foi realizado em esteira ergométrica com aplicação de velocidade que levasse o sujeito a um consumo metabólico equivalente a 60% do VO_{2pico} . Durante os 30 minutos, foram coletadas amostras sanguíneas a cada 3 minutos, totalizando 10 coletas no período de exercício. Após o exercício, foi realizado um período de 5 minutos de desaquecimento e um repouso por um período de mais 5 minutos, uma nova coleta foi realizada após cada uma dessas etapas. Portanto, foram coletados 1 amostra pré exercício, 10 durante e 2 após o exercício físico.

Após o estabelecimento do condicionamento físico dos voluntários da amostra estudada, procedeu-se a coleta dos dados do comportamento glicêmico em função das cargas aplicadas, sendo estas, realizadas em aclone.

Para a coleta dos dados nessa fase da pesquisa, o ergômetro foi posicionado em elevação (active) equivalente a 10%. A velocidade utilizada durante o exercício foi a necessária para se atingir a frequência cardíaca equivalente a obtida quando do limiar anaeróbio, valor mínimo de 108 bpm e máximo de 132 bpm com média aritmética de 116bpm com DP de 7,31 bpm. O ergômetro utilizado para coleta dos dados foi a esteira ergométrica modelo Pro-Plus, *Pace Master* (Figura 9).



Figura 9. Esteira ergométrica em active.

Fonte: Próprio Autor

A coleta ocorreu inserindo a tira no local do aparelho Glicosímetro *G-tech® Free* (Figura 10). Logo após a validação da fita reagente pelo glicosímetro, aguardou o sinal visual de uma “gota de sangue” aparecer no visor, o que indica que o aparelho está pronto para receber a amostra de sangue. Neste instante, procedeu a antisepsia da polpa digital do voluntário, utilizando para tal, algodão e álcool 70%. Na sequência, aguardou-se a secagem e lancetou a polpa digital do indicador esquerdo do voluntário com uma micro-lanceta reagente à glicose, da marca *G-tech® Free*. Com isso, foi possível a coleta de uma gota de sangue no local indicado na fita, sendo necessário o preenchimento de todo o compartimento. Após alguns segundos, a análise é realizada e os valores dados pelo equipamento é possível de ser anotado.

Vale ressaltar que para a prescrição da carga foi dada preferência para a frequência cardíaca, como forma de controle do exercício físico, não sendo coletado valores de velocidade da esteira.

3.4.4.2 Procedimento para a coleta de sangue

- Coleta de amostra sanguínea no período que antecedia o exercício, ou seja, em repouso;
- Coletas de amostra sanguínea a cada 3 min, totalizando dez coletas durante os 30min. do exercício realizado à frequência cardíaca obtida no limiar anaeróbio;
- Coleta de amostra sanguínea após a atividade física, sendo realizado ao final de um período de recuperação, o qual teve duração de 5 min e, finalmente, a última coleta realizada com o sujeito em repouso após 5 min.



Figura 10. Glicosímetro.

Fonte: Próprio Autor

3.4.5 Quinta etapa

3.4.5.1 Esteira ergométrica em posição declive e coletas de sangue para análise do comportamento glicêmico

Nesta última etapa da pesquisa, foram repetidos os testes e coletas de sangue realizados na quarta etapa. Porém, os testes e coletas das amostras do comportamento glicêmico em função das cargas aplicadas foram realizadas com o piso da esteira posicionado em declive, ou seja, o ergômetro foi posicionado simulando uma decida equivalente a 10%. O ergômetro utilizado foi a esteira ergométrica modelo Pro-Plus, *Pace Master* (Figura 11).



Figura 11. Esteira ergométrica em declive.

Fonte: Próprio Autor

3.5 Análise estatística

O tamanho da amostra foi calculado usando o software G*Power (FAUL et al. 2007). Em uma análise de poder a priori, o tamanho da amostra (N) foi calculado especificando um nível de poder de 85%, probabilidade de erro tipo I de $\alpha=0,05$ e tamanho do efeito de 0,8. Considerando esses valores de entrada, o tamanho amostral calculado para um teste t bicaudal e pareado foi $n=17$. Os níveis de potência efetiva alcançados nos experimentos foram calculados post hoc a partir de valores de $\alpha=0,05$, $n=17$, e os valores de tamanho de efeito extraídos dos dados experimentais. O descritor d de Cohen foi utilizado para calcular o tamanho do efeito na análise estatística, com os escores na seguinte escala: 0,01 para tamanho de efeito muito pequeno, 0,2 para tamanho pequeno, 0,5 para médio, 0,8 para grande, 1,2 para muito grande e 2,0 para tamanho de efeito enorme.

O software Prism 8.0 (GraphPad Software Inc., La Jolla, CA, EUA) foi usado para análises estatísticas gerais, que incluíram estatística descritiva, distribuição de frequência estatística mostrada em um histograma de coluna, análise de regressão linear e teste t pareado para comparação de grupo, a um nível de significância de $\alpha=0,05$. O método Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para testes de normalidade.

4 RESULTADOS

Como resultado dos 17 indivíduos em atividade física a 60% do $VO_{2\text{pico}}$, determinado pela técnica de calorimetria indireta, em dois tipos distintos de piso (ativo e declive) e glicemia capilar, foi estatisticamente significativa, teste t pareado valor $p < 0,0006$.

Na Figura 12 é observado a medida antropométrica. Nesta imagem é possível observar a oscilação da idade dos participantes entre 18 e 32 anos, apresentando uma média aritmética de 23,4 anos e desvio padrão em 2,87 anos.

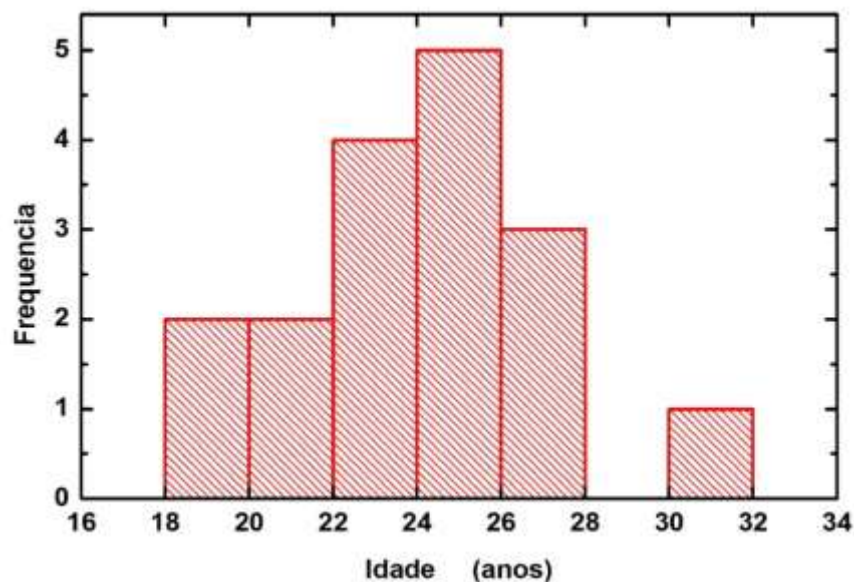


Figura 12. Distribuição estatística de idades para o grupo amostral.
Fonte: Próprio Autor

Na Figura 13 foi observado o índice de massa corporal entre 63 a 87 Kg, valores estes que, ao serem submetidos ao cálculo da média aritmética apresentou valor populacional médio de 75,1 Kg e desvio padrão da média em 6,7 Kg. A amostra foi avaliada, também, quanto à altura, a qual apresentou valores entre 165 e 186 cm, com uma média aritmética de 178,2 cm e desvio padrão da média em 6,1 cm. Ainda na mesma imagem, o cálculo do IMC, apresentou resultados na casa dos 20,6 e 27 kg/m^2 , sendo que a média aritmética calculada para o grupo apresentou o valor de 23,6 kg/m^2 e desvio padrão da média em 1,5 kg/m^2 .

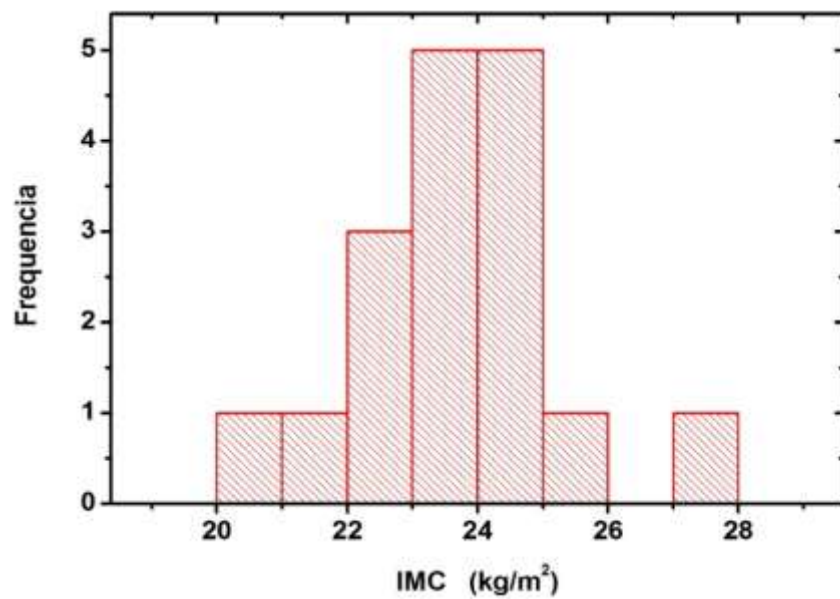


Figura 13. Distribuição estatística do IMC para o grupo amostral.
Fonte: Próprio Autor

Na Figura 14, é observado os valores do cálculo do IMC a partir da idade dos indivíduos.

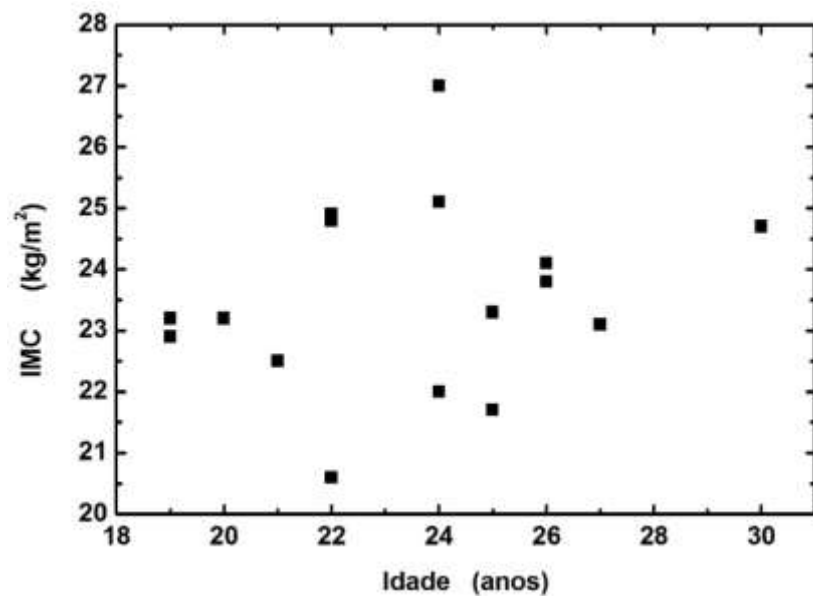


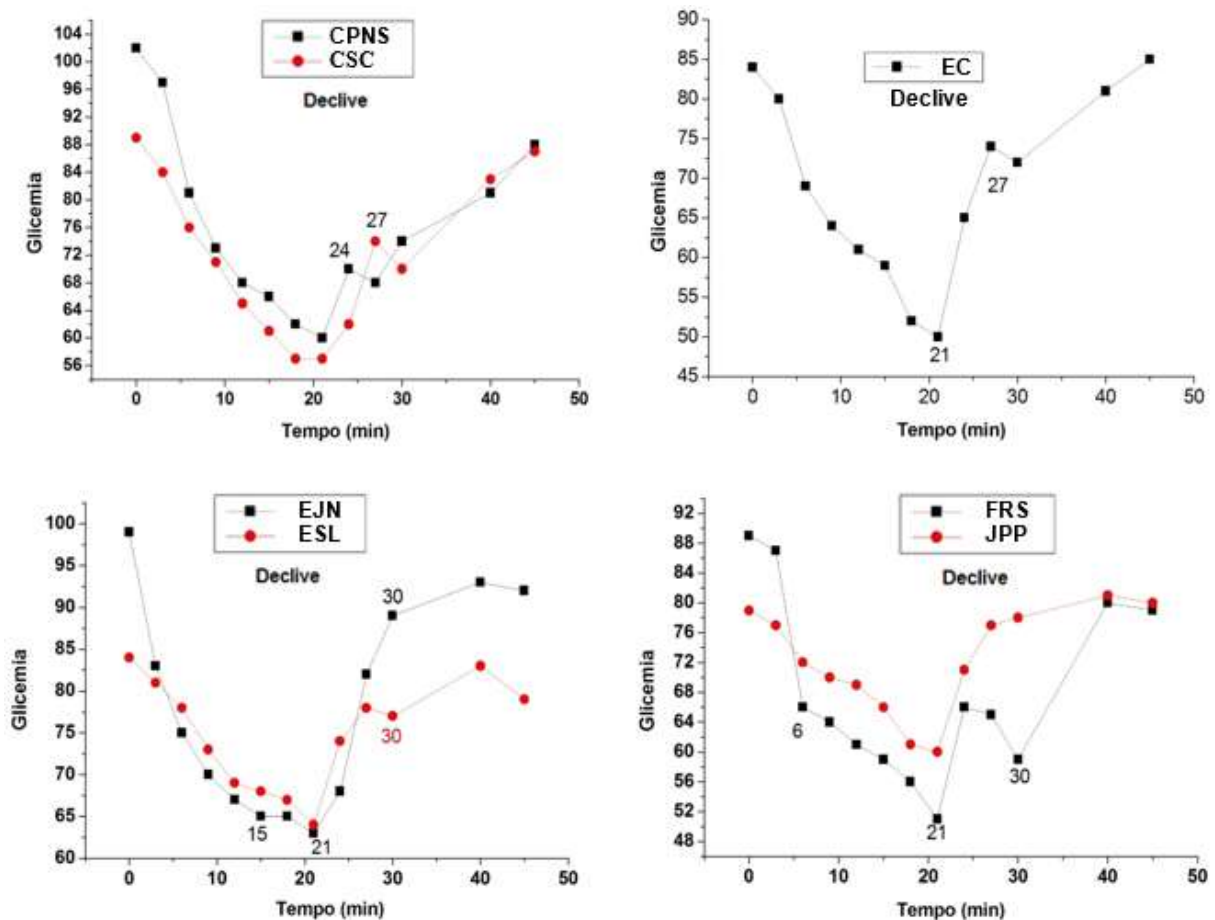
Figura 14: Interdependência / aleatoriedade do IMC com a idade.
Fonte: Próprio Autor

Os dados coletados referentes ao comportamento glicêmico durante o exercício físico realizado em esteira ergométrica com preparação de piso em declive encontram-se apresentados na Figura 15. Observou-se que as curvas de

comportamento glicêmico para todos os sujeitos da pesquisa, com exceção do sujeito MRS, apresentam comportamentos semelhantes, ou seja: um decréscimo monotônico dos valores de glicose sanguínea que atingem um valor de mínimo entre 20 e 30 minutos, seguido por uma recuperação para valores maiores. Para a condição de declive, nenhum sujeito apresentou valor glicêmico superior ao inicial, em qualquer instante do esforço.

Para o sujeito MRS, de forma atípica, ocorreu uma redução nos valores glicêmicos nos primeiros 3 min, seguida de uma recuperação com pico estabelecido em 12 minutos, e então um decréscimo até atingir o valor mínimo em 24 minutos. O comportamento aqui mencionado encontra-se exposto a seguir com identificação realizada por bordas demarcadas.

Este resultado bem-comportado ocorre em 16 dos 17 sujeitos da pesquisa na condição de declive. Entretanto, tal comportamento não predomina para a condição de aclave, como poderá ser visto adiante (Figura 15).



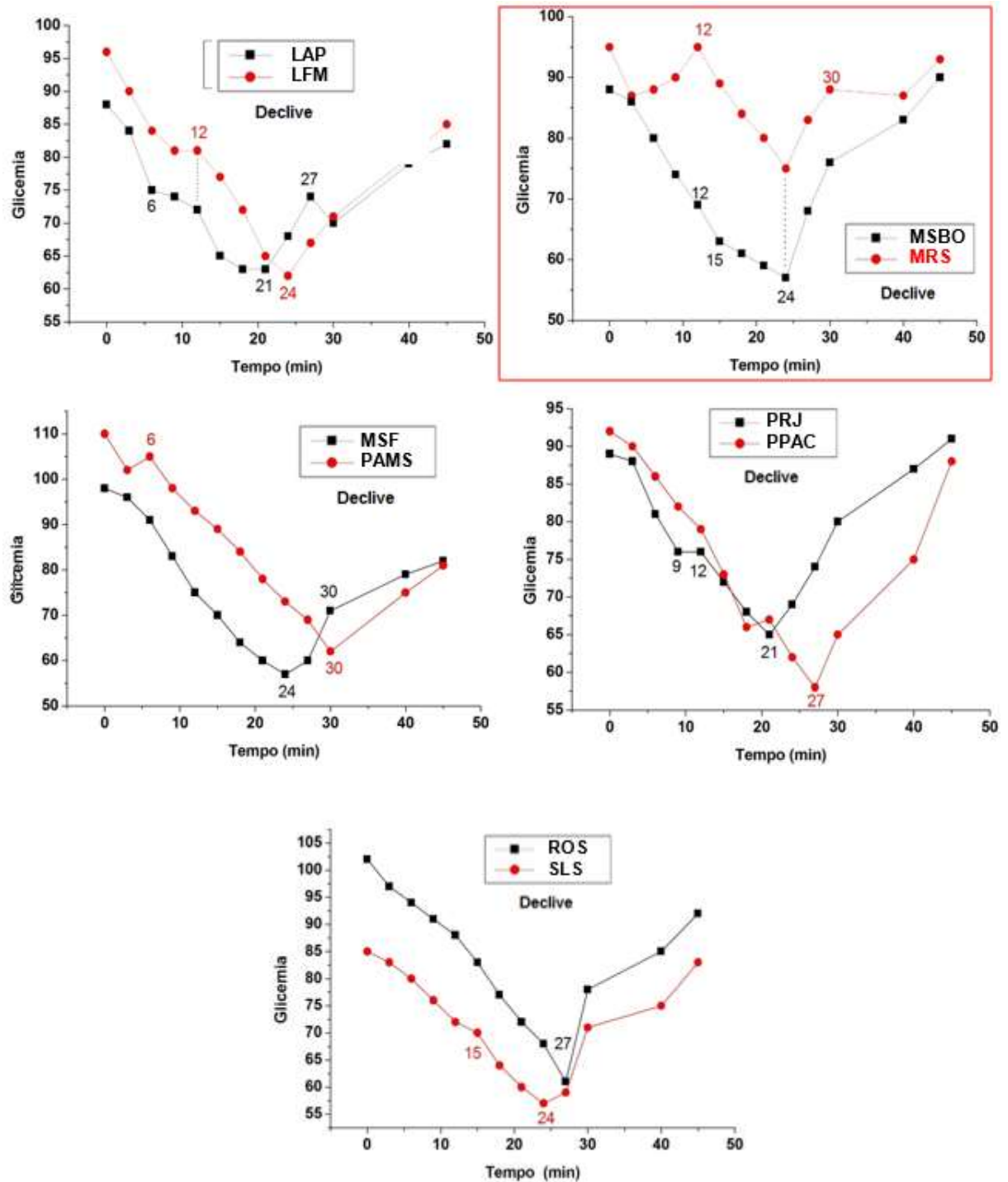


Figura 15. Figuras individualizados por sujeito da pesquisa. Os dados representam o comportamento glicêmico apresentado durante atividade física com piso preparado em declive.

Fonte: Próprio Autor

Foi realizado um tratamento de dados para contrastar a regulação glicêmica em relação ao índice de massa corporal e posteriormente a idade do sujeito da pesquisa. O baixo espalhamento de dados nas medidas de glicemia na condição de

realização de atividade física em piso com preparação em declive sugere que a medida de glicemia tem baixo erro e, assim sendo, sugere também que o espalhamento de dados observados na condição de active (adiante) é real (fisiológico), e não seria um espalhamento aleatório de dados (Figura 16).

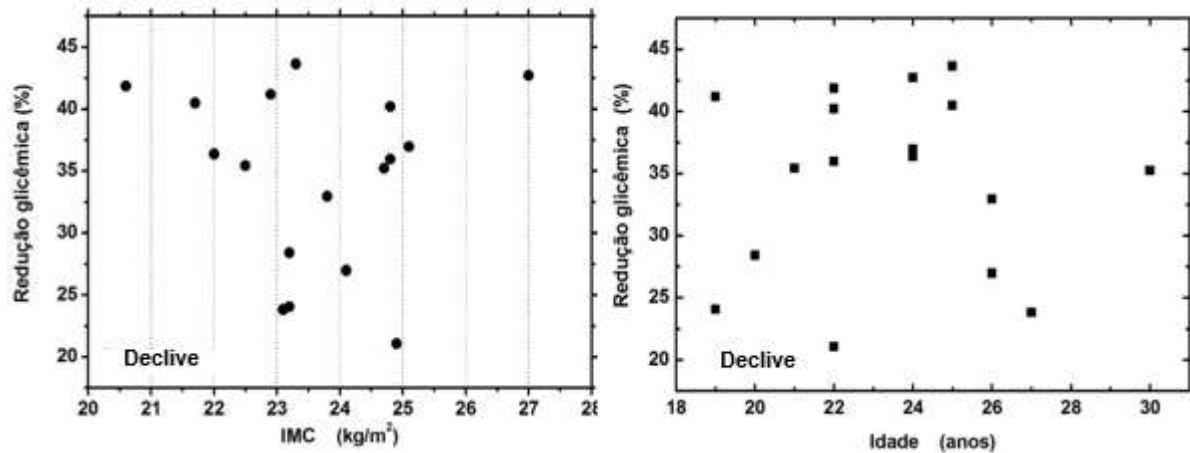


Figura 16. Figuras de espalhamento de dados nas medidas de glicemia em função do índice de massa corporal e idade.

Fonte: Próprio Autor

Não parece haver qualquer correlação entre o percentual de redução glicêmica (com referência ao valor inicial) e o IMC ou idade.

Na Figura de redução glicêmica observada durante o esforço, em função da glicemia inicial, o ajuste linear retorna um coeficiente de correlação $R = 0,5471$ (Figura 17).

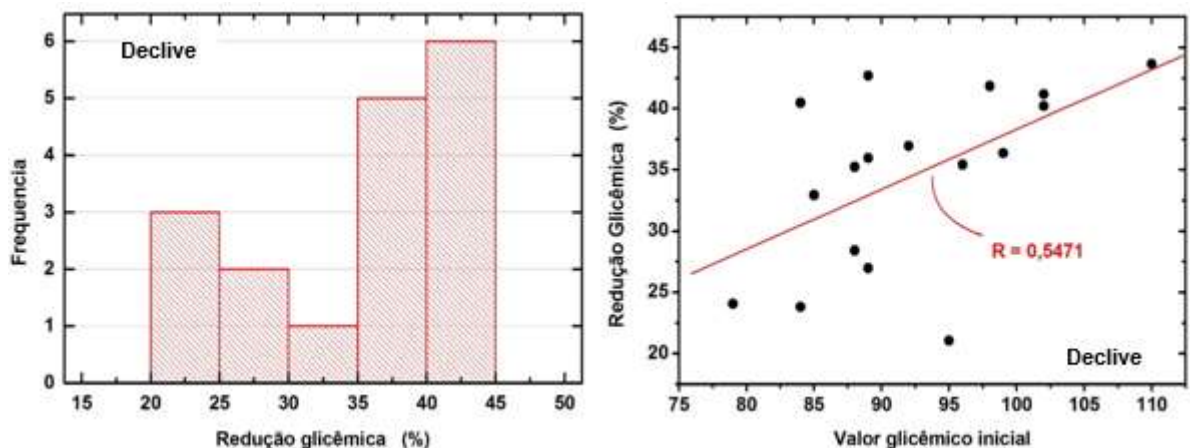


Figura 17. Figura de redução glicêmica em função da glicemia inicial e coeficiente de correlação.

Fonte: Próprio Autor

Ao término da primeira etapa da pesquisa, ou seja, após a coleta de dados e seus respectivos tratamentos obtidos a partir de atividade física realizada em esteira ergométrica com preparação para funcionamento com seu piso ajustado em declive, teve início a segunda etapa da pesquisa, a qual constou da inversão do método de preparação do piso, a ser realizado em aclave de agora em diante. Vale ressaltar que a intensidade do esforço continuou inalterada, ou seja, manteve-se a velocidade padrão de 60% do $VO_{2\text{máx}}$, anteriormente descrito.

Ao analisar as medidas de comportamento glicêmico obtidas em aclave, os sujeitos EJA, LAP, ROS e SLS, cujas Figuras estão identificadas com bordas e os sujeitos com identificação em fonte marcada em vermelho, apresentaram comportamento similar àquele observado para o caso de declive. Portanto obteve-se um total de 4 casos em 17, o que não reflete o comportamento predominante. Para estes 4 casos na condição de aclave, os valores glicêmicos mínimos foram obtidos aos 15 minutos, contra os 20 a 30 minutos típicos na condição de declive (Figura 18).

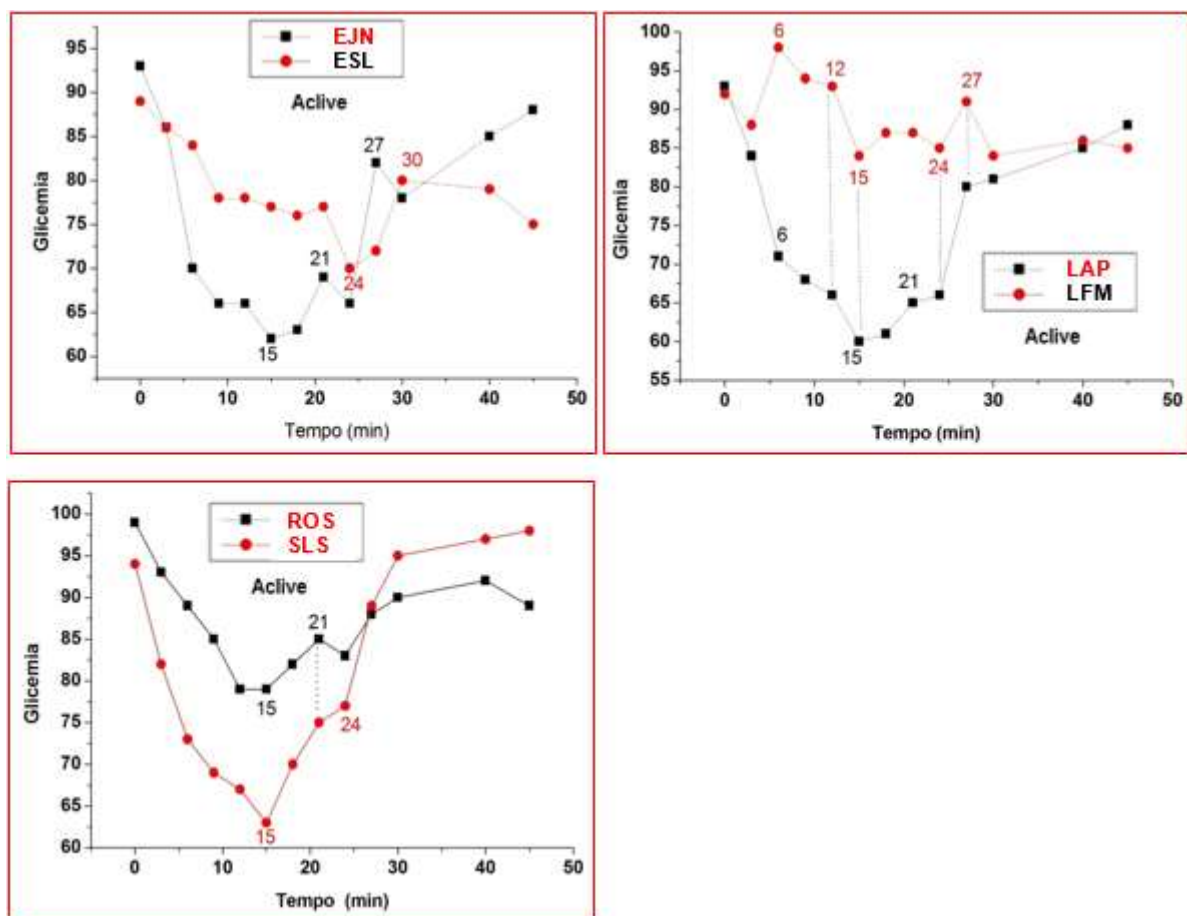


Figura 18. Figuras individualizados por sujeito da pesquisa. Os dados representam o comportamento glicêmico apresentado durante atividade física com piso preparado em aclave.

Fonte: Próprio Autor

Na condição de aclave temos o caso extremo do sujeito MRS que apresentou níveis glicêmicos superiores ao valor inicial durante a maior parte do tempo em que se submeteu ao esforço, inclusive valores classificados como hiperglicemia. A Figura, cujo comportamento glicêmico foi apresentado, está identificado com borda tracejada e o sujeito com identificação em fonte marcada em verde (Figura 19).

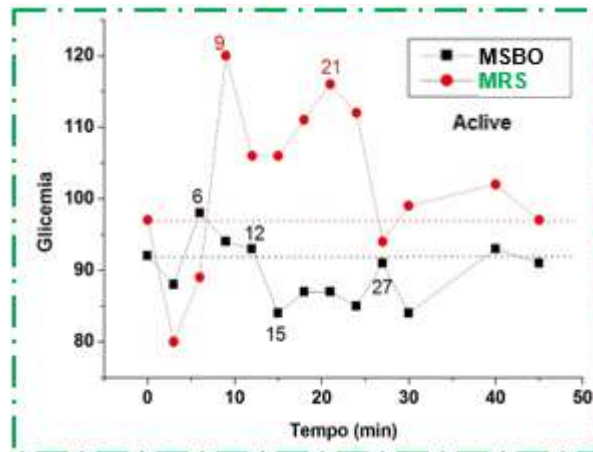


Figura 19. Figuras individualizados por sujeito da pesquisa. Os dados representam o comportamento glicêmico apresentado durante atividade física com piso preparado em aclave.
Fonte: Próprio Autor

Parte significativa da amostra demonstrou, na condição de aclave, incrementos e decrementos periódicos nos níveis glicêmicos. Parece haver uma periodicidade mais ou menos definida. Tal comportamento sugere uma glicogenólise hepática de intensidade reduzida, porém progressiva, cujo objetivo seria manter, o mais estável possível, os níveis glicêmicos na corrente sanguínea no período de elevado consumo metabólico de caráter glicolítico (Figura 20).

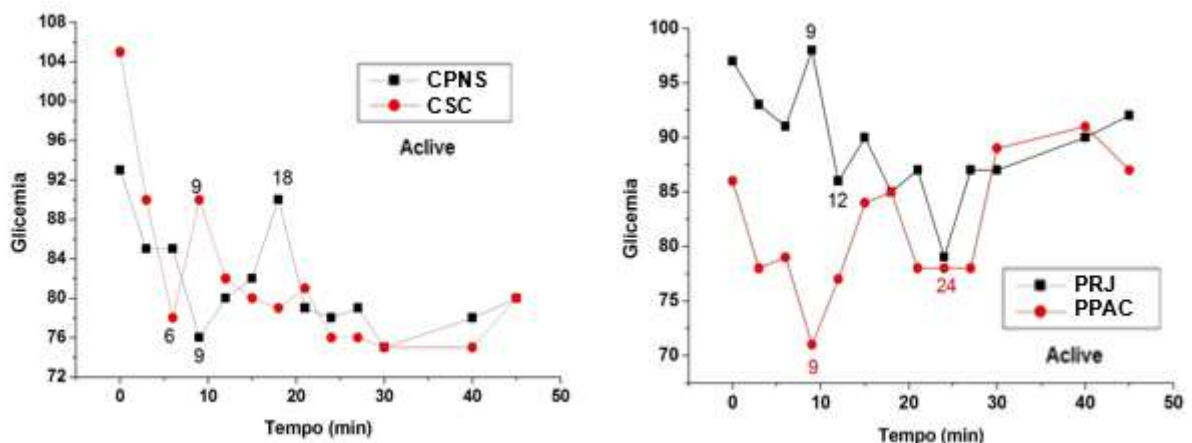


Figura 20. Figuras individualizados por sujeito da pesquisa. Os dados representam o comportamento glicêmico apresentado durante atividade física com piso preparado em aclave.
Fonte: Próprio Autor

Na condição de *active*, alguns sujeitos apresentaram uma redução glicêmica nos instantes iniciais do esforço, o que é esperado. Entretanto, alguns sujeitos, JPP, EC e MSF apresentaram uma elevação glicêmica imediata no início do esforço, cuja Figura do comportamento glicêmico foi identificado com *borda* e o sujeito com identificação em fonte marcada em azul (Figura 21).

É importante mencionar que os três sujeitos citados iniciaram a atividade física com níveis glicêmicos basais entre 80 e 90 mg/dl de sangue, fato este, que poderia justificar a resposta profilática do organismo a uma possível hipoglicemia advinda do esforço físico. Outros ameaçam com um decréscimo imediato e aí tem um acréscimo para valores superiores ao inicial LFM (Figura 18), MSBO (Figura 19) e PRJ (Figura 20).

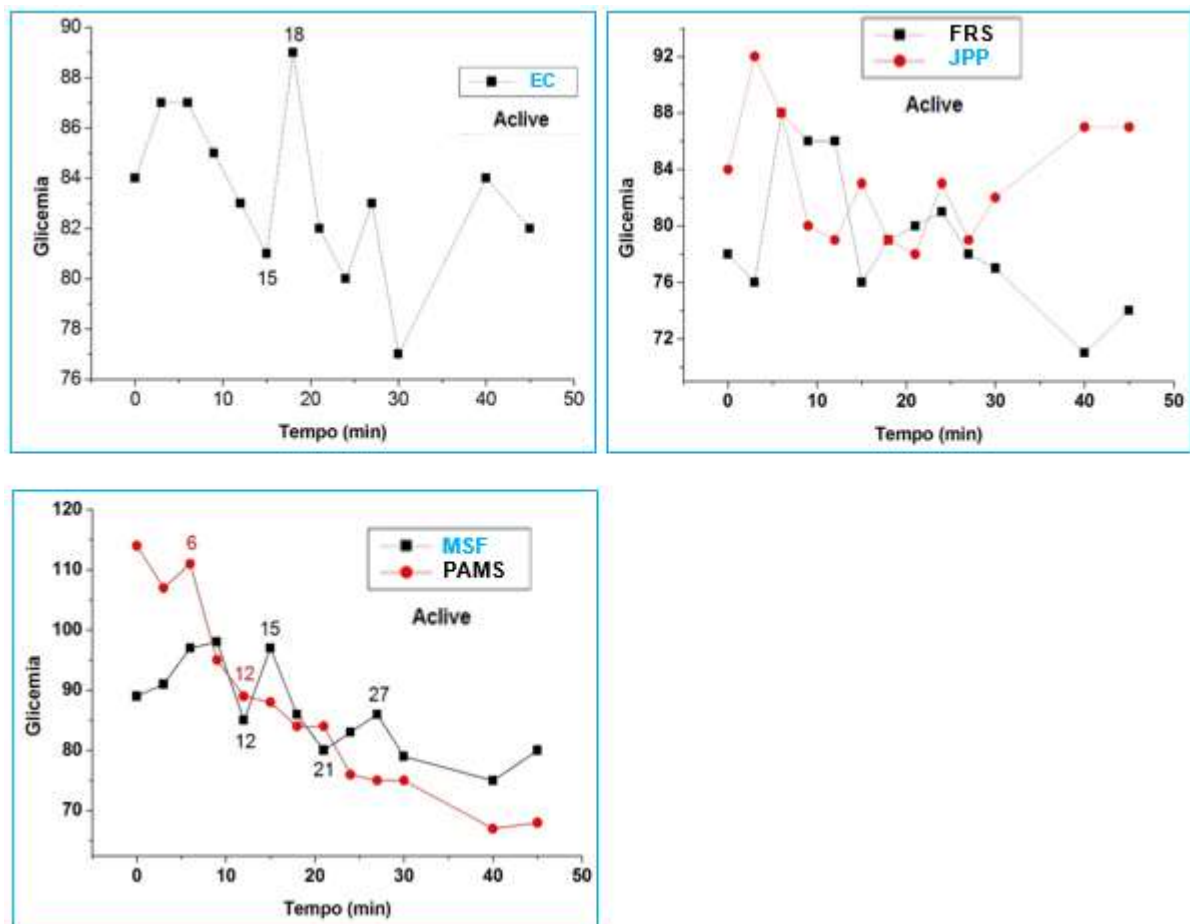


Figura 21. Figuras individualizados por sujeito da pesquisa. Os dados representam o comportamento glicêmico apresentado durante atividade física com piso preparado em *active*.

Fonte: Próprio Autor

A redução glicêmica foi definida como:

Redução glicêmica (%)

$$= \frac{\text{Glicemia inicial} - \text{menor valor glicêmico atingido}}{\text{Glicemia inicial}} \times 100\%$$

No caso do aclave, os dados de redução glicêmica em função da glicemia inicial se ajustam melhor ao modelo linear ($R=0,6888$), comparativamente ao obtido para declive ($R=0,5471$) (Figura 22).

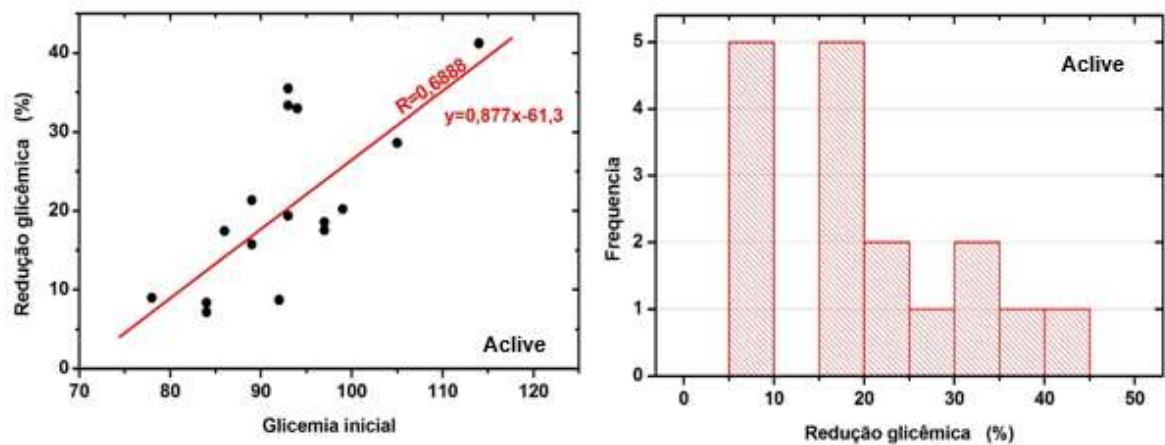


Figura 22. Figura de redução glicêmica em função da glicemia inicial e coeficiente de correlação.

Fonte: Próprio Autor

O histograma de redução glicêmica para o aclave tem maior frequência de indivíduos à esquerda (para valores mais baixos), comparativamente ao obtido para declive (Figura 23).

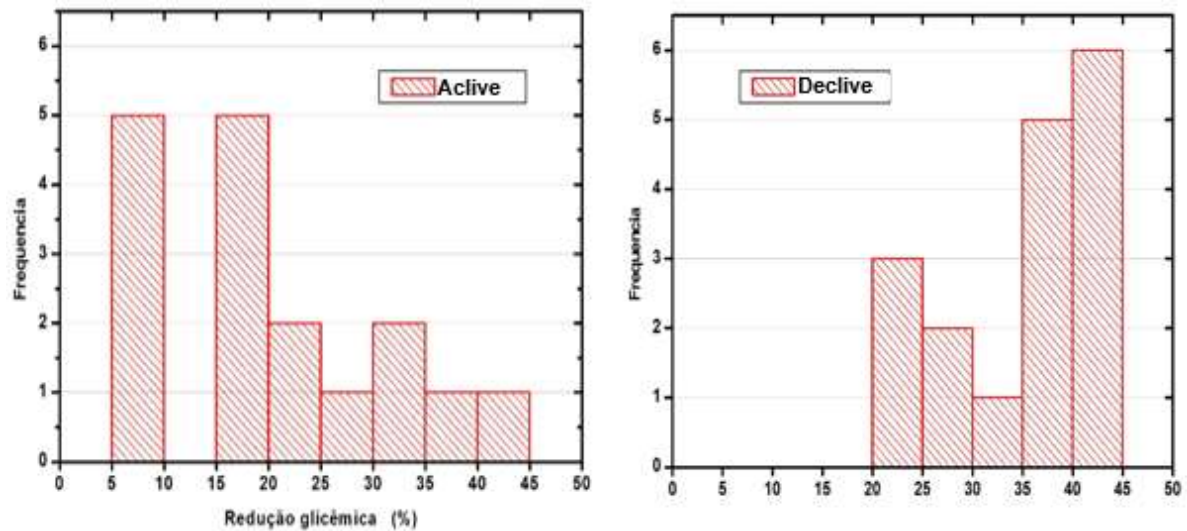


Figura 23. Figura comparativa de histograma de redução glicêmica para o active e declive.
Fonte: Próprio Autor

Na Figura 24, as sequências de dados individuais foram divididas pelo primeiro valor da coluna e multiplicadas por 100. Desta forma, a glicemia inicial passou a representar os 100% e os valores posteriores, um percentual do valor glicêmico inicial. Assim, a Figura melhor representa a ideia de consumo glicolítico, as barras de erro correspondem ao “erro padrão da média” (Figura 24).

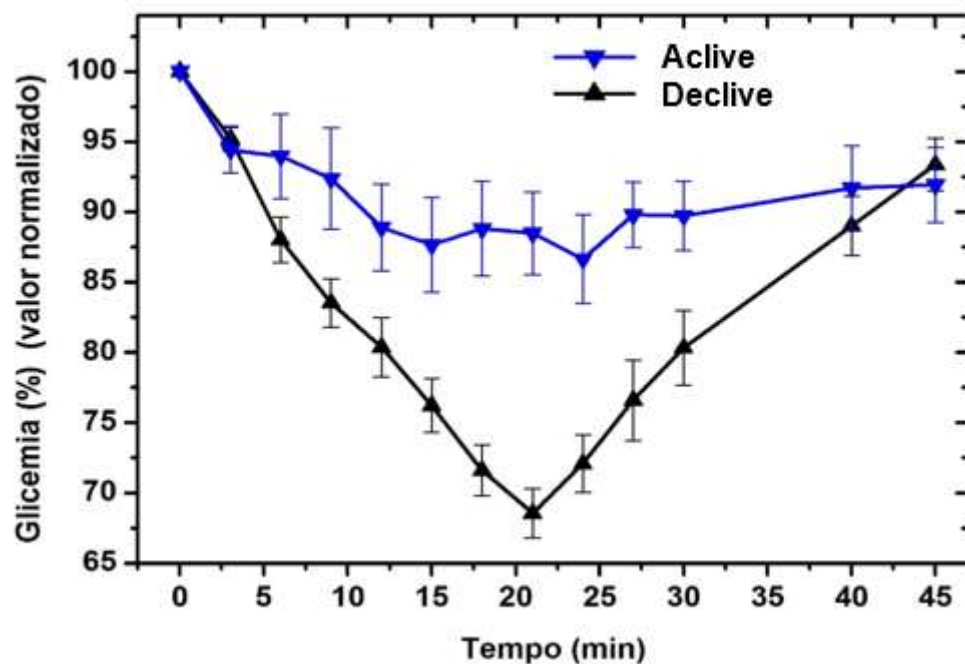


Figura 24. Figura de comportamento glicolítico em percentual do valor inicial.
Fonte: Próprio Autor

Na Tabela 2 estão apresentados os dados referentes ao tempo gasto, por cada sujeito da pesquisa, para atingir o valor glicêmico mínimo durante a realização da atividade física, sendo estes obtidos na primeira fase (declive) e na segunda fase (active).

Tabela 2. Tempo para atingir o valor glicêmico mínimo

Sujeito	Declive	Active
C P N S	21	9
C S C	18	30
E C	21	30
E J N	21	15
E S L	21	24
F R S	21	40
J P P	21	21
L A P	18	15
L F M	24	15
M S B O	24	15
M R S	24	3
M S F	24	40
P A M S	30	40
P R J	21	24
P P A C	27	9
R O S	27	12
S L S	24	15

Fonte: Próprio Autor

O histograma na sequência mostra estatisticamente os dados da Tabela anterior. Observa-se a absoluta concentração dos dados em torno de 21 minutos para declive, enquanto que para active, os dados experimentais apresentam-se dispersos em ampla faixa temporal (Figura 25).

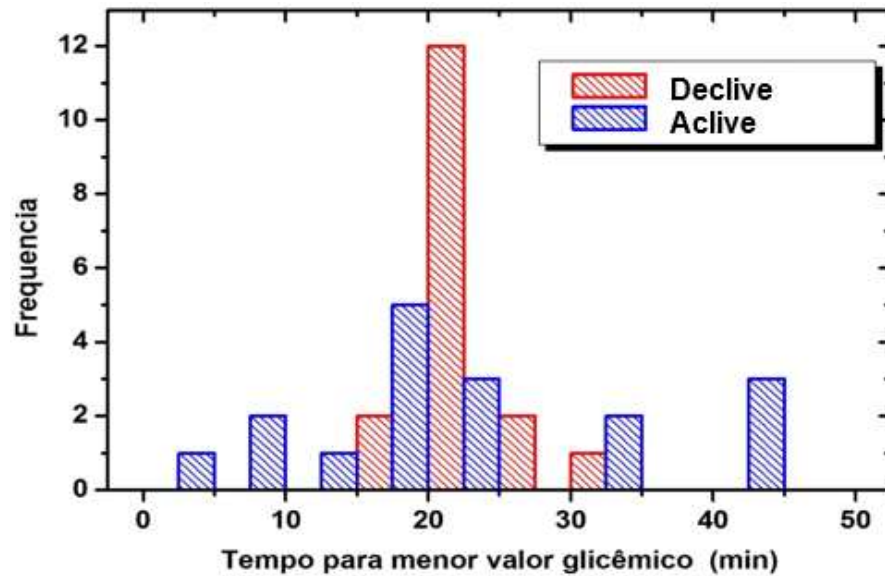


Figura 25. Figura de histograma do comportamento glicolítico em função do tempo.
Fonte: Próprio Autor

Finalmente, foi realizada uma verificação das distribuições glicêmicas iniciais para ambos os grupos, o qual demonstrou valores muito próximos, sendo para declive 92,294 mg/dl e para active 92,882 mg/dl. Os valores aqui mencionados encontram-se dispostos na Figura 26.

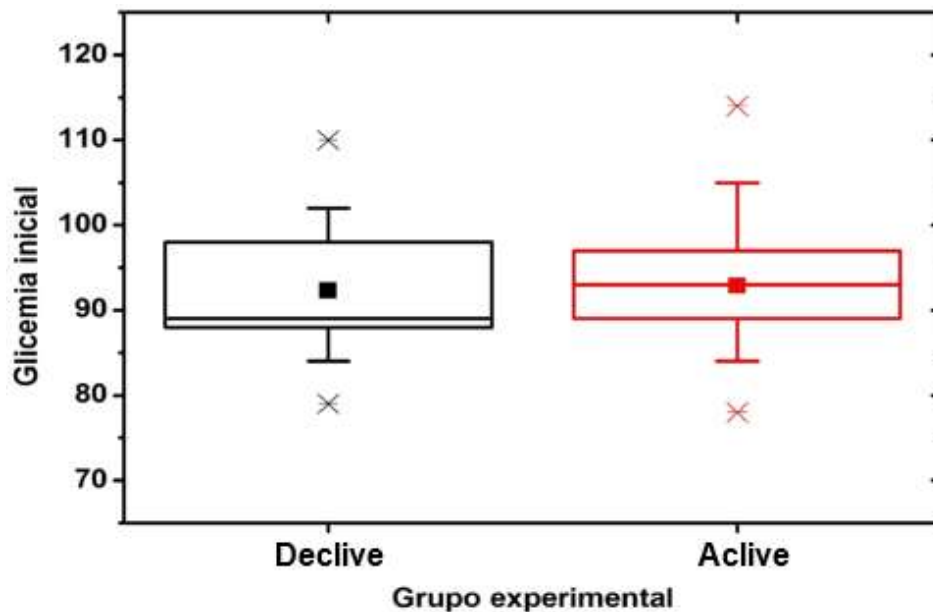


Figura 26. Figuras estatísticas das distribuições glicêmicas iniciais para os dois grupos experimentais.
Fonte: Próprio Autor

Os dados estatísticos tipo box chart para as distribuições glicêmicas iniciais mostram que os dois grupos experimentais tiveram condições iniciais semelhantes (ou seja, a amostra não estava “viciada” do ponto de vista da glicemia inicial) (Tabela 3).

Tabela 3. Sumário estatístico para os valores glicêmicos iniciais.

Parâmetros:	Piso em Declive	Piso em Aclive
Média:	92.3	92.9
n	17	17
Desvio padrão:	8.1	8.4
Mínima:	79	78
Máxima:	110	114

Fonte: Próprio Autor

5 DISCUSSÃO

A postura bípede, utilizada na locomoção humana, promove a translocação do corpo através do espaço, exigindo uma combinação complexa de eventos alternados de um membro em relação ao contralateral. Portanto a marcha é considerada, mesmo contemporaneamente, um evento de grande complexidade, sendo necessário critérios, muito bem definidos, para sua avaliação, tudo isso associado ao elevado grau de liberdade articular concedido as articulações participantes neste aglomerado de movimentos (MORAIS FILHO; REIS; KAWAMURA, 2010).

Em estudos de Norkin e Levangie (1992), com o auxílio da eletromiografia, estudou-se um evento denominado co-contração muscular, este fenômeno foi caracterizado pela contração simultânea de dois ou mais músculos em torno de uma articulação, onde a atividade muscular estava diretamente relacionada às necessidades biomecânicas da marcha.

A realização de apenas um único movimento humano, está atrelado a diversos acontecimentos musculares, dentre os quais, a co-contração merece um local de destaque, ou seja, sempre que um segmento corporal desenvolve um movimento devido a contração de um determinado músculo ou grupo muscular, outro musculo ou mesmo, outro grupo muscular poderá agir, estabilizando a articulação participante, ou ainda, a articulação proximal. Os argumentos, até aqui apresentados, receberão, ainda, interferência direta de eventos dinâmicos, torque e situações que promovam grande instabilidade na marcha, considerando uma ineficiência de movimento, o que torna o evento co-contração relevante em diversas áreas que tem como foco de interesse o movimento humano no que tange consumo de energia (FONSECA et al., 2001), assim como a mensuração deste gasto energético durante a marcha (MIAN et al., 2006), sendo avaliada pelo Índice de Coativação (PEREIRA; GONÇALVES, 2011).

Contudo, o padrão de marcha do ser humano é altamente adaptável às necessidades diárias do ser humano, ou seja, angulação das articulações dos membros inferiores em maior grau para realizar o active e, por outro lado, diminuição da flexão do quadril, ou até mesmo certo grau de hiperextensão durante o declive, com o intuito de facilitar o posicionamento final do pé junto ao solo (LEROUX;

FUNG; BARBEAU, 2002; LAY; HASS; GREGOR, 2005; McINTOSH et al., 2006). Tais condições sugerem uma possível explicação para os resultados apresentados pelos sujeitos EJA, LAP, ROS e SLS, conforme consta na Tabela 2, onde o gasto energético foi semelhante em ambos, sugerindo que estes indivíduos apresentam um grau de equilíbrio, coordenação e conseqüentemente uma atividade de coativação equivalente, tanto para o auge quanto para o declive, detalhe este que não foi observado de forma predominante na amostra.

O aparelho locomotor humano apresenta uma capacidade adaptativa altamente modificável frente a diferentes condições ambientais, dentre as quais as escadas, alternância de velocidades e mudanças de inclinações em auge e declive (LEROUX; FUNG; BARBEAU, 2002).

Superfícies inclinadas exigem adaptações da marcha que é possível em função de mudanças nos padrões de movimentos dos segmentos inferiores, assim como, por modificações no nível de ativação dos músculos, tanto flexores como extensores (McINTOSH et al., 2006). Dados como a velocidade da marcha e tamanho da passada encontram-se alteradas quando o indivíduo é submetido a inclinações íngremes, superiores a 9°, onde esta encontra-se significativamente diminuída durante o declive e diminuição da cadência durante o auge (PRENTICE et al., 2004).

Leroux et al. (2002), comprovaram evidências, de que quanto maior a inclinação para o auge, mais inclinado anterior o tronco e a pelve estarão acentuando a flexão do quadril, assim como o contrário para o declive. Sendo tais posicionamentos um processo de adaptação necessário, para mover o centro de massa do corpo para frente e para trás, conforme desenvolve a marcha ascendente ou descendente, respectivamente, a fim de neutralizar o efeito da gravidade.

As articulações do joelho e tornozelo também protagonizam um papel merecedor de destaque, pois durante a fase de apoio e balanço no auge, apresentam expressivo aumento angular, diretamente relacionado ao grau de inclinação do tronco (LEROUX; FUNG; BARBEAU, 2002; PRENTICE et al., 2004; LAY; HASS; GREGOR, 2005; McINTOSH et al., 2006; LAY et al., 2007).

Lay et al. (2007), afirmam que as três articulações dos membros inferiores apresentam um maior grau de flexão durante o auge na fase de contato inicial do calcâneo com o solo, demonstrando um padrão predominantemente extensor durante o médio apoio, quando comparado ao mesmo contato do calcâneo com o

solo plano, sugerindo que a angulação articular é diretamente proporcional ao grau de inclinação.

Os estudos explicam que tanto a marcha em solo plano, quanto no alicive a força propulsora da componente anteroposterior encontra-se aumentada, gerando aumento do pico correspondente ao final da fase de apoio e a força resultante é geralmente semelhante, havendo um maior trabalho dos músculos extensores do quadril, porém os extensores do joelho são os mais acionados no declive.

Durante a fase de resposta à carga, ocorre aumento do ângulo de flexão desta articulação facilitando o contato inicial do membro contralateral.

Além disso, a flexão do joelho auxilia o deslocamento do corpo à frente do pé de apoio além de, posteriormente auxiliar no amortecimento ou frenagem do movimento (LEROUX; FUNG; BARBEAU, 2002; LAY; HASS; GREGOR, 2005; McINTOSH et al., 2006). Para tanto, os músculos extensores do joelho irão exercer um trabalho excêntrico como forma de sustentação desta postura, fato este desnecessário no alicive.

A marcha em declive apresenta um comportamento peculiar no que tange a força de reação do solo, apresentando uma maior resposta no primeiro ponto de contato quando comparado a este mesmo momento na marcha em plano, o que sugere uma maior absorção de choque do calcâneo no início da fase de apoio e um valor menor na fase de apoio em relação à marcha horizontal (LAY et al., 2007).

As superfícies inclinadas exercem influência direta no trabalho muscular. Leroux et al. (2002), constataram mudanças significativas a partir de 6º de inclinação, o que pode estar relacionado com velocidade de movimento e principalmente demandas posturais (PRENTICE et al., 2004). Tais mudanças envolvem a modificação no nível de ativação dos flexores e extensores, por exemplo, os músculos que agem na articulação do tornozelo como gastrocnêmio e sóleos, ambos atuantes no alicive e tibial anterior no declive.

Na fase de apoio, o contato inicial do calcâneo com o solo exige do músculo tibial anterior uma contração excêntrica, o que permite uma flexão plantar e conseqüentemente o contato com o solo do antepé, sempre na busca pelo posicionamento plano do pé com o solo. Tais detalhes conferem uma atividade de co-contracção entre os flexores plantares e os músculos anteriormente citados, servindo, também, como estabilizadores do tornozelo, fato este observado ao descer uma escada (LAY et al., 2007), onde os músculos flexores plantares são ativos por

um tempo maior do que no plano. O uso exacerbado da musculatura do membro inferior a fim de equilibrar o componente biomecânico da marcha em declive, implica em um dispêndio maior de energia para esses músculos, fato que explicaria uma maior demanda glicolítica por um período maior de tempo quando comparado ao aplane.

Para LAY et al. (2007), o exercício físico realizado em declive promove uma absorção de potência muscular aumentada, sugerindo que a atividade muscular de caráter excêntrico seja maior, o que é diretamente associado ao comprimento dos fusos musculares. Tal situação, também pode explicar um mecanismo Co-contratário entre os músculos do membro inferior, como quadríceps e gastrocnêmio, o que poderia justificar um incremento na atividade energética dos músculos envolvidos, corroborando com os resultados aqui obtidos.

É importante salientar que o exercício em declive promove maior instabilidade articular quando comparado ao mesmo exercício em aplane e, claro muito maior que no plano. Essa está associada a um maior grau de cisalhamento articular e, conseqüentemente, maior probabilidade de desequilíbrio postural com prováveis quedas. Estes eventos exigem do aparelho locomotor um trabalho aumentado para a manutenção de uma coordenação motora ideal, algo extremamente necessário para a realização da atividade física. Para tanto, é exigido um sinergismo elevado da musculatura envolvida, estando, novamente, associado às condições descritas como Co-contração.

Um estudo sobre marcha, realizado por McIntoshi et al. (2006), demonstraram que a força de reação ao solo acompanha, de forma direta, o gradiente de inclinação da superfície, ou seja, quanto maior a inclinação maior a força de reação. Além de que, no mesmo estudo, existem relatos que apontam picos maiores de força de reação ao solo associados ao declive, principalmente em declives de 8° a 10°, o que também poderia explicar os resultados aqui apresentados.

Damavandi et al. (2012), estudaram a reação de força do solo em atividade física realizada em superfícies planas e inclinadas, sendo a amostra formada por nove indivíduos do sexo masculino, saudáveis. Os resultados apontaram picos superiores de força de reação ao solo superior em superfícies inclinadas e, entre estas um destaque para a superfície em declive, sendo também sugerido pelos

pesquisadores como indicativo de necessidade para transferir a massa corporal para o membro contralateral durante toda a fase de apoio.

Outros estudos demonstraram também que a marcha realizada em superfícies inclinadas apresenta forças de reação do solo (FRS) com padrões de assimetria importante, sendo necessários vários ajustes do aparelho locomotor, no que tange atividade muscular aumentada e adaptações posturais, tudo com o intuito de compensar as adaptações da FRS durante a marcha ou corrida em inclinações (DAMAVANDI et al., 2012). Desta forma, os autores concluem que tais adaptações são necessárias para melhorar a estabilidade dinâmica, evitando assim o deslizamento no declive, o que para grande parte das pessoas torna-se um desafio, independente de se tratar de indivíduos com lesões ou atletas saudáveis.

A atividade física em declive promove uma fase de balanço da marcha mais longa, em consequência disto advém uma maior pressão durante a fase de apoio sob o calcâneo, o que poderá se tornar, ainda mais enfático, se levar em consideração que o declive tende a induzir uma maior velocidade a marcha, quando comparada ao aplane, sendo assim, uma maior magnitude de pressão plantar.

A ação muscular está diretamente envolvida com a concentração glicêmica, uma vez que durante um exercício de 30 minutos ou mais, as concentrações de insulina tendem a baixar e, embora a concentração plasmática da glicose possa permanecer relativamente constante, a glicogenólise hepática é estimulada e a glicose liberada no sangue pode ser levada aos músculos para ser utilizada como fonte energética (RICARDI NETO; CAMPOS; BUSCH JÚNIOR, 2008).

Guyton e Hall (2017), o gasto de energia pode ser até quarenta por cento maior para músculos sustentadores quando comparado aos de impulsão.

Os resultados do presente estudo, sustentados por dados da literatura, indicam que os músculos envolvidos na realização, coordenação e estabilização da marcha, realizam um grau de trabalho superior em atividades realizadas em declive, quando comparado ao aplane ou mesmo em superfícies planas, exigindo um suprimento energético, conseqüentemente, maior e, para tanto, uma necessidade glicolítica elevada, sugerindo um parecer para o maior percentual no consumo de glicose durante o exercício em declive.

A contração muscular excêntrica, como já mencionado anteriormente, evidenciada pela atividade de corrida em declive, apresenta como consequência possíveis danos musculares, dentre os quais a ruptura da linha Z poderá estar

presente (CLARKSON; HUBAL, 2002), assim como, a descaracterização do sarcômero (McHUGH, 2003), e a destruição do retículo sarcoplasmático (BRENTANO; KRUEL, 2011).

Segundo Paulsen et al. (2012), o dano muscular pode ser classificado de acordo com as modificações no pico de torque isométrico (PTI), sendo, desta forma, a classificação feita em baixo (alteração < 20% no PTI), moderado (alteração de 20 a 50% do PTI) e alto (alteração > 50% do PTI), o que influencia diretamente nas respostas esperadas em relação ao efeito protetor induzido pela corrida em declive.

Chen et al. (2007), após 30 minutos de corrida em declive a 70% $\text{VO}_{2\text{pico}}$ com 15% de inclinação obtiveram valores de danos musculares aproximadamente em 15% do PTI, os quais sugerem um comportamento parecido ao desenvolvido neste trabalho, onde utilizou-se o mesmo tempo e inclinação, com intensidade de 60% $\text{VO}_{2\text{pico}}$. Segundo os mesmos autores, o dano muscular pode interferir na técnica de aterrissagem e na amplitude/frequência de passadas, aumentando o VO_2 após a corrida em declive.

Algo interessante de ser considerado ocorreu em ensaios de Brown et al. (2014), onde foi observado perda de PTI em flexores do joelho, os quais não participam de forma excêntrica no movimento, no entanto é atribuído a estes a função de balanceio da passada e, desta forma, sugerindo dano muscular pelo desgaste metabólico associado a este grupo muscular. Sendo assim, dano muscular deixa de ser exclusividade da atividade excêntrica.

Molina e Denadai (2012), verificaram comportamento de queda aguda seguida de recuperação após 48 horas na taxa de desenvolvimento de força após o exercício que induziu dano muscular. Sendo assim, os dados aqui apresentados, sugerem um maior consumo glicolítico em função da especificidade da contração muscular, em detrimento de possíveis danos musculares, os quais, segundo resultados anteriormente apresentados, não apresentam significância fisiológica.

Outro ponto a ser considerado, tão importante quanto a mecânica do movimento até aqui discutida, é a atividade hormonal induzida pelo exercício, que modula os níveis de glicemia sanguínea, promovendo a manutenção energética aos músculos em atividade. Dentre as alterações endócrinas pode-se evidenciar o hormônio cortisol, o qual apresenta importante papel no controle da glicemia durante a realização do esforço físico. O cortisol proporciona uma elevação nas concentrações plasmáticas dos substratos aminoácidos, ácido graxos livres e

glicerol, que permitem ao hepatócito incrementar a gliconeogênese hepática (SILVA et al., 2014).

Hasani-Ranjbar et al. (2012) verificaram o quanto a intensidade do esforço físico poderia influenciar nas respostas do hormônio do crescimento (GH) após realização de exercícios resistidos com intensidade entre 70 a 80% de 1RM e observaram elevação na concentração plasmática durante a recuperação com pico ao final de duas horas após o término do esforço. Leite et al. (2011) deixam claro em seu estudo a importância da intensidade sobre as respostas de GH, onde quanto maior a intensidade do estímulo maiores serão os níveis séricos desse hormônio.

Yarrow et al. (2007) concluíram que a metodologia dos exercícios resistidos se mostra como um fator preponderante sobre a intensidade do esforço e, portanto, no comportamento do GH. Esses autores compararam as respostas de GH durante o repouso, imediatamente após o término do exercício e em intervalos de 15 minutos até o tempo de uma hora de recuperação entre protocolos de treinamento concêntrico e excêntrico. Os resultados demonstraram que ambos os protocolos apresentaram elevações nas concentrações de GH, porém, notou-se valores mais acentuado no excêntrico.

Mota et al. (2017) relataram que durante uma atividade física onde os níveis de glicose sanguínea encontram-se deprimidos, seja por jejum ou por depleção induzida pelo exercício, haverá um aumento nos níveis de lipólise, promovendo um subsequente aumento nas concentrações plasmáticas de triglicerídios e seus subcomponentes, os ácidos graxos e glicerol. Tal ocorrência se deve a uma forte liberação de catecolaminas e a uma maior sensibilidade do tecido adiposo a esses hormônios, estimulado pelo exercício físico (DEIGHTON; ZAHRA; STENSEL, 2012). Além disso, os níveis de glucagon e cortisol encontram-se aumentado, o que favorece o uso de gordura como substrato energético, uma vez que a glicogenólise torna-se restrita devido a depleção do glicogênio muscular e hepático (FARIA et al., 2015). Sendo assim, pode-se sugerir uma mobilização das reservas de triglicerídeos associada a uma diminuição do metabolismo de carboidratos, visando preservar a concentração dos níveis de glicose no sangue, a fim de suprir as hemácias e, principalmente, o sistema nervoso.

6 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo permitem concluir que atividades de longa duração em pisos declinados, que evocam contrações musculares excêntricas por um longo período, contribuem diretamente para o aumento do trabalho muscular e, portanto, aumento da taxa metabólica muscular, o que favorece um alto consumo glicolítico. Por outro lado, a inclinação ascendente requer uma predominância de contrações musculares concêntricas com menor consumo glicolítico durante o exercício. A dependência da dinâmica da glicemia da natureza concêntrica ou excêntrica das contrações musculares realizadas é importante para prescrever com segurança a modalidade e a intensidade do exercício físico.

Referências Bibliográficas

- AHMADI, S.; SINCLAIR, P.J.; DAVIS, G.M. Muscle oxygenation after downhill walking-induced muscle damage. **Clin Physiol Funct Imaging**, v. 28, p. 55-63, 2008.
- ANDERSON, D.E.; MADIGANA, M.L.; NUSSBAUMB, M.A. Maximum voluntary joint torque as a function of joint angle and angular velocity: Model development and application to the lower limb. **J Biomech**, v. 40, p. 3105-3113, 2007.
- ANDERSEN, L.L.; AAGAARD, P. Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. **Eur J Appl Physiol**, v.96, p. 46-52, 2006.
- ANTUNES NETO, J.M.F.; VILARTA, R. Fadiga muscular e exercício excêntrico: revisão dos eventos moleculares. Lecturas Educación Física y Deportes. **Rev Digit Buenos Aires**, v.16, n. 156, p.1, 2011.
- ARMSTRONG, R.B. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: A brief review. **Med Sci Sports Exerc**, v. 16, p. 529-538, 1984.
- ASP S. et al. Exercise metabolism in human skeletal muscle exposed to prior eccentric exercise. **J. Physiol**, v. 509, p. 305-313, 1998.
- BARBOSA, D.A. et al. Resposta aguda de variáveis clínicas e funcionais em exercício máximo de contração concêntrica versus excêntrica. **Rev Bras Ciênc Esporte**, v. 37, p. 87-95, 2015.
- BOJSEN-MOLLER, J. et al. Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. **J Appl Physiol**, v. 99, p. 986-994, 2005.
- BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; LIMONGELLI, F.M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **Br Med Bull**, v. 81-82, p. 209-230, 2007.
- BRAUN, W.A.; DUTTO, D.J. The effects of a single bout of downhill running and ensuing delayed onset of muscle soreness on running economy performed 48h later. **Eur J Appl Physiol**, v. 90, n. 1-2, p. 29-34, 2003.
- BRENTANO, M.A.; KRUEL, L.F.M. A review on strength exercise-induced muscle damage: applications, adaptation mechanisms and limitations. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 51, p. 1-10, 2011.
- BROOKS, S.V.; FAULKNER, J.A. Severity of contraction-induced injury is affected by velocity only during stretches of large strain. **J Appl Physiol**, v. 91, p. 661-666, 2011.
- BROOKS, S.V.; ZERBA, E.; FAULKNER, J.A. Injury to muscle fibres after single stretches of passive and maximally stimulated muscles in mice. **J Physiol**, v. 488, p. 459-469, 1995.

BROWN, A.M.; ZIFCHOCK, R.A.; HILLSTROM, H.J. The effects of limb dominance and fatigue on running biomechanics. **Gait Posture**, v. 39, n. 3, p. 915-919, 2014.

BROWN, S.; DAY, S.; DONNELLY, A. Indirect evidence of human skeletal muscle damage and collagen breakdown after eccentric muscle actions. **J Sports Sci**, v. 17, p. 397-402, 1999.

BRUGHELLI, M.; CRONIN, J. Altering the length-tension relationship with eccentric exercise implications for performance and injury. **Sports Med**, v. 37, n. 9, p. 807-826, 2007.

BYRNE, C.; ESTON, R.G.; EDWARDS, R.T.H. Characteristics of isometric and dynamic strength loss following eccentric exercise-induced muscle damage. **Scand J Med Sci Sports**, v. 11, n. 3, p. 134-140, 2001.

CALBET, J.A.L.; CHAVARREN, J.; DORADO, D. Running economy and delayed onset muscle soreness. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 41, p. 18-26, 2001.

CHEN, T.C. Effects of a second bout of maximal eccentric exercise on muscle damage and electromyographic activity. **European J App Physiol**, v. 89, p. 115-121, 2003.

CHEN, T.C.; NOSAKA, K.; TU, J. Changes in running economy following downhill running. **J Sports Sci**, v. 25, p. 55-63, 2007.

CLARKSON, P.M.; HUBAL, M.J. Exercise-induced muscle damage in humans. **Am J Phys Med Rehabil**, v. 81, n. 11, p. S52-69, 2002.

CLARKSON, P.M.; NOSAKA, K.; BRAUN, B. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. **Med Sci Sports Exerc**, v. 24, p. 512-520, 1992.

CLARKSON, P.M.; SAYERS, S.P. Etiology of exercise-induced muscle damage. **Can J Appl Physiol**, v. 24, p. 234-248, 1999.

CLEBIS, N.K.; NATALI, M.J.M. Lesões musculares provocadas por exercícios excêntricos. **RBCM**, v. 9, p. 47-53, 2001.

CONNELLY, D.M.; VANDERVOORT, A.A. Development in the ankle dorsiflexors of older adults. **J Gerontol**, v. 55A, n. 10, p. B465-B72, 2000.

CURTY, V.M.; BARA FILHO, M.G. Estado de recuperação avaliado através de dois métodos após Teste de Aptidão Física. **Braz J Biomotricity**, v. 5, n. 3, p. 186-199, 2011.

DAMAVANDI, M.; DIXON, P.C.; PEARSALL, D.J. Ground reaction force adaptations during cross-slope walking and running. **Hum Mov Sci**, v. 31, p. 182-189, 2012.

DEIGHTON, K.; ZAHRA, J.C.; STENSEL, D.J. Appetite, energy intake and resting metabolic responses to 60 min treadmill running performed in a fasted versus a postprandial state. **Appetite**, v. 58, n. 3, p. 946-954, 2012.

DENADAI, D.S. **Avaliação aeróbia: determinação indireta do lactato sanguíneo**. Rio Claro: Motrix, 2000.

DERRICK, T.R.; HAMILL, J.; CALDWELL, G.E. Energy absorption of impacts during running at various stride lengths. **Med Sci Sports Exerc**, v. 30, p. 128-35, 1998.

DUDLEY, G.A. et al. Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. **Aviat Space Environ Med**, v. 62, p. 543-550, 1991.

DUTTO, D.J.; BRAUN, W.A. DOMS-associated changes in ankle and knee joint dynamics during running. **Med Sci Sports Exerc**, v. 36, p. 560-566, 2004.

ELLWANGER, R.B.; BRENTANO, M.A.; KRUEL, L.F.M. Efeito da utilização de diferentes velocidades do treino de força em marcadores indiretos de lesão muscular. **Rev Bras Educ Fís Esp**, v. 21, n. 4, p. 259-70, 2007.

FARIA, V.C. et al. Metabolic response to different glycemic indexes of pre-exercise meal. **Rev Bras Med Esporte**, v. 21, n. 4, p. 287-291, 2015.

FARTHING, J.P.; CHILIBECK, P.D. The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. **Europ J Appl Physiol**, v. 89, p. 578-586, 2003.

FERNANDES, J.F. **A prática da avaliação física: testes, medidas e avaliação física em escolares, atletas e academias de ginástica**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003.

FONSECA, S.T. et al. Análise de um método eletromiográfico para quantificação de co-contracção muscular. **Rev Bras Ciên Mov**, v. 9, n. 3, p. 23-30, 2001.

FOSCHINI, D.; PRESTES, J.; CHARRO, M.A. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, v. 9, p. 101-106, 2007.

FRIDÉN, J.; SJÖTRÖM, M.; EKBLOM, B. Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. **Int J Sports Med**, v. 4, p. 170-176, 1983.

FRIDÉN, J.; SFAKIANOS, P.N.; HARGENS, A.R. Muscle soreness and intramuscular fluid pressure: comparison between eccentric and concentric load. **J Appl Physiol**, v. 61, p. 2175-2179, 1986.

FRIEDMANN-BETTE, B. et al. Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in males athletes. **Eur J Appl Physiol**, v. 108, p. 821-836, 2010.

GLEESON, N. et al. Effects of prior concentric training on eccentric exercise induced muscle damage. **Brit J Sports Med**, v. 37, p. 19-25, 2003.

GRIMBY, L.; HANNERZ, J.; HEDMAN, B. The fatigue and voluntary discharge properties of single motor units in man. **J Physiol**, v. 316, p. 545-554, 1981.

Guyton AC, Hall JE. **Tratado de fisiologia médica**. 13^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

HARRIDGE, S.D.R. et al. Whole-muscle and single-fibre contractile properties and myosin heavy chain isoforms in humans. **Pflügers Arch**, v. 432, p. 913-920, 1996.

HASANI-RANJBAR, S. et al. Time course responses of serum GH, insulin, IGF-1, IGFBP1, and IGFBP3 concentrations after heavy resistance exercise in trained and untrained men. **Endocrine**, v. 41, p. 144-151, 2012.

KANO, Y.; PADILLA, D.J.; BENKE, B.J. Effects of eccentric exercise on microcirculation and microvascular oxygen pressures in rat spinotrapezius muscle. **J Appl Physiol**, v. 99, p. 1516-122, 2005.

KAY, D. et al. Different neuromuscular recruitment patterns during eccentric, concentric and isometric contractions. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 10, n. 6, p. 425-431, 2000.

KOMI, P.V.; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Med Sci Sports**, v. 10, n. 4, p. 261-265, 1978.

KOMI PV. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. **J Biomech**, v. 33, p.1197-206, 2000.

LAVENDER, A.; NOSAKA, K. Changes in fluctuation of isometric force following eccentric and concentric exercise of the elbow flexors. **Europ J Appl Physiol**, v. 96, p. 235-240, 2006.

LAY, A.N.; HASS, C.J.; GREGOR, R.J. The effects of sloped surfaces on locomotion: a kinematic and kinetic analysis. **J Biomech**, v. 39, p. 1621-1628, 2005.

LAY, A.N. et al. The effects of sloped surfaces on locomotion: an electromyographic analysis. **J Biomech**, v. 40, n. 6, p. 1276-1285, 2007.

LEE, H. et al. Eccentric exercise effect on blood oxidative-stress markers and delayed onset of muscle soreness. **Med Sci Sports Exerc**, v. 34, p. 443-448, 2002.

LEITE, R.D. et al. Acute effect of resistance training volume on hormonal responses in trained men. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 51, n. 2, p. 322-328, 2011.

LEPORACEI, G. et al. Specificity of the myoelectrical activity on the eccentric decline squat at 25° and standard squat with different overloads. **Rev Bras Med Esporte**, v. 16, n. 3, 205-209, 2010.

LEROUX, A.; FUNG, J.; BARBEAU, H. Postural adaptation to walking on inclined surfaces: I. Normal strategies. **Gait Posture**, v. 15, p. 64-74, 2002.

MACHADO, M. O Papel dos micro-traumas e das células satélites na plasticidade celular. **Arq Mov**, v. 3, p. 1-127, 2007.

MACINTYRE, D.L.; REID, W.D.; MCKENZIE, D.C. Delayed muscle soreness. The inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. **Sports Med**, v. 20, p. 24-40, 1995.

McARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

McCULLY, K. et al. The use of nuclear magnetic resonance to evaluate muscle injury. **Med Sci Sports Exerc**, v. 24, p. 537-542, 1992.

McCULLY, K.K.; FAULKNER, J.A. Characteristics of lengthening contractions associated with injury to skeletal muscle fibers. **J Appl Physiol**, v. 61, p. 293-299, 1986.

McHUGH MP. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. **Scand. J Med Sci Sports**, v. 13, n. 2, p. 88-97, 2003.

McINTOSH, A.S. et al. Gait dynamics on an inclined walkway. **J Biomech**, v. 39, n. 13, p. 2491-2502, 2006.

MIAN, O.S. et al. Metabolic cost, mechanical work, and efficiency during walking in young and older men. **Acta Physiol (Oxf)**, v. 186, n. 2, p. 127-139, 2006.

MOLINA, R.; DENADAI, B.S. Dissociated time course recovery between rate of force development and peak torque after eccentric exercise. **Clin Physiol Funct Imaging**, v. 32, p. 179-184, 2012.

MORAIS FILHO, M.C.; REIS, R.A.; KAWAMURA, C.M. Avaliação do padrão de movimento dos joelhos e tornozelos durante a maturação da marcha normal. **Acta Ortop Bras**, v. 18, p. 23-25, 2010.

MOSELEY, L.; JEUKENDRUP, A.E. The reliability of cycling efficiency. **Med Sci Sports Exerc**, v. 33, p. 621-627, 2001.

MOTA, M.R. et al. Acute cardiovascular response to pre-prandial and postprandial exercise in active men. **Rev Bras Med Esporte**, v. 23, n. 5, p. 380-384, 2017.

NARDONE, A.; ROMANO, C.; SCHIEPPATI, M. Selective recruitment of highthreshold human motor units during voluntary isotonic lengthening of active muscles. **J Physiol**, v. 409, p. 451-471, 1989.

NARICI, M.V. et al. Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. **Acta Physio Scand**, v. 157, p. 175-186, 1996.

NORKIN, C.C.; LEVANGIE, P.K. Muscle structure and function. In: Norkin CC, Levangie PK. **Joint structure and function: a comprehensive analysis**. Philadelphia: Davis Company, p.92-104, 1992.

NOSAKA, K.; NEWTON, M. Difference in the magnitude of muscle damage between maximal and sub-maximal eccentric loading. **J Strength Condition Research**, v. 16, p. 202-208, 2002.

NOSAKA, K. et al. Partial protection against muscle damage by eccentric actions at short muscle lengths. **Med Sci Sports Exerc**, v. 37, p. 746-753, 2005.

NOSAKA, K. et al. How long does the protective effect on eccentric exercise-induced muscle damage last? **Med Sci Sports Exerc**, v. 33, p. 1490-1495, 2001.

PARR, J.J. et al. Symptomatic and functional responses to concentric-eccentric isokinetic versus eccentric-only isotonic exercise. **Journal of Athletic Training**, v. 44, n. 5, p. 462-468, 2009.

PASCHALIS, V. et al. The effects of muscle damage following eccentric exercise on gait biomechanics. **Gait Posture**, v. 25, n. 2, p. 236-242, 2007.

PASCHALIS, V. et al. The effects of muscle damage on running economy in healthy males. **Int J Sports Med**, v. 26, n. 10, p. 827-831, 2005.

PASCHALIS, V. et al. Equal volumes of high and low intensity of eccentric exercise in relation to muscle damage and performance. **J Strength Cond Res**, v. 19, p. 184-188, 2005.

PAULSEN, G. et al. Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise? **Exerc Immunol Rev**, v. 18, p. 42-97, 2012.

PEREIRA, M.P.; GONÇALVES, M. Muscular coactivation (CA) around the knee reduces Power production in elderly women. **Archives Gerontology Geriatrics**, v. 52, p. 317-321, 2011.

PIITULAINEN, H.; HOLOBAR, A.; AVELA, J. Changes in motor unit characteristics after eccentric elbow flexor exercise. **Scand J Med Sci Sports**, v. 22, p. 1-12, 2010.

PRENTICE, S.D. et al. Locomotor adaptations for changes in the slope of the walking surface. **Gait Posture**, v. 20, n. 3, p. 255-265, 2004.

PROSKE, U.; ALLEN, T.J. Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. **Exerc Sport Sci Rev**, v. 33, p. 98-104, 2005.

RICARDI NETO, R.; CAMPOS, J.C.; BUSCH JÚNIOR, J. Blood glucose variations during different aerobic activities: A Biomechanics boarding. **Corpo Mov**, v. 1, p. 9-15, 2008.

ROIG, M. et al. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. **Br J Sports Med**, v. 43, n. 8, p. 556-568, 2009.

SCHMIDTBLEICHER, D. Training for power events. In: Komi PV (eds) **Strength and power in sport**. London: Blackwell, p. 381-395, 1992.

SERRÃO, F.V. et al. Análise do torque isométrico e da atividade elétrica após lesão muscular induzida por exercício excêntrico em humanos. **Rev Bras Fis**, v. 8, p. 179-185, 2004.

SILVA, A.S.J. et al. Study of the behavior of cortisol, gh and insulin after a session of acute resisted exercise. **Rev Bras Med Esporte**, v. 20, p. 21-25, 2014.

SILVA, R.B. Respostas musculares à realização de ações excêntricas em diferentes velocidades e sua influência no efeito da carga repetida. **Dissertação (Mestrado)**. São Paulo: Escola de Educação Física e Esport, 54 p, 2007.

SIMÕES, H.G.; CAMPBELL, C.S.G.; BALDISSERA, V. Comparação entre protocolos diretos e indiretos de avaliação da aptidão aeróbia em indivíduos fisicamente ativos. **Rev Bras Med Esporte**, v. 11, n. 4, p. 219-223, 2005.

SIMÕES, H.G. et al. Determinação do limiar anaeróbio por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em teste de pista para corredores. **Rev Paul Ed Fis**, v. 12, p. 17-30, 1998.

SORICHTER, S. et al. Creatine kinase, myosin heavy chains and magnetic resonance imaging after eccentric exercise. **J Sports Sci**, v. 19, p. 687-691, 2001.

TALBOT, J.A.; MORGAN, D.L. The effects of stretch parameters on eccentric exercise-induced damage to toad skeletal muscle. **J Muscle Research Cell Motility**, v. 19, p. 237-245, 1998.

THORLUND, J.B. et al. Acute fatigue-induced changes in muscle mechanical properties and neuromuscular activity in elite handball players following a handball match. **Scand J Med Sci Sports**, v. 18, p. 462-472, 2008.

TURNER, T.S. et al. Impaired neuromuscular function during isometric, shortening, and lengthening contractions after exercise-induced damage to elbow flexor muscles. **J Appl Physiol**, v. 105, p. 502-509, 2008.

VOLLESTAD, N.K. et al. Motor drive and metabolic responses during repeated submaximal contractions in humans. **J Appl Physiol**, v. 64, p. 1421-1427, 1998.

WARREN, G.L. et al. Mechanical factors in the initiation of eccentric contraction-induced injury in rat soleus muscle. **J Physiol**, v. 464, p. 457-475, 1993.

WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 5ª ed. São Paulo: Manole, 2013.

WALSH, B. et al. Effect of eccentric exercise on muscle oxidative metabolism in humans. **Med Sci Sports Exerc**, v. 33, p. 436-441, 2001.

YARROW, J.F. et al. Neuroendocrine responses to an acute bout of eccentric-enhanced resistance exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 39, n. 6, p. 941-947, 2007.

ANEXO A: Termo de aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa



FUNDAÇÃO MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO E CULTURA DE SANTA FÉ DO SUL

*Campus I - Rua Otto, 854 - Centro
Campus II - Av. Mangará, 477 - Jardim Mangará
Campus III - Av. Paulo Nunes da Silva, 95 - Centro*

PARECER CONSUBSTANCIADO

Projeto: Verificação da Variabilidade do Consumo Glicolítico em Contração Muscular Concêntrica e Excêntrica.

Pesquisador Responsável: Jean Donizete Silveira Taliari

Protocolo: 0000092

Instituição Responsável: Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul

CEP de Origem: Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul

Área Temática: Ciências da Saúde/ Fisioterapia

O Comitê de Ética em Pesquisa das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul, na sua reunião de 03/08/2011, **APROVOU** o protocolo número 0000092.

Após o desenvolvimento e conclusão da pesquisa entregar **RELATÓRIO FINAL**, de acordo com o modelo disponível no site www.funecsantafe.edu.br/cep, ao Comitê de Ética em Pesquisa, impreterivelmente até o dia **03/08/2012**.

Marilda Duran Lima

Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa

Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul

ANEXO B: Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Após ser esclarecido(a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável.

Desde logo fica garantido o sigilo das informações. Em caso de recusa você não será penalizado(a) de forma alguma, assim como, sua participação não estará vinculada a nenhuma forma de ressarcimento de ordem financeira.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Título do Projeto: Verificação da Variabilidade do Consumo Glicolítico em Contração Muscular Concêntrica e Excêntrica

Pesquisador Responsável: Jean Donizete Silveira Taliari

Endereço: Campus II – Av. Mangará, 477, Jardim Mangará
Santa Fé do Sul – SP

CEP: 15775-000

Telefone para contato: (17) 981327775

Endereço do CEP-FISA/FUNEC

COMITE DE ÉTICA EM PESQUISA – FUNEC

Campus II – Av. Mangará, 477, Jardim Mangará

Santa Fé do Sul – SP

CEP: 15775-000

Horário de Atendimento

Segunda, Terça e Quinta-feira, das 7h30 às 12h e das 13h30 às 17h

Quarta e Sexta-Feira, das 7h30 às 12h30 e das 19h às 21h30

Contato:

(17) 3641-9016 (CEP);

Email: cep@funecsantafe.edu.br

Você está sendo convidado para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Após ser esclarecido sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa você não será penalizado(a) de forma alguma. Em caso de dúvida você pode procurar o Núcleo de Cardiologia do Centro de Reabilitação da FUNEC no telefone (17) 3641-9000 ou o Comitê de Ética da Instituição.

a) Justificativa, objetivos e os procedimentos da pesquisa

As atividades físicas comum do dia-a-dia, como descer escadas ou saltar são realizadas com contrações musculares concêntricas e excêntricas, ou seja, atividade de contração do músculo contra uma resistência contrária menor que sua força gerando um encurtamento muscular e, atividade de contração do músculo contra uma resistência contrária maior que sua força, gerando um alongamento do músculo respectivamente. Desta forma, a pesquisa tem o objetivo de analisar a influência do exercício concêntrico e excêntrico sobre o consumo glicêmico. Para a coleta de dados da pesquisa a presença do voluntário no laboratório será necessária em cinco diferentes dias para os seguintes procedimentos:

Avaliação da composição corporal

A avaliação da composição corporal será realizada pela análise da medida da estatura, peso e índice de massa corporal. A medida da estatura e peso será obtida através de balança. O índice de massa corporal será obtido pela fórmula $(\text{Peso}/\text{Altura}^2)$, com a medida de massa corporal dada em kg/cm^2 .

Avaliação eletrocardiográfica

Um exame de eletrocardiograma com doze derivações de repouso será realizado para afastar arritmias e corrente de lesão.

Avaliação máxima da condição aeróbia

Um teste em esteira ergométrica com aumento progressivo de carga a cada 3 minutos até a exaustão voluntária será realizado, como forma de determinação da máxima capacidade aeróbia (consumo máximo de oxigênio). As variáveis cardiorrespiratórias serão medidas utilizando um bucal que permite coletar e analisar

o oxigênio consumido e o gás carbônico produzidos durante o exercício. A frequência cardíaca será determinada ao final de cada carga, assim como a medida da pressão arterial. A cada estágio será solicitado ao avaliado a descrição da sensação subjetiva do esforço.

Avaliação da glicemia no exercício realizado em aclone

Será realizado a coleta de uma gota de sangue (25 µl) da polpa digital antes do exercício, durante o exercício ao final de cada 3 minutos até totalizar 30 minutos de atividade, ao final da recuperação com duração de 5 minutos e após repouso, cujo tempo, também será de 5 minutos. Para tanto, realizar-se-á um exercício físico em esteira ergométrica com a mesma posicionada em aclone equivalente a 10% de inclinação e velocidade equivalente a frequência cardíaca obtida no limiar anaeróbio.

Avaliação da glicemia no exercício realizado em declive

Será realizado a coleta de uma gota de sangue (25 µl) da polpa digital antes do exercício, durante o exercício ao final de cada 3 minutos até totalizar 30 minutos de atividade, ao final da recuperação com duração de 5 minutos e após repouso, cujo tempo, também será de 5 minutos. Para tanto, realizar-se-á um exercício físico em esteira ergométrica com a mesma posicionada em declive equivalente a 10% de inclinação e velocidade equivalente a frequência cardíaca obtida no limiar anaeróbio.

b) Desconfortos, riscos possíveis, acompanhamento, assistência e benefícios esperados

Os desconfortos e riscos pertinentes ao protocolo incremental na esteira são aqueles inerentes a qualquer prática de exercícios realizados entre 60 a 80% da frequência cardíaca máxima, como por exemplo: lesões músculo-esqueléticas, traumatismos em geral, arritmias cardíacas, respostas atípicas da pressão arterial e até, em casos raros, ataques cardíacos. Porém, além da baixa frequência com que estes eventos ocorrem nas condições laboratoriais, os riscos tendem a ser minimizados pelas condições de pronto-atendimento em caso de acidente. Na sessão de treinamento de força é possível a ocorrência de dores musculares agudas e principalmente tardias (24 a 48h após o exercício), em função de micro lesões musculares que são induzidas particularmente pelas contrações excêntricas da musculatura da coxa. Estes sintomas tendem a regredir espontaneamente em

aproximadamente 3 a 5 dias. Durante toda a coleta de dados os sujeitos terão acompanhamento e assistência de profissional de Fisioterapia devidamente registrado no Conselho Regional. Não há benefício direto para o participante trata-se de estudo experimental testando a possibilidade da influência do tipo de posicionamento da esteira (active ou declive) exigindo prevalentes contrações musculares concêntricas e excêntricas respectivamente, em aumentar o consumo glicêmico durante a atividade aeróbia, sendo um importante aspecto no controle glicêmico de indivíduos portadores de síndromes metabólicas, sendo que somente no final do estudo poderemos concluir a resposta a tal comportamento.

c) Direitos da pessoa submetida aos testes

Toda pessoa submetida aos testes terá garantia de esclarecimentos, antes e durante o curso da pesquisa e acesso aos seus dados, assim como aos resultados finais. Todo sujeito terá liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prestar qualquer tipo de esclarecimento, mas devendo comunicar sua decisão ao responsável dos testes o quanto antes. Nenhum resultado será divulgado ou levado ao conhecimento de pessoas estranhas ao Núcleo de Cardiologia do Centro de Reabilitação da FUNEC, sem a autorização expressa do sujeito submetido ao teste. Os resultados dos testes poderão ser utilizados para pesquisa, sendo assegurado o anonimato do sujeito, desde que autorizado expressamente neste termo de consentimento.

Jean Donizete SilveiraTaliari

Pesquisador

Anexo C: Consentimento da participação da pessoa como sujeito

Eu, _____, RG. _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo Verificação da Variabilidade do Consumo Glicolítico em Contração Muscular Concêntrica e Excêntrica, como sujeito. Fui devidamente informado e esclarecido pelo pesquisador Jean Donizete Silveira Taliari sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido o sigilo das informações e que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento/assistência/tratamento. Consinto também com o uso científico e didático dos dados, preservando a minha identidade.

Fui informado sobre e tenho acesso à Resoluções CNS 196/96, 466/2012 e, Decreto nº 93933 de 14 de janeiro de 1987, e estou ciente de que todo trabalho realizado se torna informação confidencial guardada por força do sigilo profissional.

A qualquer momento, posso solicitar a minha exclusão da pesquisa. Posso apresentar queixa de abuso ou uso irregular dos dados ao Comitê de Ética em Pesquisa das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul – FUNEC/SP, telefone (17) 36419000, (17) 36419039, cep@funecsantafe.edu.br, e à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) (61) 33152150/33152151/33153566, cns@saude.gov.br.

Ciente do conteúdo assino o presente termo.

Santa Fé do Sul ____ de _____ de 20 ____

Assinatura do sujeito ou responsável: _____

Anexo D: Ficha de avaliação antropométrica.



Clínica Escola de Fisioterapia - FUNEC
Setor de Cardiologia

Ficha de Avaliação

→ **Identificação**

Nome: _____ Tel.: () _____

Idade: _____ (anos) Sexo: ☐ M ☐ F Cor: _____ Estado Civil: _____

Naturalidade: _____ Grau de instrução: _____

Profissão Atual: _____ Profissão anterior: _____

Endereço: _____ nº: _____

Bairro: _____ Cidade: _____ UF: _____

Examinador: _____

Data da entrevista: ____/____/____ Data de Início Tratamento: ____/____/____

Encaminhado(a) pelo(a): Dr(a) _____

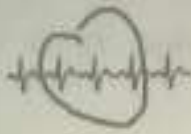
Diagnóstico: _____

→ **História da Moléstia Atual (HMA):**

→ **História da Moléstia Pregressa (HMP):**

→ **Medicamentos em uso:**

→ **Exames Complementares:**



*Clinica Escola de Fisioterapia - FUNEC
Setor de Cardiologia*

→ *Exame físico*

Objectives of Testamentary Fiduciaryship

Conducta Propuesta

Anexo E: Escala de BORG (Avaliação subjetiva do cansaço).

Percepção de Esforço			
Escala de 15 pontos		Escala de 10 pontos	
6		0	
7	Muito, Muito Leve	0,5	Muito, Muito Fraco
8		1	Muito Fraco
9	Muito Leve	2	Fraco
10		3	Moderado
11	Relativamente Leve	4	Algo Forte
12		5	Forte
13	Algo Difícil	6	
14		7	Muito Forte
15	Difícil	8	
16		9	
17	Muito Difícil	10	Muito, Muito Forte
18		*	Máximo
19	Muito, Muito Difícil		
20			

Anexo F: Protocolo de Bruce.

Protocolo de Bruce					
Estágio	Tempo (Min.)	Velocidade (Km/h)	Velocidade (MPH)	Inclinação (%)	MET's
1	3	2,70	1,70	10	4
2	3	4,00	2,50	12	7
3	3	5,50	3,40	14	10
4	3	6,70	4,20	16	13
5	3	8,00	5,00	18	16
6	3	8,80	5,50	20	19
7	3	9,60	6,00	22	22