JAQUELINE TAVANO

**ANÁLISE DAS RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM MULHERES
SUBMETIDAS A DIFERENTES PROTOCOLOS DE INCLINAÇÃO NA
ESTEIRA**

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

Área de Concentração: Biomecânica

Orientador: Prof. Dr. Vilmar Baldissera

São Carlos

2009

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

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

Tavano, Jaqueline

T231a Análise das respostas fisiológicas em mulheres submetidas a diferentes protocolos de inclinação na esteira / Jaqueline Tavano ; orientador Vilmar Baldissera. — São Carlos, 2009.

Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração Interunidades em Bioengenharia) — Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009.

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia
EESC / FMRP / IQSC

JAQUELINE TAVANO
MESTRADO EM CIÊNCIAS
ÁREA DE BIOENGENHARIA

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS
- GRADUAÇÃO INTERUNIDADES BIOENGENHARIA
EESC – FMRP - IQSC DA UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
CIÊNCIAS NA ÁREA DE BIOENGENHARIA.

Aprovado em: 10/03/2010

PROF. DR. VILMAR BALDISSERA
(ORIENTADOR)

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Julgamento: Aprovada

Assinatura: Vilmar Baldissera

PROFA. DRA. AUDREY BORGHI E SILVA

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Julgamento: Aprovada

Assinatura: Audrey Borghi e Silva

PROF. DR. SEBASTIÃO GOBBI

Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"

Julgamento: Aprovada

Assinatura: Sebastião Gobbi

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda minha família em especial aos meus pais, Arthur Roberto Tavano e Maria Aparecida de Barros Tavano pelo carinho, paciência e incentivo em todas as decisões de minha vida.

A meu namorado, Bruno Vannini pelas palavras carinhosas, pelo apoio, compreensão e por estar sempre presente nos momentos mais difíceis.

Ao prof. Dr. Vilmar Baldissera pela oportunidade de desenvolver este trabalho, pela confiança, paciência e por ter sido sempre um orientador presente.

Ao Cacau, técnico do Laboratório de Fisiologia do Exercício da UFSCar pelo grande apoio durante os testes.

As queridas amigas e futuras professoras Tati, Fernanda, Giovanna, Vivian, Josiane que nestes dois anos se mostraram pessoas maravilhosas e grandes companheiras e aos meus monitores e grandes amigos Isabel e Jair pelo auxílio em todos os testes.

As minhas voluntárias pela dedicação e pela disposição para realizar todos os testes da pesquisa e a todas as pessoas que participaram contribuindo direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, meu agradecimento.

A Capes pelo auxílio financeiro durante a pesquisa.

“O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”.

Fernando Pessoa

RESUMO

TAVANO, J. **Análise das respostas fisiológicas em mulheres submetidas a diferentes protocolos de inclinação na esteira.** 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia, EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

A caminhada e a corrida são formas de exercício físico que promovem mudanças no estilo de vida, mas, existem muitas controvérsias dos possíveis benefícios e riscos a respeito da caminhada ou corrida quando realizada em diferentes inclinações. O presente estudo teve como objetivo determinar o limiar anaeróbio bem como avaliar e comparar as respostas fisiológicas durante exercícios contínuos (45 minutos) com intensidade correspondente ao limiar anaeróbio executados na esteira rolante nas condições de inclinação positiva (+10%), plano (0%) e inclinação negativa (-10 %). Participaram deste estudo 9 mulheres com idades entre 21 e 31 anos, fisicamente ativas. Primeiramente elas realizaram testes crescentes para determinação da intensidade correspondente ao limiar anaeróbio em cada inclinação. Após essa determinação foram realizados os protocolos contínuos na intensidade correspondente ao limiar anaeróbio por 45 minutos. Os resultados encontrados mostraram que o valor médio ($\pm$ desvio padrão) da velocidade correspondente ao limiar anaeróbio no plano foi de $6,56 \pm 0,53$ Km/h, na inclinação positiva foi de $5,44 \pm 0,53$ Km/h (com redução percentual de 17,07% em relação ao plano) e na inclinação negativa foi de $7,22 \pm 0,67$ Km/h (com elevação percentual de 9,14% em relação ao plano). Nos protocolos contínuos foi observado que os valores das variáveis ventilatórias apresentaram-se mais elevados para o protocolo com inclinação positiva, já a frequência cardíaca apenas apresentou diferença até o 15º minuto do exercício entre os protocolos com inclinação positiva e o protocolo com inclinação negativa. Mas apesar disso, as voluntárias não relataram dificuldade do gesto motor na realização dos exercícios. Conclui-se que mesmo com a tentativa de se trabalhar na velocidade ideal para cada condição imposta, as respostas cardiovasculares e metabólicas são diferentes, principalmente entre o protocolo com inclinação positiva e o protocolo com inclinação negativa. O presente trabalho mostrou pontos importantes que devem ser levados em consideração, quanto à escolha do protocolo aplicado nos treinamentos físicos em indivíduos com diferentes condições físicas quando se propõem diferentes velocidades de corrida e inclinações da esteira.

Palavras chaves: Limiar Anaeróbio. Locomoção. Inclinação da Esteira. Ergoespirometria.

ABSTRACT

TAVANO, J. **Analysis of physiological responses in women undergoing different protocols of treadmill inclinations.** 2009. 129 f. Dissertation (Mastership)– Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia, EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

Walking and running are forms of exercise that promote changes in lifestyle, but there are many controversies about the possible benefits and risks regarding the walking or running when performed at different slopes. This study aimed to determine the anaerobic threshold and to evaluate and compare the physiological responses during continuous exercise (45 minutes) with intensity corresponding to anaerobic threshold run on the treadmill in terms of positive slope (+10%), level (0%) and negative slope (-10%). The study included 9 women aged between 21 and 31 years old, physically active. First they performed increasing intensity tests to determine the intensity corresponding to anaerobic threshold on each slope. After determining these parameters the continuous protocols were performed in intensity corresponding to anaerobic threshold for 45 minutes. The results showed that the speed average ($\pm$ standard deviation) at level the anaerobic threshold was 6.56 ± 0.53 km/h, at the positive slope was 5.44 ± 0.53 km/h (with a percentage reduction of 17.07% over the level) and the negative slope was 7.22 ± 0.67 km/h (with high percentage of 9.14% over the level). In continuous protocols was observed that the values of ventilatory variables were more elevated for the protocol with positive slope and the heart rate showed only significant difference until the 15th minute of exercise between protocols with positive slope and with negative slope. But despite this, the volunteers reported no difficulty in motor gesture in exercises. It was conclude that even with the attempt to run at ideal speed for each condition the cardiovascular and metabolic responses are different, especially between the protocol with positive slope and with negative slope. This study showed important points that should be taken into account in the choice of protocol used in physical training in individuals with different physical conditions when they propose different running speeds and inclinations of the treadmill.

Keywords: Anaerobic Threshold, Locomotion, Treadmill slope, Ergoespirometry.

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Características da amostra estudada (n=9) -----	49
Tabela 5.1: Média e desvio padrão da lactacidemia ao longo dos Protocolos Contínuos ----	65
Tabela 5.2: Percepção Subjetiva de Esforço Físico (escala de BORG) durante os diferentes Protocolos Contínuos (média $\pm$ desvio padrão)-----	72
Tabela 5.3: Frequência Cardíaca durante os diferentes Protocolos Contínuos (média $\pm$ desvio padrão)-----	75
Tabela 5.4: Ventilação durante os Protocolos Contínuos (média $\pm$ desvio padrão) -----	77
Tabela 5.5: Gasto Calórico nos Protocolos Contínuos (média $\pm$ desvio padrão) -----	79
Tabela 5.6: Valores referentes à média e desvio padrão do Consumo de Oxigênio nos diferentes Protocolos Contínuos -----	85
Tabela 5.7: Média e desvio padrão da magnitude dos componentes do EPOC (análise baseada no consumo de oxigênio após o exercício)-----	87
Tabela 5.8: Média e desvio padrão da duração total do EPOC nos diferentes protocolos----	90

LISTA DE QUADRO

Quadro 4.1: Etapas dos protocolos contínuos	58
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1: Identificação do LA pela curva da $\dot{V}_E$. Exemplo representativo da forma de identificação do LA, através da variável $\dot{V}_E$ em função do aumento da intensidade de esforço (Teste crescente no protocolo plano - Voluntária 3) -----	54
Figura 4.2: Identificação do LA pela curva da $\dot{V}CO_2$. Exemplo representativo da forma de identificação do LA, através da variável $\dot{V}CO_2$ em função do aumento da intensidade de esforço (Teste crescente no protocolo plano - Voluntária 3) -----	55
Figura 4.3: Identificação do LA pelo $\dot{V}O_{2E}$. Exemplo representativo da forma de identificação do LA, através do $\dot{V}O_{2E}$ em função do aumento da intensidade de esforço (Teste crescente no protocolo com inclinação negativa - Voluntária 2) -----	55
Figura 4.4: Exemplo representativo da curva de consumo de oxigênio após o exercício, identificando os componentes do EPOC-----	59
Figura 5.1: Média e desvio padrão do $\dot{V}O_{2max}$ obtido para os três protocolos-----	61
Figura 5.2: Média e desvio padrão do BORG máximo atingido no teste crescente para os três protocolos -----	62
Figura 5.3: Média e desvio padrão da velocidade máxima atingida no teste crescente para os três protocolos -----	63
Figura 5.4: Média e desvio padrão da intensidade encontrada no momento correspondente ao limiar anaeróbio nos diferentes protocolos-----	64
Figura 5.5: Média dos valores de lactacidemia antes e durante os protocolos contínuos-----	66
Figura 5.6: Lactacidemia durante os protocolos contínuos (inclinação positiva, plano e inclinação negativa) em intensidades acima do LA para a voluntária 3 -----	68

Figura 5.7: Lactacidemia durante todos os testes contínuos com inclinação negativa em intensidades acima do LA (voluntária 3) -----	69
Figura 5.8: Lactacidemia durante todos os testes contínuos com inclinação negativa na intensidade do LA e acima do LA (voluntária 9)-----	71
Figura 5.9: Média dos valores da escala de Percepção Subjetiva de Esforço Físico durante os protocolos contínuos -----	72
Figura 5.10: Média e Desvio padrão do BORG máximo (no minuto 45) atingido no final dos exercícios nos diferentes protocolos contínuos -----	74
Figura 5.11: Média dos valores da Frequência Cardíaca no repouso e durante os protocolos contínuos -----	75
Figura 5.12: Média da ventilação no repouso e durante os protocolos contínuos -----	78
Figura 5.13: Média do gasto calórico por minuto (Kcal/min) no repouso e durante os protocolos contínuos -----	80
Figura 5.14: Média e desvio padrão do gasto calórico durante 45 minutos de exercício nos diferentes protocolos-----	81
Figura 5.15: Contribuição percentual de lipídio ao longo do exercício para as três condições de inclinação -----	82
Figura 5.16: Contribuição percentual de carboidrato ao longo do exercício para as três condições de inclinação -----	83
Figura 5.17: Média da contribuição percentual da oxidação dos substratos (lipídio e carboidrato) ao longo do exercício para as três condições de inclinação -----	84
Figura 5.18: Média do consumo de oxigênio por minuto (VO_2 l/min), no repouso e durante os protocolos contínuos -----	85
Figura 5.19: Média e desvio padrão do consumo de oxigênio total durante os 45 minutos de exercício nos diferentes protocolos-----	86

Figura 5.20: Média e desvio padrão do VO_2 total do componente rápido do EPOC nos diferentes protocolos-----	88
Figura 5.21: Média e desvio padrão do VO_2 total do componente lento do EPOC nos diferentes protocolos-----	89
Figura 5.22: Média e desvio padrão da duração total do EPOC nos diferentes protocolos --	90
Figura 5.23: Média e desvio padrão da eficiência mecânica obtida na velocidade de 7 Km/h para o três protocolos-----	91
Figura 5.24: Média e desvio padrão da eficiência mecânica obtida no 35º minuto dos exercícios contínuos para os três protocolos -----	93

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1: Comitê de Ética ----- 127

Apêndice 2: Ficha de Avaliação ----- 129

Apêndice 3: Escala de BORG ----- 133

LISTA DE ABREVIATURA

(+10%)	- Inclinação positiva da esteira em +10%
(-10%)	- Inclinação negativa da esteira em -10%
(0%)	- Plano (inclinação nula da esteira)
(ATP)	- Adenosina Trifosfato
(BF)	- Bíceps Femoral
(BORG)	- Percepção Subjetiva de Esforço (segundo BORG)
(CO₂)	- Dióxido de Carbono
(DP)	- Desvio Padrão
(EMG)	- Eletromiografia
(EPOC)	- Consumo Excessivo de Oxigênio após o Exercício
(Eq VCO₂)	- Equivalente de VCO ₂
(Eq VO₂)	- Equivalente de VO ₂
(FC)	- Frequência Cardíaca
(GC)	- Gastrocnêmio
(GM)	- Glúteo Máximo
(IMC)	- Índice de Massa Corporal
(LA)	- Limiar Anaeróbio
(LL)	- Limiar de Lactato
(LV)	- Limiar Ventilatório
(MG)	- Gastrocnêmio Medial
(O₂)	- Oxigênio
(PCr)	- Fosfocreatina
(QR)	- Quociente de Troca Respiratória

(RF)	- Reto Femoral
(SM)	- Semi-membranoso
(Sol)	- Sóleo
(ST)	- Semi-tendinoso
(TA)	- Tibial Anterior
(VCO₂)	- Produção de Dióxido de Carbono
(Ve)	- Ventilação
(VM)	- Vasto Medial
(VO₂)	- Consumo de Oxigênio
(VO₂max)	- Consumo Máximo de Oxigênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Locomoção Humana	16
1.1.1 Caminhada ou Corrida em Diferentes Inclinações	17
1.2 Parâmetros de Aptidão Aeróbia	22
1.2.1 Consumo de Oxigênio Durante o Exercício	22
1.2.1.1 Consumo Máximo de Oxigênio	23
1.2.1.2 Consumo de Oxigênio Durante Caminhadas em Diferentes Inclinações	24
1.2.2 Acúmulo de Lactato Durante o Exercício	28
1.2.2.1 Conceito de Limiar Anaeróbio	29
1.3 Respostas Ventilatórias Durante o Exercício	31
1.3.1 Ventilação Durante Caminhada ou Corrida em Diferentes Inclinações	32
1.4 Respostas Cardiovasculares Durante o Exercício	33
1.4.1 Frequência Cardíaca Durante Caminhadas em Diferentes Inclinações	33
1.5 Consumo Energético Humano	36
1.5.1 Estimativa do Gasto Energético	37
1.5.1.1 Calorimetria Direta	37
1.5.1.2 Calorimetria Indireta	38
1.5.2 Gasto Energético Durante Caminhada ou Corrida em Diferentes Inclinações	39
1.5.3 Gasto Energético Após Atividade Física	41
1.6 Outras Variáveis Influenciadas pela Variação da Inclinação	42
2. JUSTIFICATIVA	45
3. OBJETIVOS	47
3.1 Objetivo Geral	47

3.2 Objetivos Específicos -----	47
4. MATERIAIS E MÉTODOS -----	49
4.1 Voluntárias-----	49
4.2 Comitê de Ética -----	50
4.3 Avaliação -----	51
4.4 Dados Antropométricos e Composição Corporal -----	51
4.5 Metodologia dos Testes-----	52
4.6 Determinação do Limiar Anaeróbio -----	53
4.7 Protocolo do Exercício Contínuo-----	56
4.8 Duração do Consumo de Oxigênio após o Exercício-----	58
4.9 Análise Estatística -----	60
5. RESULTADOS -----	61
5.1 Consumo Máximo de Oxigênio nos Testes Crescentes -----	61
5.2 Intensidade Correspondente ao Limiar Anaeróbio-----	64
5.3 Lactacidemia Durante os Protocolos Contínuos -----	65
5.4 Percepção Subjetiva de Esforço Durante os Protocolos Contínuos -----	72
5.5 Frequência Cardíaca Durante os Protocolos Contínuos-----	74
5.6 Ventilação Durante os Protocolos Contínuos-----	77
5.7 Gasto Calórico Durante os Protocolos Contínuos -----	79
5.8 Oxidação de Substratos Durante os Protocolos Contínuos -----	82
5.9 Consumo de Oxigênio Durante os Protocolos Contínuos -----	84
5.10 Consumo de Oxigênio Após o Exercício -----	87
5.11 Eficiência Mecânica do Teste Crescente-----	91
5.12 Eficiência Mecânica do Teste Contínuo -----	92
6. DISCUSSÃO -----	95

6.1 Testes Crescentes-----	95
6.2 Testes Contínuos-----	101
7. CONCLUSÃO-----	115
8. REFERÊNCIAS -----	117

1. INTRODUÇÃO

O papel da atividade física regular está bem estabelecido na prevenção e controle de diversas patologias, como câncer (FRIEDENREICH; ORENSTEIN, 2002), diabetes e hipertensão arterial (ALBRIGHT et al., 2000), doenças coronarianas (GREGG, 2003), entre outras. A atividade física diminui a chance de risco de morte prematura, em especial por doenças cardiovasculares (KEIM; BLANTON; KRETSCH, 2004). Vários objetivos levam as pessoas a exercitarem-se, como a melhora no condicionamento físico, mudança na composição corporal e estética, controle do estresse, melhora da qualidade de vida e das condições cardiorrespiratórias (MARANGON; WELKER, 2003).

A atividade física é definida como qualquer movimento corporal realizado pela musculatura esquelética que leva a um gasto energético, o qual varia de acordo com o tipo do esforço realizado, sua intensidade, frequência e duração (CASPERSEN; POWELL; CHRISTENSON, 1985). O exercício físico é um dos mais complexos processos fisiológicos conhecidos, que proporciona sobrecarga aos sistemas biológicos, em especial ao sistema cardiorrespiratório e muscular. A magnitude das respostas cardiorrespiratórias e metabólicas induzidas pela realização do exercício físico depende de fatores como: sexo, idade, condições ambientais, composição corporal, hábitos alimentares, fatores psíquicos, fatores genéticos, entre outros (GALLO et al., 1995).

A caminhada e a corrida são formas de exercício físico que promovem mudanças no estilo de vida. Atualmente tem sido demonstrada a importância da caminhada ou da corrida para manter uma boa saúde e prevenir doenças, dentre os benefícios dela podemos citar a melhora do condicionamento físico, a redução no peso corporal (DUTRA et al., 2007) e a melhora na aptidão cardiovascular, com redução de chances de mortalidade por doenças cardiovasculares em adultos (GREGG et al., 2003; SMITH et al., 2007).

Mas existem muitas controvérsias dos possíveis benefícios e riscos a respeito da caminhada ou corrida quando realizada em diferentes inclinações. Estudos têm surgido para avaliar não apenas uma caminhada ou corrida no plano ou com inclinação positiva, mas também com inclinação negativa, uma vez que muitas atividades diárias utilizam a combinação muscular de contrações excêntricas e concêntricas (NAVALTA; SEDLOCK; PARK, 2004).

Apesar de se encontrar estudos que avaliaram as respostas fisiológicas e cardiovasculares durante uma caminhada ou corrida em diferentes inclinações, estes estudos utilizam sempre uma mesma velocidade para analisar todas as inclinações, não levando em consideração as diferentes condições fisiológicas que aqueles indivíduos estavam sendo submetidos quando se alteram as inclinações.

1.1 Locomoção Humana

O gesto locomotor humano é caracterizado pelos atos de andar e correr, utilizados para os deslocamentos em baixa e alta velocidade. Quando realizada em baixa velocidade, a caminhada pode ser acelerada aumentando a frequência ou o comprimento da passada. Conforme se aumenta a intensidade do esforço, atinge-se uma velocidade crítica a partir da qual se passa a correr (MONTEIRO; ARAÚJO, 2001). A corrida é uma atividade motora complexa que necessita de uma acentuada coordenação da amplitude e frequência do movimento por envolver grande parte dos grupos musculares. Como modelo de exercício dinâmico, a corrida é muito utilizada para manutenção da saúde ou para o treinamento, sendo vista em testes de avaliação da aptidão física (SILVA; FRAGA; GONÇALVES, 2007).

Muitas pesquisas sobre caminhada ou corrida são realizadas, uma vez que o padrão da locomoção humana pode apresentar adaptações de acordo com a demanda externa,

tais como, a velocidade e a inclinação. Estas adaptações são normalmente encontradas por causa das mudanças no padrão do movimento dos membros inferiores e pela variação no recrutamento motor principalmente dos músculos flexores e extensores (LEROUX; FUNG; BARBEAU, 1999).

Uma das formas mais utilizadas para analisar a caminhada ou a corrida é pelo uso de uma esteira rolante, pois proporciona fácil controle da velocidade e inclinação (SILVA; FRAGA; GONÇALVES, 2007) e permite analisar variáveis eletromiográficas (HANON; THÉPAUT-MATHIEU; VANDEWALLE, 2005) e metabólicas (COYLE, 2000) com menor variabilidade das respostas metabólicas, graças ao controle das condições ambientais no laboratório, e tem sido considerado, um dos principais ergômetros para a realização de testes ergométricos nas consultas cardiológicas (SILVA; SOBRAL FILHO, 2003).

1.1.1 Caminhada ou Corrida em Diferentes Inclinações

Alguns estudos observaram que a alteração da inclinação em uma caminhada ou corrida promove mudanças nas respostas cardiovasculares, musculares e metabólicas (ROBERGS; WAGNER; SKEMP, 1997; MINETTI et al., 2002; NAVALTA; SEDLOCK; PARK, 2004). Isto ocorre devido a mudanças encontradas na estratégia de controle neural quando a caminhada ou a corrida é realizada em diferentes inclinações, estas mudanças são vistas principalmente no padrão da biomecânica dos membros inferiores e na atividade eletromiográfica dos músculos (LAY; HASS; GREGOR, 2006; LAY et al., 2007).

Uma caminhada ou corrida quando realizada em inclinações positivas exige modificações específicas nos movimentos dos membros inferiores e maior ativação muscular, este tipo de exercício induz a uma maior propulsão dos membros inferiores e ajustes posturais

que devem ser feitos para a manutenção do equilíbrio (LEROUX; FUNG; BARBEAU, 1999), quando realizada em inclinações negativas também exige modificações específicas nos membros inferiores, mas com uma menor ativação muscular (LAY et al., 2007).

A caminhada ou corrida em inclinações negativas representa uma forma de trabalho negativo, onde o centro de massa do corpo se desloca numa direção vertical descendente com cada ciclo da passada, o que reduz a energia potencial total do sistema. Conseqüentemente, para a mesma velocidade e inclinação, é necessário menos energia para realizar as contrações musculares excêntricas (inclinação negativa) que para as contrações concêntricas (inclinação positiva) (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

No estudo de Leroux, Fung e Barbeau (1999) ao comparar a caminhada no plano (0%) com diferentes inclinações positivas (+5%, +10% e +15%) em indivíduos saudáveis e indivíduos com lesão incompleta da medula espinhal, foi verificado nos indivíduos saudáveis um aumento da flexão do quadril, joelho e tornozelo, onde essas adaptações se iniciaram com aumento da flexão do quadril, dorsiflexão do tornozelo e uma gradual diminuição da extensão do joelho. Quanto maior for à inclinação, mais acentuada é essa adaptação na postura. Neste estudo eles também verificaram a atividade eletromiográfica de alguns músculos dos membros inferiores, onde se observou um aumento progressivo do pico de amplitude da eletromiografia (EMG) de todos os músculos avaliados (vasto medial, semi-tendinoso, semi-membranoso, bíceps femoral, sóleo, gastrocnêmio medial e tibial anterior) conforme se aumentava a inclinação. Isto mostrou que a caminhada realizada em inclinações positivas induz a modulações na regulação da atividade EMG, sendo possível observar que ao se aumentar progressivamente a inclinação (+5%, +10%, +15%) a atividade EMG dos músculos da coxa era aumentada.

Este aumento da atividade EMG de músculos propulsores (membros inferiores), com o aumento da inclinação, também é observado em músculos posturais (que

durante a caminhada apenas promovem contração isométrica). No estudo de Tartaruga (2008), ao analisar a atividade EMG de músculos propulsores (glúteo máximo, glúteo médio, deltóide anterior, reto femural, vasto lateral, bíceps femural, tibial anterior e gastrocnêmio lateral) quanto de músculos posturais (erector da coluna, iliocostais, trapézio ascendentes, trapézio descendente, grande dorsal, obliquo interno e externo do abdômen e reto abdominal) em um homem adulto e sem história de lesões no sistema músculo-esquelético, durante caminhadas com duração de 2 minutos na esteira rolante em diferentes velocidades (2, 3, 4, 5, 6, 7 Km/h) e inclinações (0%, +5%, +10%, +15%), ele observou que tanto os músculos propulsores quanto os músculos posturais apresentaram aumento da atividade EMG conforme se aumentava a inclinação, ou seja, mesmo que o músculo não esteja diretamente relacionado com aquela atividade (no caso dos músculos posturais) as mudanças geradas no padrão da caminhada e na postura em função da inclinação, promovem também um aumento de sua atividade muscular.

Lange e colaboradores (1996) analisaram a atividade muscular (vasto medial, vasto lateral, bíceps femural, semi-membranoso e semi-tendinoso) e o ângulo articular (quadril, joelho e tornozelo) durante caminhadas em diferentes inclinações (0%, +12%, +24%), realizadas por homens saudáveis (idade média de 28,5 anos $\pm$ 3,7) e em velocidades estabelecidas pelos próprios voluntários. Em seus resultados eles observaram um aumento significativo da média e pico da atividade EMG do vasto medial, vasto lateral e bíceps femural conforme ocorria o aumento da inclinação (0% para +24%), mas não houve diferença significativa no aumento da atividade EMG do semi-membranoso e do semi-tendinoso. Em relação aos ângulos articulares dos membros inferiores, foi observado um aumento na amplitude de movimento articular do tornozelo e quadril e diminuição da flexibilidade articular do joelho com o aumento da inclinação (0% para +24%). Neste estudo não foi identificado um aumento da atividade EMG dos músculos semi-membranosos e semi-

tendinoso, o qual foi observado por Leroux, Fung e Barbeau (1999), mostrando que a ativação muscular pode vir a variar de um estudo para o outro. Apesar disso, estes estudos levam a uma mesma conclusão: o aumento da inclinação (positiva) na caminhada ou corrida induz a um aumento da atividade EMG.

Essas mudanças na ativação muscular encontradas na caminhada com inclinações positivas em relação ao plano, também são observadas quando a caminhada é realizada em inclinações negativas. No estudo de Tokuhito, Nagashima e Takechi (1985), eles avaliaram a atividade EMG de alguns músculos do membro inferior (tibial anterior - TA, gastrocnêmio - GC, reto femoral - RF, semi-tendinoso - ST e glúteo máximo - GM) durante caminhada em diferentes inclinações (+12%, +9%, +6%, +3%, 0%, -3%, -6%, -9%, -12%) realizadas por 10 homens saudáveis (faixa etária de 26 a 33 anos). Em seus resultados, ao comparar a caminhada no plano (0%) com as inclinações positivas (+3%, +6%, +9%, +12%) foi observado que a atividade EMG dos músculos TA, ST e GM apresentou uma maior ativação nas inclinações positivas em relação ao plano, já o músculo RF apresentou uma maior ativação no plano em relação às inclinações positivas e o músculo GC mostrou-se com ativação semelhante no plano e nas condições de inclinação positiva. Ao comparar as inclinações negativas (-3%, -6%, -9%, -12%) com o plano (0%) foi observado uma maior ativação EMG dos músculos GC e RF nas inclinações negativas em relação ao plano e a atividade EMG dos músculos TA e GM semelhante entre o plano e o negativo.

Já no estudo de Lay et al. (2007) ao avaliarem a atividade EMG de 8 músculos do membro inferior (GM, reto femoral - RF, vasto medial - VM, bíceps femoral - BF, semi-membranoso - SM, gastrocnêmio medial - MG, sóleo - Sol e TA) durante caminhada em diferentes inclinações positivas e negativas (+39%, +15%, 0%, -15%, -39%) em 5 homens e 4 mulheres (idade média de 24 anos $\pm$ 3 anos), eles observaram que a magnitude da ativação muscular da caminhada realizada nas inclinações positivas (+15% e +39%) em relação a

caminhada no plano (0%) aumentou significativamente para 7 músculos (GM, RF, VM, BF, SM, MG e Sol) com aumento da geração de força principalmente para as articulações do quadril e tornozelo. Já para caminhada realizada nas inclinações negativas (-15% e -39%) em relação a caminhada no plano (0%), a magnitude da ativação muscular apenas aumentou de forma significativa para 3 músculos (RF, VM e TA) e diminuiu para o 1 músculo (GM) com aumento da absorção de energia. Para os autores isto ocorre em função das mudanças na estratégia de controle neural quando a caminhada é realizada em diferentes inclinações.

A atividade EMG dos músculos dos membros inferiores nas diferentes condições de inclinação apresenta variações de acordo com o estudo, isto pode ser devido à alteração nos graus de inclinação e nas velocidades que cada estudo trabalhou.

Em outro estudo de Leroux, Fung e Barbeau (2002) ao verificarem adaptações posturais em diferentes inclinações na esteira (+10%, +5%, 0%, -5%, -10%) durante a caminhada em indivíduos saudáveis (homens e mulheres) com idade média e desvio padrão de $34 \pm 9,4$ anos, eles notaram que quando os voluntários passavam do plano (0%) para uma inclinação de +10% isso induzia a uma postura de flexão de quadril, joelho e tornozelo, com inclinação do tronco e da pelve, e um aumento no comprimento da passada. E quando os voluntários passavam do plano (0%) para uma inclinação de -10% isso levava a uma progressiva diminuição da flexão do quadril, bem como um aumento da flexão do joelho, e uma diminuição no comprimento da passada. Essas mudanças na postura, quando se altera a inclinação da esteira, podem ser usadas para facilitar a geração de força nas condições de inclinação positiva e a absorção de energia nas condições de inclinação negativa.

Wall, Nottrodt e Charteris (1981) ao analisarem o padrão da caminhada em homens e mulheres saudáveis durante caminhadas na velocidade em que o voluntário considerava confortável para as diferentes inclinações (+20%, +10%, 0%, -10%, -20%). Em seus resultados eles observaram que os dois grupos apresentaram respostas similares no

padrão da caminhada. O comprimento do passo e a frequência da passada nas condições de inclinação negativa (0%, -10%, -20%) diminuíram conforme se aumentou a inclinação negativa e nas inclinações positivas (0%, +10%, +20%) não foi observado mudanças. Em relação à rotação pélvica não se observou mudanças nas diferentes inclinações (+20%, +10%, 0%, -10%, -20%). Também foi observado um aumento da flexão do quadril e da flexão do joelho para as caminhadas com inclinação positiva e diminuição da flexão do quadril e aumento da flexão do joelho para as inclinações negativas.

Kuster e Sakurai (1995) compararam a cinemática e a cinética da caminhada nas articulações do quadril, joelho e tornozelo no plano e na inclinação negativa (-19%), em homens e mulheres. Foi visto que ajustes no modo de andar são feitos quando se realiza uma caminhada com inclinação negativa, onde essas alterações iniciam na articulação do quadril, joelho e em seguida para toda a postura. Eles observaram uma menor flexão do quadril, um aumento da flexão do joelho e uma menor flexão plantar do pé durante a caminhada na inclinação negativa. Essas mudanças são semelhantes à encontrada na corrida quando realizada no plano.

1.2 Parâmetros de Aptidão Aeróbia

1.2.1 Consumo de Oxigênio Durante o Exercício

A intensidade do esforço físico aeróbio pode ser quantificada através do consumo de oxigênio (VO_2), que é uma medida objetiva da capacidade do organismo em captar, transportar e utilizar o oxigênio (O_2) para a produção de energia, sendo expresso de maneira absoluta em litros por minuto ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) ou relativo à massa corporal por minuto ($\text{mL}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) (MITCHELL; SPROULE; CHAPMAN; 1957).

Em repouso, o VO_2 mostra-se similar em indivíduos sedentários e treinados, mas, durante o esforço físico máximo os valores encontrados nos indivíduos treinados são maiores que nos sedentários (MACHADO; GUGLIELMO; DENADAI, 2002).

Na transição do repouso ao exercício contínuo leve ou moderado, o VO_2 aumenta exponencialmente durante os primeiros 2 a 3 minutos do exercício para alcançar um platô entre o terceiro e o quarto minutos. A seguir, permanece praticamente estável durante toda a duração do exercício, mas se a intensidade do exercício aumentar de maneira linear, o consumo de oxigênio também irá aumentar de forma linear (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

1.2.1.1 Consumo Máximo de Oxigênio

O consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{max}}$) é visto como o principal parâmetro na avaliação da função cardiorrespiratória máxima e do nível de aptidão aeróbia, tanto para atletas quanto para sedentários, por estar relacionado com capacidades metabólicas, musculares e cardiovasculares. (SHEPHARD et al., 1968).

O $\text{VO}_{2\text{max}}$ pode ser definido como o maior volume de oxigênio por unidade de tempo que o indivíduo consegue captar, transportar e metabolizar para a biossíntese oxidativa de adenosina trifosfato (ATP) durante um esforço físico, sendo alcançado quando se atingem níveis máximos de débito cardíaco e de extração periférica de oxigênio, apresentando uma estabilização mesmo com o incremento da carga de exercício (MITCHELL; SPROULE; CHAPMAN; 1957). É uma medida da quantidade máxima de energia que pode ser produzida pelo metabolismo aeróbio em uma determinada unidade de tempo (TAYLOR; BUSKIRK; HENSCHER, 1955).

Diversos são os métodos de determinação do VO_2max , a ergoespirometria é um procedimento não invasivo que analisa o VO_2 e a produção de dióxido de carbono (VCO_2), entre outras variáveis respiratórias. Ela é utilizada para avaliar o desempenho físico, a capacidade funcional de um indivíduo, determinantes de transição metabólica, avaliação clínica e terapêutica de diversas patologias, prescrição de intensidade do exercício, índices de eficiência respiratória e cardiovasculares e gasto energético (WASSERMAN, 1987).

1.2.1.2 Consumo de Oxigênio Durante Caminhadas em Diferentes Inclinações

O consumo de oxigênio durante uma atividade física pode variar de acordo com o tipo da atividade, a intensidade e sua duração. Ao analisar um único tipo de exercício, como por exemplo, uma caminhada (ou corrida), pode-se notar mudanças no consumo de oxigênio de acordo com a forma que esta caminhada é realizada. A caminhada ou a corrida quando realizada em diferentes inclinações pode promover um aumento ou diminuição deste consumo de oxigênio (NAVALTA; SEDLOCK; PARK, 2004).

Alguns estudos verificando o consumo de oxigênio em caminhada (ou corrida) em diferentes inclinações mostraram que a caminhada (ou corrida) em inclinações negativas promove menor VO_2 . Isto ocorre porque neste tipo de exercício há uma força gravitacional crescente que auxilia no trabalho muscular reduzindo o trabalho fisiológico requerido pelo corpo (NAVALTA; SEDLOCK; PARK, 2004), portanto, pode-se aumentar a velocidade da caminhada sem promover um excessivo estresse para o corpo, levando em conta que esse auxílio ocorre até um determinado grau de inclinação. Alguns estudos (WANTA; NAGLE; WEBB, 1993; MINETTI et al., 2002; NAVALTA; SEDLOCK; PARK, 2004) mostraram que uma inclinação negativa muito acentuada (acima de -18%) promovem um aumento do VO_2 em relação a caminhada realizada no plano, isso ocorre porque o corpo necessita gerar um

trabalho de freio, aumentando o trabalho físico para o corpo (NAVALTA; SEDLOCK; PARK, 2004).

No estudo de Gregor e Costill (1973) foram avaliadas as respostas fisiológicas de homens jovens (21 ± 2), corredores de elite, durante corridas (velocidade fixa de 12 Km/h) em três diferentes inclinações (+6%, 0%, -6%) com duração de 7 minutos em cada condição. Seus resultados mostraram que a necessidade energética aumenta 40% para a condição de inclinação positiva (+6%) e diminui 27% para a condição de inclinação negativa (-6%) quando comparados com a corrida no plano (0%). Em função disso eles observaram que o consumo de oxigênio foi maior para a condição de inclinação positiva (+6%).

No estudo de Navalta, Sedlock e Park (2004) foram avaliadas as respostas cardiovasculares e metabólicas em indivíduos idosos (64 ± 3 anos) e jovens (23 ± 3 anos) saudáveis quando submetidos a um teste de seis estágios na esteira rolante. Cada estágio teve duração de 6 minutos com intervalo de 2 min entre eles, velocidade fixa de 4,8 Km/h e variação da inclinação (+5%, 0%, -5%, -10%, -15% e -20%). Em todas as inclinações estudadas o consumo de oxigênio dos idosos foi similar aos encontrados na população jovem, demonstrando que não há diferença em relação à faixa etária. Também foi observado que o exercício com inclinação negativa promoveu menor consumo de oxigênio, mostrando ser um exercício favorável principalmente em populações idosas e iniciantes, uma vez que pode se atingir velocidades mais altas quando o exercício é realizado em inclinações negativas, apresentando uma melhor eficiência mecânica. O maior valor de consumo de oxigênio foi observado no exercício com inclinação positiva (+5%) e, conforme a inclinação se tornava negativa o consumo de oxigênio foi diminuindo gradativamente (0%, -5%, -10%, -15%). O consumo de oxigênio apenas voltou a aumentar na inclinação negativa de -20%, mas este aumento foi menor que o exercício realizado no plano (0%) e que o exercício realizado na inclinação positiva (+5%).

Wanta, Nagle e Webb (1993) verificaram o VO_2 em diferentes inclinações (0%, -3%, -6%, -9%, -12%, -15%, -18%) de homens saudáveis em duas velocidades na esteira (5,4 Km/h e 6,3 Km/h). Em seus resultados foi observado que na inclinação de -6% e de -15% obteve-se o menor VO_2 para a velocidade de 5,4 Km/h e que na inclinação de -9% e -15% obteve-se o menor VO_2 para a velocidade de 6,3 Km/h. Isto demonstra uma maior eficiência mecânica, pois com o aumento da inclinação negativa tem-se uma diminuição do consumo de oxigênio. Mas isto ocorre até um determinado grau de inclinação, em inclinação negativa muito acentuada (-18%) o consumo de oxigênio volta a aumentar porque o corpo necessita gerar um trabalho de freio contra uma tendência do corpo em acelerar, unido a uma falta de coordenação e insegurança do movimento, isto faz com que aumente o trabalho físico para o corpo. Mas vale ressaltar que esse aumento do consumo de oxigênio em inclinações negativas muito acentuadas (-18%) ainda se manteve menor que o consumo de oxigênio encontrado nos exercícios realizados no plano (0%) ou em inclinação negativa pouco acentuada (-3%).

De acordo com Robergs, Wagner e Skemp (1997), avaliaram e compararam o consumo de oxigênio em homens e mulheres ao realizarem corridas submáximas em diferentes inclinações (0%, -1,8%, -3,6%, -5,4%) para três diferentes condições de velocidades da esteira ($9,4 \pm 0,79$ Km/h, $10,3 \pm 0,74$ Km/h e $11,3 \pm 0,73$ Km/h – valores expresso em média $\pm$ desvio padrão). Por se tratar de indivíduos com condicionamento físico variados, as três velocidades eram de acordo com o condicionamento individual de cada voluntário. O teste para a identificação das velocidades foi através de um exercício crescente no plano (0%) com velocidade inicial de 8 Km/h, com o aumento de 1,6 Km/h a cada minuto até a velocidade 14,4 Km/h. Após atingida esta velocidade começou a se ter aumento da inclinação (+1%) a cada minuto até a exaustão. Em seus resultados eles observaram que o consumo de oxigênio aumentava conforme a velocidade era aumentada, e que diminuía conforme se aumentava a inclinação negativa da esteira (até -5,4%). Uma possível falha do

presente trabalho é que as velocidades aplicadas nos protocolos não foram identificadas nas inclinações (0%, -1,8%, -3,6%, -5,4%) que se pretendia trabalhar.

Pivarnik e Sherman (1990) compararam as respostas do VO_2 e da percepção subjetiva de esforço (BORG) entre homens e mulheres jovens treinados durante caminhada (velocidade fixa de 4,8 Km/h) e corrida (velocidade fixa de 9,6 Km/h) em diferentes inclinações (-10%, -5%, 0%, +5%, +10 %), apesar da composição corporal e do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ser diferente das mulheres em relação aos homens, as repostas encontradas foram similares. Em relação às inclinações (-10% e -5%), foi observado que o VO_2 apresentou diferença significativa apenas na intensidade de corrida, apesar disso o BORG não apresentou diferença significativa na caminhada e nem na corrida. Já, na inclinação negativa o VO_2 é menor que na inclinação positiva uma vez que este tipo de exercício pode indicar um aumento na economia do movimento e, apesar de aumentar a inclinação negativa (de -5% para -10%), a demanda metabólica continuou a mesma. Em relação às inclinações positivas, tanto a velocidade de caminhada quanto a de corrida, com o aumento da inclinação (de +5% para +10%) houve um aumento significativo no VO_2 e no BORG. O autor relata que apesar dos voluntários não sentirem dificuldades nas inclinações negativas em relação às inclinações positivas, eles se sentiram menos tranquilos ao realizar as inclinações negativas e muito mais atentas ao exercício.

Mas deve ser ressaltado que estes estudos analisaram as respostas fisiológicas, mantendo-se uma mesma velocidade para as diferentes inclinações, não levando em consideração a diferente condição fisiológica que aqueles indivíduos estavam sendo submetidos quando se altera as inclinações.

1.2.2 Acúmulo de Lactato Durante o Exercício

O ácido láctico é um ácido forte e os músculos esqueléticos em exercício intenso são os maiores responsáveis pela sua produção. O lactato não se acumula para todos os níveis de exercício. Durante o exercício leve, a solicitação de energia é baixa e com isso, o aporte de oxigênio é adequado para atender a demanda metabólica, enquanto o oxigênio consumido for suficiente para atender essa demanda de energia o metabolismo é predominantemente aeróbio (WASSERMAN et al., 1973).

Durante o exercício de alta intensidade, a demanda metabólica aumenta e o aporte de oxigênio torna-se inadequado, não conseguindo suprir à demanda energética e como consequência a concentração de ácido láctico pode aumentar (WASSERMAN et al., 1973).

O acúmulo de ácido láctico é considerado um dos principais causadores da fadiga, mas essa visão negativa do lactato tem levado a estudos que demonstram ser o acúmulo do lactato responsável pelo aumento da força de contração muscular (NIELSEN; PAOLI; OVERGAARD, 2001) além de preservar a excitabilidade muscular quando esta é inibida pelo acúmulo de K^+ extracelular, portanto, mostrando que a acidose intracelular do músculo teria um efeito protetor no músculo fadigado (PEDERSEN et al., 2004).

O ácido láctico formado pode se difundir rapidamente das células para os líquidos extracelulares e também para os líquidos intracelulares de outras células de menor atividade, podendo assim, produzir energia aerobiamente ou repor os estoques de glicogênio (WASSERMAN et al., 1973). Dentro da fibra muscular, o lactato pode ser reconvertido a piruvato para ser oxidado na mitocôndria. Isso permite que a glicólise prossiga além do que seria possível, podendo continuar a fornecer quantidades extras de ATP para o corpo (GUYTON; HALL, 2006).

1.2.2.1 Conceito de Limiar Anaeróbio

O termo limiar anaeróbio (LA) é definido como a transição do metabolismo aeróbio para o metabolismo anaeróbio, onde a produção de energia pelo metabolismo aeróbio é suplementada pelo metabolismo anaeróbio, com formação do ácido láctico. Portanto, com o aumento da intensidade do esforço físico, a concentração sanguínea de lactato aumenta de forma progressiva e desproporcional, em resposta a esta alteração, há um aumento não linear na ventilação e na produção de dióxido de carbono (WASSERMAN, 1987).

O limiar anaeróbio está relacionado, com a mais alta intensidade de esforço físico, onde o consumo de oxigênio é suficiente para suprir a demanda metabólica. (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003). Ele é um índice que reflete a aptidão física, sendo empregado na prática clínica bem como na avaliação e no treinamento de atletas (MADER; HECK, 1986), ou mesmo para estabelecer intensidades do exercício no treinamento de indivíduos com diferentes níveis de aptidão (OZCELIK; KELESTIMUR, 2004).

Alguns métodos são propostos para a determinação do LA, podendo ser invasivo, com análise de amostras sanguínea, ou não invasiva, utilizando marcadores ventilatórios (MADER; HECK, 1986).

A maioria dos métodos que possibilitam identificação do LA é a partir da resposta do lactato sanguíneo em relação ao exercício físico, onde o LA recebe a denominação de limiar de lactato (LL), (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003). O termo LL, representa um nível de exercício no qual a hipoxia tecidual desencadeia um desequilíbrio entre a formação do ácido láctico e sua eliminação, com um aumento subsequente na concentração de lactato (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

Apesar disso, outros métodos têm se destacado na identificação do LA, um dos mais utilizados na literatura é através do comportamento da curva de variáveis ventilatórias,

tais como, ventilação (V_e), VCO_2 e Equivalente de VO_2 (Eq VO_2) que, durante um exercício crescente, elas apresentam uma grande correlação com o limiar identificado pelas concentrações de lactato, além de ser um método não invasivo. A identificação do LA, através do comportamento da curva de variáveis ventilatórias recebe a denominação de limiar ventilatório (LV). Ele descreve o ponto no qual a ventilação pulmonar aumenta desproporcionalmente em relação ao VO_2 durante um exercício gradativo (WASSERMAN et al., 1973), ou seja, em um exercício crescente a primeira perda de linearidade da curva da ventilação é considerado como o momento que ocorre a transição do metabolismo aeróbio em anaeróbio (SKINNER; McLELLAN, 1980). Com o aumento da intensidade do esforço físico, começa a ocorrer um acúmulo do lactato, que promove um aumento da VCO_2 em virtude do tamponamento do lactato (BEAVER; WASSERMAN, WHIPP, 1986). O excesso de dióxido de carbono (CO_2) liberado estimula os centros respiratórios e, como consequência há um aumento excessivo na V_e em relação ao oxigênio consumido. O aumento desproporcional da V_e em relação ao VO_2 ocorre aproximadamente, ao mesmo tempo em que o lactato sanguíneo começa a acumular-se. (WASSERMAN et al., 1973).

Também é possível identificar o LV por outras variáveis, tais como: a análise da VCO_2 que apresenta uma curva similar a da V_e onde o LV é identificado quando a curva da VCO_2 apresenta um aumento desproporcional em relação ao VO_2 durante um exercício de carga crescente (BEAVER; WASSERMAN, WHIPP, 1986) e pela curva do Equivalente de VO_2 , onde se identifica o LV quando esta curva apresenta um aumento sem concomitante aumento do Equivalente de VCO_2 (WASSERMAN et al., 1973).

Uma das formas mais utilizadas para a identificação do LV pelos parâmetros respiratórios é a inspeção visual dessas variáveis em função da intensidade do esforço ou tempo, mas a subjetividade e a interpretação do avaliador são fatores que podem limitar esse método. (BEAVER; WASSERMAN, WHIPP, 1986).

Vale ressaltar que através da análise dos gases expirados, é possível de forma direta avaliar a demanda metabólica no repouso e durante a atividade física. Além das variáveis que possibilitam a identificação do LV, outras variáveis são fornecidas por este método, tais como, VO_2 , equivalente de VCO_2 (Eq VCO_2), quociente de troca respiratória (QR) e pulso de O_2 (MONTEIRO; ARAÚJO, 2001).

1.3 Respostas Ventilatórias Durante o Exercício

A ventilação é o volume de ar que é mobilizado pelos pulmões a cada minuto, sendo expresso em litros por minuto (BERNE et al., 2004). No repouso a Ve varia em torno de 5 a 10 litros por minuto, e quando se inicia uma atividade física esse valor aumenta, para manter as concentrações dos gases de forma apropriada para a hematose (SILVERTHORN, 2003).

Durante o exercício de baixa intensidade, a Ve aumenta linearmente com o VO_2 e com a VCO_2 , alcançando entre 20 e 25 litros de ar para cada litro de oxigênio consumido (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). Quando o exercício atinge níveis mais elevados de intensidade, a Ve tem um aumento exponencial não acompanhando mais o aumento linear do VO_2 , isso ocorre, pois com o aumento da intensidade do esforço físico, começa a ocorrer um acúmulo do lactato, que promove um aumento da VCO_2 em virtude do tamponamento do lactato (BEAVER; WASSERMAN, WHIPP, 1986). O excesso de CO_2 liberado estimula os centros respiratórios e, como consequência há um aumento excessivo na Ve em relação ao oxigênio consumido.

1.3.1 Ventilação Durante Caminhada ou Corrida em Diferentes Inclinações

A ventilação durante uma atividade física também pode variar de acordo com o tipo da atividade, a intensidade e sua duração. Ao analisar as respostas ventilatórias de uma caminhada ou corrida, notam-se mudanças na ventilação de acordo com a forma que esta caminhada ou corrida é realizada. A caminhada ou corrida quando realizada em diferentes inclinações pode promover um aumento ou diminuição desta ventilação (NAVALTA; SEDLOCK; PARK, 2004).

No estudo de Gregor e Costill (1973) analisaram as respostas fisiológicas de homens jovens (21 ± 2 anos), que realizaram corridas com velocidade fixa de 12 Km/h, em três diferentes inclinações (+6%, 0%, -6%), cada corrida teve duração de 7 minutos. Seus resultados mostraram que a ventilação apresentou valores mais altos para a condição de inclinação positiva (+6%) e foi diminuindo para a condição de inclinação negativa (-6%) quando comparadas com a corrida no plano (0%).

No estudo de Navalta, Sedlock e Park (2004) foram avaliadas as respostas cardiovasculares e metabólicas em indivíduos idosos (64 ± 3 anos) e jovens (23 ± 3 anos) saudáveis quando submetidos a um teste de seis estágios na esteira rolante. Cada estágio teve duração de 6 minutos com intervalo de 2 min entre eles, velocidade fixa de 4,8 Km/h e variação da inclinação (+5%, 0%, -5%, -10%, -15% e -20%). Em seus resultados observaram respostas similares as encontradas em relação ao VO_2 , onde em todas as inclinações estudadas nos idosos são similares as encontradas na população jovem e que o exercício com inclinação negativa promoveu menor estresse nas respostas ventilatórias. A ventilação se manteve elevada no exercício com inclinação positiva (+5%), apresentando queda nas demais inclinações (0%, -5%, -10%, -15%), a ventilação apenas voltou a aumentar com a inclinação de -20%, mas este aumento foi menor que a inclinação positiva (+5%).

1.4 Respostas Cardiovasculares Durante o Exercício

O comportamento da frequência cardíaca (FC) tem sido estudado em diferentes tipos e condições associadas ao exercício físico, por ser uma variável simples de ser obtida e por fornecer índice indireto da capacidade e função cardiovascular. (ROSE; HODGSON, 1994).

A FC é modulada pela atividade direta do sistema nervoso autônomo, através dos ramos simpáticos e parassimpáticos sobre o nódulo sinusal, com predominância no repouso do ramo parassimpático, que progressivamente é inibido com o exercício, ocorrendo o predomínio do ramo simpático. (EKBLÖM; HERMANSEN, 1968).

1.4.1 Frequência Cardíaca Durante Caminhadas em Diferentes Inclinações

A caminhada ou a corrida quando realizada em diferentes inclinações requer mudanças específicas nos movimentos e na ativação muscular. Quando a caminhada é realizada em inclinações positivas induz a um aumento progressivo da duração e amplitude da atividade EMG, principalmente dos músculos dos membros inferiores e um ajuste da postura para manutenção do equilíbrio. Isso promove um aumento na demanda sanguínea para suprir a musculatura ativa, elevando a frequência cardíaca. (LEROUX; FUNG; BARBEAU, 1999).

Wanta, Nagle e Webb (1993) verificaram a FC em diferentes inclinações (0%, -3%, -6%, -9%, -12%, -15%, -18%) de homens saudáveis em duas diferentes velocidades (5,4 Km/h e 6,3 Km/h). Em seus resultados foram observado que os menores valores de FC foram em -9% para velocidade de 5,4 Km/h, apesar de não se ter uma diferença significativa entre as inclinações, e -6% para a velocidade de 6,3 Km/h que apresentou uma diferença significativa quando comparada com 0% e -18%. Os valores da FC se mostraram mais altos quando o

exercício foi realizado no plano (0%) e quando foi realizado em inclinações negativas muito acentuadas (-18%), esse aumento da FC nas inclinações negativas muito acentuadas se deve ao trabalho de freio que o indivíduo tem que realizar, promovendo novamente um aumento da atividade muscular.

Lange e colaboradores (1996), também avaliaram a resposta da frequência cardíaca durante caminhadas em diferentes inclinações (0%, +12%, +24%) em homens saudáveis (idade média de 28,5 anos $\pm$ 3,7). Neste estudo a velocidade era selecionada pelos próprios voluntários, ou seja, eles caminhavam nas diferentes inclinações e velocidades que se sentiam mais confortáveis, devido a isso, com o aumento da inclinação esta velocidade era diminuída. Apesar da queda da velocidade com o aumento da inclinação em seus resultados eles observaram um aumento progressivo da FC. Isso mostra, que apesar da diminuição da velocidade para tentar se adequar a diferente condição fisiológica imposta (inclinação positiva), a FC aumentava devido ao aumento da atividade muscular, que independente da velocidade ser menor nas inclinações positivas, a atividade EMG é maior nas inclinações do que na caminhada realizada no plano (0%).

No estudo de Navalta, Sedlock e Park (2004) foram avaliadas as respostas cardiovasculares e metabólicas em indivíduos idosos (64 $\pm$ 3 anos) e jovens (23 $\pm$ 3 anos) saudáveis quando submetidos a um teste de seis estágios na esteira rolante. Cada estágio teve duração de 6 minutos com intervalo de 2 min entre eles, velocidade fixa de 4,8 Km/h e variação da inclinação (+5%, 0%, -5%, -10%, -15% e -20%). Em seus resultados foi observado que nas inclinações negativas (-5%, -10%, -15%, -20%) e no plano (0%) não houve diferença significativa nos valores da FC entre as duas populações (jovens e idosos), apenas as respostas cardiovasculares se apresentaram maior na população idosa quando o exercício foi realizado na inclinação positiva (+5%), mas isso pode estar relacionado a uma possível falha da pesquisa, uma vez que a velocidade utilizada para ambos os grupos (idosos e jovens) foi à

mesma. Também foi observado que o exercício com inclinação negativa promoveu menor estresse nas respostas cardiovasculares, mostrando ser um exercício favorável principalmente em populações idosas e iniciantes.

De acordo com Robergs, Wagner e Skemp (1997) ao avaliarem as respostas da FC em homens e mulheres (não treinados) em corrida submáxima em diferentes inclinações menos acentuadas que os propostos na maioria dos estudos (0%, -1,8%, -3,6%, -5,4%) para três diferentes condições de velocidades da esteira ($9,4 \pm 0,79$ Km/h, $10,3 \pm 0,74$ Km/h e $11,3 \pm 0,73$ Km/h – valores expresso em média e desvio padrão). Em seus resultados eles observaram que a FC aumentava conforme a velocidade era aumentada, e que diminuía conforme se aumentava a inclinação negativa da esteira (até -5,4%). Isto mostra que a velocidade do exercício realizado em inclinação negativa pode ser mais elevada, sem gerar maior estresse.

Pivarnik e Sherman (1990) também analisaram as respostas da FC entre homens e mulheres jovens (treinados) durante caminhada (velocidade fixa de 4,8 Km/h) e corrida (velocidade fixa de 9,6 Km/h) em diferentes condições de inclinação (-10%, -5%, 0%, +5%, +10 %). Em relação à velocidade de caminhada (4,8 Km/h) eles encontraram similaridades entre as duas populações (homens e mulheres) para todas as condições de inclinação (-10%, -5%, 0%, +5%, +10 %), mas quando as inclinações foram realizadas na velocidade de corrida (9,6 Km/h) foram observadas diferenças significantes entre as duas populações (homens e mulheres) para todas as condições (-10%, -5%, 0%, +5%, +10 %), foram observados valores mais altos de FC na população feminina. Uma possível explicação é que a velocidade foi a mesma para as duas populações, não levando em consideração a diferença de condicionamento físico visto no $VO_2\text{max}$ dos homens ($61,4 \pm 6,6$ ml.Kg⁻¹.min⁻¹) em relação ao das mulheres ($53,4 \pm 5,5$ ml.Kg⁻¹.min⁻¹). Em relação às diferentes condições de inclinação, os valores da FC se apresentaram maiores nas inclinações positivas, tendo um

menor aumento da FC conforme a inclinação era diminuída e modificada para condições de inclinação negativa.

1.5 Consumo Energético Humano

É de fundamental importância a compreensão dos fatores que influenciam o balanço energético para o entendimento da regulação da massa corporal. O balanço energético é determinado de um lado pelo consumo e de outro pelo dispêndio de energia. Quando em desequilíbrio, tais fatores podem levar a um acúmulo ou redução das reservas de gordura corporal (MEIRELLES; GOMES, 2004). Através da mensuração do consumo de oxigênio total do organismo e de seu equivalente calórico é possível estimar o gasto energético no repouso e durante o exercício (WILMORE; COSTILL, 2004).

A quantidade total de energia gasta por um indivíduo diariamente depende do: a) metabolismo de repouso; b) efeito térmico dos alimentos; c) pela atividade física (HILL et al., 1995; LEVINE, 2005).

A taxa metabólica de repouso reflete a quantidade mínima de energia necessária para manutenção das funções fisiológicas essenciais do corpo (HILL et al., 1995), ela corresponde a aproximadamente 60% do gasto energético total (LEVINE, 2005), e está diretamente relacionada com a massa magra e com o nível de atividade física. Ela pode ser diferente em homens e mulheres e pode mudar com a idade (HILL et al., 1995), seu valor pode variar entre 1200 e 2400 Kcal/dia, dependendo da temperatura corporal, estresse e hormônios como a tiroxina (WILMORE; COSTILL, 2004).

O efeito térmico dos alimentos refere-se ao gasto energético necessário para a digestão, absorção e utilização dos alimentos (HILL et al., 1995; LEVINE, 2005), e corresponde a aproximadamente 10% do gasto energético total (LEVINE, 2005).

A atividade física é o componente mais variável e o maior influenciador neste gasto energético (HILL et al., 1995), sendo em torno de 15% para indivíduos sedentários, podendo chegar a 30% para indivíduos fisicamente ativos (MEIRELLES; GOMES, 2004). Quando o corpo passa do repouso para o exercício, suas necessidades de energia aumentam, com isso há um aumento do metabolismo em proporção direta a taxa de trabalho (WILMORE; COSTILL, 2004).

1.5.1 Estimativa do Gasto Energético

A estimativa do gasto energético pode ser determinada pela quantidade de O_2 utilizada durante o metabolismo (WILMORE; COSTILL, 2004). Ela varia com o tipo de substrato que será utilizado, uma vez que o catabolismo dos carboidratos, lipídeos e proteínas difere no consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono, (MARANGON; WELKER, 2003) em virtude das diferenças químicas inerentes na composição destes nutrientes (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

Métodos diretos e indiretos podem ser utilizados para calcular a taxa e a quantidade de consumo energético de um indivíduo, quando o corpo se encontra em repouso e durante o exercício (WILMORE; COSTILL, 2004).

1.5.1.1 Calorimetria Direta

É uma técnica utilizada para medir a taxa e a quantidade de produção de energia. Ela mensura a produção de calor pelo corpo (LEVINE, 2005), uma vez que em média, apenas 40% da energia liberada durante o metabolismo da glicose e das gorduras são

utilizados para a produção de ATP e 60% restantes são convertidos em calor (WILMORE; COSTILL, 2004).

É um método que apresenta uma grande precisão do consumo energético total do corpo, no entanto apresenta como desvantagens um custo muito elevado, por necessitar de uma câmara de isolamento para a realização, ou seja, um ambiente artificial que não representa as atividades realizadas na vida diária. Ele não acompanha as alterações rápidas da liberação de energia, não podendo com isso, analisar o metabolismo energético durante o exercício. (SIMONSON; FRONZO; 1990).

1.5.1.2 Calorimetria Indireta

É o método mais utilizado para a estimativa do gasto energético em atividades físicas (MEIRELLES; GOMES, 2004). É um método não invasivo que determina as necessidades nutricionais e a taxa de utilização dos substratos energéticos a partir do VO_2 e da VCO_2 obtido por análise do ar inspirado pelos pulmões (SIMONSON; FRONZO; 1990).

Os resultados são parecidos com os da calorimetria direta, e uma de suas vantagens é a existência de equipamentos portáteis e móveis (SIMONSON; FRONZO; 1990).

Ela é realizada através da mensuração da troca respiratória de CO_2 e O_2 , considerando que a quantidade desses gases trocados nos pulmões é normalmente igual à utilizada e liberada pelos tecidos corporais (SIMONSON; FRONZO; 1990).

A relação entre esses dois valores é denominada quociente respiratório (QR) ou razão de troca gasosa, expresso como a relação entre o CO_2 produzido pelo O_2 consumido (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003), esta razão é utilizada para indicar a predominância do carboidrato ou gordura como substrato para o catabolismo energético (MARANGON; WELKER, 2003).

Como a oxidação de carboidrato é elevada quando a intensidade do exercício está alta (ROMIJN et al., 1993), pelo fato de fornecer energia em curto espaço de tempo, a produção de CO_2 nesta situação é relativamente maior. Desta forma, os exercícios com intensidade elevada possuem valores de QR altos, aproximadamente igual a 1,0. Por outro lado, em exercícios de baixa intensidade, o organismo utiliza prioritariamente os lipídeos como fonte energética, sendo que sua oxidação gera relativamente pouco CO_2 e exige um consumo relativamente alto de O_2 . Como consequência, o QR neste tipo de exercício ou no repouso, apresenta valores próximos de 0,7, isto significa que a produção de dióxido de carbono é menor que o consumo de oxigênio (MARANGON; WELKER, 2003).

1.5.2 Gasto Energético Durante Caminhada ou Corrida em Diferentes Inclinações

O gasto energético durante o exercício pode variar consideravelmente entre indivíduos (HILL et al., 1995), e variar em um mesmo indivíduo de acordo com o tipo de exercício, a intensidade, e sua duração. Ao analisar um único tipo de exercício, por exemplo, uma caminhada (ou corrida) pode observar que esta também pode variar de acordo com a forma que é realizada, ou seja, se modificarmos a condição de inclinação desta caminhada (ou corrida) ela pode apresentar variação neste gasto energético (DUMKE et al., 2006).

No estudo de Dumke et al. (2006) foi investigado o gasto energético de uma corrida de longa distância nas montanhas da Carolina do Norte, onde dois de seus protocolos aplicados foram: correr em inclinação positiva (distância de 4,84 Km e duração de 22 min) e correr em inclinação negativa (distância de 9,7 Km e duração de 43,2 min) na mesma velocidade (aproximadamente, 13 Km/h). Eles observaram um gasto de $72,1 \text{ Kcal.Km}^{-1}$ (para a inclinação positiva) e $64,9 \text{ Kcal.Km}^{-1}$ (para a inclinação negativa), apesar de o gasto ser similar para os dois protocolos, vale ressaltar que o tempo de duração da corrida na inclinação

negativa foi o dobro, portanto, o gasto energético foi bem maior no protocolo com inclinação positiva.

Wanta, Nagle e Webb (1993) verificaram o gasto energético em diferentes inclinações (0%, -3%, -6%, -9%, -12%, -15%, -18%) de homens saudáveis em duas diferentes velocidades (5,4 Km/h e 6,3 Km/h). Eles observaram que a inclinação que obteve o menor gasto energético foi em -12%, sendo assim, o mais econômico. Eles também observaram que a atividade no plano (0%) obteve o maior gasto, e conforme aumentava a inclinação negativa (-3%, -6%, -9%, -12%) esse gasto diminuía, isso ocorre porque existem forças que auxiliam este trabalho, mas a partir de uma determinada inclinação negativa (-15% e -18%) esse gasto voltava a aumentar uma vez que o trabalho requerido é maior, pois o indivíduo precisa realizar força de freio, contra uma tendência do corpo em acelerar junto com uma falta de coordenação e insegurança do movimento.

O estudo de Minetti et al. (2002), compararam o gasto energético de homens durante curtos períodos (4 minutos) de caminhada e de corrida na esteira rolante no plano (0%) e com diferentes condições de inclinação positiva (de +5,7 % até +24,2%) e depois com diferentes condições de inclinação negativa (de -5,7% até -24,2%). Eles verificaram que tanto a caminhada quanto a corrida nas inclinações negativas, o gasto energético foram similares para -5,7 à -11,3%. Já em uma inclinação negativa mais acentuada, acima de - 20%, esse gasto aumenta. Em relação ao gasto energético da caminhada e da corrida com o progressivo aumento da inclinação positiva (de +5,7% até +24,2%), o gasto energético tende a aumentar gradativamente com respostas similares entre caminhada e corrida. Vale ressaltar que o gasto energético foi bem maior nas inclinações positivas quando comparadas com as inclinações negativas.

1.5.3 Gasto Energético Após Atividade Física

Após o término de um exercício, os processos corporais não retornam imediatamente aos níveis de repouso. Apesar do músculo não estar mais trabalhando ativamente, o consumo de O_2 permanece temporariamente elevado, para que o organismo retorne ao seu estado de equilíbrio (BORSHEIM; BAHR, 2003).

O elevado VO_2 após o exercício foi explicado pela hipótese da dívida do oxigênio. A base teórica para esta foi formulada por Hill e Lupton em 1923. Eles acreditavam que o elevado consumo de oxigênio após o exercício era necessário para reparar o déficit de oxigênio que ocorreu após o início do exercício, sendo a dívida de oxigênio referente à remoção oxidativa de lactato (GAESSER; BROOKS, 1984). Este conceito foi modificado por Margaria e Edwards em 1933 onde em seus estudos eles observaram que a diminuição do lactato sanguíneo não ocorria imediatamente após o exercício, sugerindo que a dívida de oxigênio consiste de um componente alático inicial mais rápido resultante da reposição de ATP e fosfocreatina (PCr) e um componente láctico caracterizado por um declínio mais lento do consumo de oxigênio após o exercício referente a remoção do lactato (BORSHEIM; BAHR, 2003).

Esse consumo de oxigênio que excede o repouso foi também denominado como consumo excessivo de oxigênio após o exercício (EPOC, excess post-exercise oxygen consumption). Portanto o EPOC é definido como sendo a quantidade de oxigênio consumido durante a recuperação acima dos valores consumidos antes do início do exercício. (BORSHEIM; BAHR, 2003).

Mas esta recuperação varia de acordo com a intensidade e duração do exercício (FREY; BYRNES; MAZZEO, 1993). Um exercício aeróbico leve e de curta duração, cerca de metade do consumo total do oxigênio de recuperação ocorre no transcorrer de 30 segundos,

com a recuperação completa dentro de alguns minutos, podendo ser visto um único elemento, denominada componente rápido do consumo de oxigênio da recuperação. A recuperação após um exercício intenso e de maior duração representa um quadro diferente. Além do componente rápido da fase de recuperação, existe uma segunda fase de recuperação, denominada componente lento. (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

Os maiores valores de EPOC são observados no componente rápido. Durante o componente lento, os valores são menores, pois requer uma menor captação de oxigênio apesar de nesta fase ainda existir processos visando à restauração da homeostase (MATSUURA; MEIRELLES; GOMES, 2006). Há uma grande variação nestes resultados, podendo estes estar relacionados à intensidade, duração, tipo do exercício e estado do treinamento do indivíduo (FREY; BYRNES; MAZZEO, 1993). Dependendo da intensidade e duração do exercício, o EPOC pode levar até 24 horas para alcançar o consumo de oxigênio pré-exercício (MAEHLUM, et al., 1986; BAHR, et al., 1987). Mas esta variação da duração do EPOC pode também estar relacionada a outros fatores, dentre eles o número existente de métodos utilizados para análise do EPOC (JACOBSEN et al., 2005).

1.6 Outras Variáveis Influenciadas pela Variação da Inclinação

Além de respostas fisiológicas e cardiovasculares, estudos têm investigado os possíveis benefícios que um exercício pode trazer nestas diferentes condições de caminhada ou corrida. Nos estudos de Drexel (2004a e 2004b), mostraram que tanto o exercício com inclinação positiva quanto o exercício com inclinação negativa podem ser saudáveis para o coração. Nesta pesquisa ele analisou o metabolismo dos lipídeos e da glicose em um programa de treinamento de 4 meses (3 a 5 vezes por semana, com duração de 1 hora) em 45 voluntários saudáveis, sedentários e não diabéticos que realizavam (de forma randômica)

subidas até os Alpes durante 2 meses (apenas subida , a descida era realizada de carro) e depois por mais 2 meses descidas dos Alpes (apenas descida, a subida era realizada de carro). Os resultados mostraram uma melhora da tolerância à glicose de 8,2% na descida dos Alpes e 4,5% na subida e uma diminuição nos níveis de triglicérides de 11% na subida e 6,8% na descida dos Alpes. De acordo com Drexel os exercícios realizados com inclinação negativa poderiam ser recomendados para indivíduos com riscos de Diabetes, ou indivíduos com Diabetes Tipo II. Mas vale ressaltar que apesar da colocação do pesquisador de que o exercício com inclinação negativa é benéfico para indivíduos diabéticos, sua pesquisa foi realizada com uma população saudáveis e não diabéticos.

Mas há limitações de estudos para analisar os possíveis benefícios de se caminhar em diferentes inclinações, principalmente nas inclinações negativas. Os estudos que analisam a inclinação negativa focam a indução da lesão muscular resultante do componente excêntrico deste tipo de exercício (SORICHTER et al., 1998; PEAKE et al., 2005; AHMADI; SINCLAIR; DAVIS, 2008), pois durante a contração excêntrica, um número reduzido de unidades motoras é recrutado e isto gera uma maior tensão nas fibras musculares desencadeando uma série de eventos a nível celular, entre elas, alterações morfológicas relacionadas com as estruturas dos miofilamentos, dos sarcômeros, das linhas z, portanto, a contração excêntrica é o padrão de ação muscular que provoca maior dano à estrutura muscular esquelética que qualquer outro tipo e contração (ESTON; MICKLEBOROUGH; BALTZOPOULOS, 1995).

2. JUSTIFICATIVA

A grande maioria dos treinos realizados em esteira rolante são com inclinação positiva ou no plano (0%), poucos trabalhos até hoje publicados verificaram o uso de inclinação negativa como forma de obter melhores resultados para aqueles indivíduos que apresentam dificuldade de realizar a atividade física em aclives acentuados, ou mesmo obter maior resultado do que exercícios realizados no plano (sem inclinação).

Os benefícios e controle metabólico de exercícios realizados com inclinação negativa têm sido muito pouco estudados, geralmente os estudos utilizam este tipo de protocolo em intensidades altas para avaliar lesões musculares, mesmo sabendo, que em muitas provas de corrida de rua, os voluntários freqüentemente necessitem correr em lugares com declives.

As pesquisas encontradas na literatura que compararam as respostas fisiológicas e cardiovasculares dos exercícios realizados em diferentes condições (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa), apresentam uma grande lacuna, pois eles mantêm uma mesma velocidade para as diferentes condições, não levando em consideração a diferente condição fisiológica que o indivíduo esta sendo submetido.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O propósito do estudo foi avaliar e comparar a Frequência Cardíaca, a Percepção Subjetiva de Esforço, a Lactacidemia, a Ventilação, o Consumo de Oxigênio e o Gasto Energético durante exercícios contínuos com intensidade correspondente ao Limiar Anaeróbio executados na esteira rolante nas condições de inclinação positiva (+10%), plano (0%) e inclinação negativa (-10 %).

3.2 Objetivos Específicos

- Quantificar e comparar a intensidade correspondente ao Limiar Anaeróbio em testes crescentes para as diferentes condições de inclinações na esteira (+10%, 0%, -10%);
- Verificar se a lactacidemia se mantém estável ao longo de um exercício contínuo com duração de 45 minutos para os diferentes protocolos de exercício na esteira (+10%, 0%, -10%);
- Avaliar e comparar se a Percepção Subjetiva de Esforço, a Frequência Cardíaca, a Ventilação, o Consumo de Oxigênio, e o Gasto Calórico se mantêm estáveis ao longo de exercícios contínuos com duração de 45 minutos nas velocidades correspondentes ao Limiar Anaeróbio, para as diferentes condições de exercício na esteira (+10%, 0%, -10%);
- Quantificar e Comparar (através do Quociente de Troca Respiratória) a oxidação de substratos durante os exercícios contínuos;
- Analisar e comparar se a duração e a magnitude do consumo de oxigênio após o exercício (EPOC) são influenciadas pelas diferentes condições de inclinação da esteira

(+10%, 0%, -10%), quando realizadas em uma mesma intensidade relativa de esforço (correspondente ao Limiar Anaeróbio) e mesma duração (45 minutos de exercício).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Voluntárias

Participaram desse estudo nove voluntárias do sexo feminino selecionadas na Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, saudáveis e fisicamente ativas, em diferentes modalidades esportivas (realizava pelo menos uma caminhada de 1 hora três vezes por semana), não fumantes e sem qualquer impedimento de ordem endócrino-metabólica, cardíorrespiratória ou músculo-articular, para a realização de exercícios físicos máximo.

As características antropométricas e de composição corporal das voluntárias estão apresentadas na tabela 4.1, sendo os dados expressos em média e desvio padrão (DP) para cada variável.

Tabela 4.1: Características da amostra estudada (n=9).

	Idade (anos)	Estatura (cm)	Peso (Kg)	IMC (Kg/cm ²)
Vol. 1	30,6	162,0	54,8	20,9
Vol. 2	25,7	172,0	70,0	23,7
Vol. 3	31,7	167,0	69,2	24,8
Vol. 4	21,8	165,0	56,2	20,6
Vol. 5	25,9	163,0	50,2	18,9
Vol. 6	27,5	168,0	56,0	19,8
Vol. 7	23,5	163,0	55,6	20,9
Vol. 8	25,6	166,0	57,0	20,6
Vol. 9	31,2	160,0	58,0	23,0
Média	27,1	165,1	58,6	21,5
DP	3,5	3,6	6,6	1,9

IMC – Índice de Massa Corporal

Os critérios de inclusão e exclusão foram estabelecidos para selecionar o perfil da amostra.

Crítérios de Inclusão

- Gênero Feminino;
- Idade de 21 a 31 anos;
- IMC de 18,5 até 24,9 Kg/m²;
- Praticantes de algum tipo de exercício físico (há pelo menos três meses).

Crítérios de Exclusão

- Fumantes;
- Ingestão alcoólica diária;
- Uso de qualquer medicamento regular (exceto anticoncepcional);
- Uso de suplementos alimentares;
- Doenças cardiovasculares ou endócrino-metabólicas
- Limitações articulares para a realização do exercício físico.

4.2 Comitê de Ética

Todas as participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o projeto de pesquisa foi aceito pelo Comitê de Ética em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (parecer Nº 122/2009) - (Apêndice 1).

Foi garantida aos participantes, a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sendo que a retirada do consentimento não implicaria em qualquer prejuízo à voluntária.

Todos os testes foram realizados no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar.

4.3 Avaliação

Antes das voluntárias serem aprovadas para a realização dos testes, elas passaram por uma avaliação (Apêndice 2), na qual foram coletados dados pessoais, antecedentes clínicos familiares, antecedentes clínicos pessoais e estilo de vida, para caracterizar a amostra e também foram informados sobre a forma de realização dos testes e os possíveis riscos e benefícios.

4.4 Dados Antropométricos e Composição Corporal

Para verificar a estatura dos indivíduos foi utilizado um estadiômetro do tipo trena da marca Seca modelo 206, em seguida foi realizada a bioimpedância, onde as voluntárias foram pesadas em uma balança de marca Tanita, modelo Body Composition Analyzer – TBF 310. A bioimpedância foi realizada no início do estudo para a caracterização da amostra quanto ao peso, Índice de Massa Corpórea, % de gordura corporal, massa gorda e massa livre de gordura.

Alguns cuidados foram adotados para a realização da bioimpedância:

- evitar bebidas alcoólicas nas últimas 48 horas;
- urinar 30 minutos antes do início do teste;
- evitar exercícios físicos a menos de doze horas do teste.

4.5 Metodologia dos Testes

Os testes ergoespiométricos foram realizados em esteira rolante elétrica (Pro Action BH Fitness – Explorer G. 635 – Alemanha), mantidas com três diferentes inclinações (+10%, 0%, -10%).

Cada voluntária participou de seis sessões de exercício, sendo as três primeiras em protocolos crescentes, até a exaustão da voluntária, realizados para determinar a velocidade correspondente ao Limiar Anaeróbio, para cada condição de inclinação fixa da esteira, sendo elas, inclinação positiva (+10%), plano (0%) ou inclinação negativa (-10%). Após a realização dos três testes iniciais, as voluntárias passaram por três protocolos contínuos com duração de 45 minutos, com velocidade fixa correspondente ao Limiar Anaeróbio identificado nos protocolos crescentes para cada condição de inclinação (+10%, 0%, -10%).

As variáveis respiratórias foram medidas usando o analisador de gases (modelo Aerograph VO 2000 – Medical Graphics Corporation, ST. Paul, MN 55127 – USA), coletando os gases expirados com média de 20 segundos para os testes incrementais (crescentes) e de carga constante. Os sinais do equipamento foram devidamente processados e analisados por meio de um software Aerograph, fornecendo os valores de consumo de oxigênio, produção de dióxido de carbono, ventilação pulmonar, razão de trocas respiratórias, equivalente de oxigênio, equivalente de dióxido de carbono a cada 20 segundos. O analisador de gases foi calibrado pelo menos duas vezes antes do teste, e duas vezes após o teste. Foi utilizado um pneumotacógrafo de fluxo médio para os testes incrementais, e um pneumotacógrafo de baixo fluxo para os testes de carga constante.

Todos os testes foram realizados em dias diferentes, com um intervalo mínimo de 48 horas entre cada teste, mas sempre no mesmo período do dia, ao longo de três semanas.

A sequência dos protocolos crescentes e dos protocolos contínuos foi selecionada de forma randômica.

As voluntárias receberam algumas recomendações a serem seguidas 24 horas antes dos testes:

- Não realizar nenhum exercício físico vigoroso;
- Não ingerir bebidas alcoólicas;
- Jejum de duas horas antes dos testes;
- Evitar produtos a base de cafeína (conforme recomendações de BERRY et al., 1991).

4.6 Determinação do Limiar Anaeróbio

As voluntárias foram submetidas primeiramente a três testes incrementais (como dito anteriormente) em esteira rolante, para cada condição fixa de inclinação (+10%, 0%, -10%). Todos os teste se iniciaram com uma velocidade de 3 Km/h, com acréscimo de 1km/h a cada dois minutos, até a exaustão da voluntária. Antes do aumento da carga (a cada dois minutos), era monitorada a Frequência Cardíaca (monitor cardíaco Oregon Heart HR 102), bem como a Percepção Subjetiva de Esforço (Apêndice 3).

Os indivíduos eram encorajados a atingir o maior estágio possível, mas sempre com autonomia de parada do teste. Não era permitido o apoio do avaliado nos corrimões da esteira rolante.

Ao longo de todo o teste o indivíduo fez uso do clipe nasal e da peça bucal, que estavam ligados ao analisador de gases (VO 2000) para a coleta dos parâmetros ventilatórios.

A identificação da intensidade correspondente ao Limiar Anaeróbio foi realizada por parâmetros ventilatórios determinado pelo método de inspeção visual por meio de três variáveis: V_e , VCO_2 e $EqVO_2$. O ponto identificado como o Limiar Anaeróbio nas

curvas da $\dot{V}_E$ e do $\dot{V}CO_2$ ocorreu quando elas apresentavam sua primeira perda de linearidade (o primeiro ponto de inflexão destas curvas), passando a ter um aumento abrupto ou exponencial, que descreve o momento no qual a $\dot{V}_E$ e a $\dot{V}CO_2$ aumentam desproporcionalmente em relação ao $\dot{V}O_2$ durante um exercício crescente (WASSERMAN et al., 1973).

As figuras 4.1 e 4.2 mostram de forma representativa o comportamento das curvas da $\dot{V}_E$ e da $\dot{V}CO_2$ durante um teste crescente no protocolo plano (0%) da voluntária 3. Vale ressaltar que as figuras mostram que foram gerados dois pontos para cada intensidade (carga), onde cada ponto representa a média do primeiro minuto e a média do segundo minuto do exercício da voluntária.

Figura 4.1: Identificação do LA pela curva da $\dot{V}_E$.

Exemplo representativo da forma de identificação do LA, através da variável $\dot{V}_E$ em função do aumento da intensidade de esforço (Teste crescente no protocolo plano - Voluntária 3).

Figura 4.2: Identificação do LA pela curva da VCO₂

Exemplo representativo da forma de identificação do LA, através da variável VCO₂ em função do aumento da intensidade de esforço (Teste crescente no protocolo plano - Voluntária 3).

A figura 4.3 mostra de forma representativa o comportamento das curvas dos Equivalentes Ventilatórios durante um teste crescente no protocolo com inclinação negativa da voluntária 2.

Figura 4.3: Identificação do LA pelo EqVO₂

Exemplo representativo da forma de identificação do LA, através do Eq VO₂ em função do aumento da intensidade de esforço (Teste crescente no protocolo com inclinação negativa - Voluntária 2).

A identificação do Limiar Anaeróbio a partir do comportamento da curva do EqVO_2 ocorreu no momento em que se teve um aumento da curva representativa do EqVO_2 , sem o concomitante aumento do EqVCO_2 (WASSERMAN et al., 1973).

O Limiar Anaeróbio foi verificado por dois pesquisadores independentes, em caso de divergências de opiniões, um terceiro pesquisador foi consultado.

4.7 Protocolo do Exercício Contínuo

Após o término dos três testes crescentes (com um intervalo mínimo de 48 horas entre os protocolos crescentes e os protocolos contínuos), as voluntárias iniciavam os três testes contínuos para as três condições de inclinação (+10%, 0%, -10%), todos os testes contínuos foram realizados na esteira rolante em intensidade constante identificada no teste crescente (correspondente ao Limiar Anaeróbio de cada voluntária, para cada inclinação da esteira), durante 45 min. A sequência dos três protocolos contínuos realizados também foi de forma randômica tendo um intervalo de pelo menos 48 horas entre cada teste.

Antes de iniciar o teste a voluntária foi informada para evitar qualquer tipo de comunicação verbal ao longo de todo protocolo, apenas alguns sinais foram combinados em caso de não tolerância do tempo previsto. Após a colocação do sensor de FC, da peça bucal para coleta de gases e do clipe nasal, o protocolo foi iniciado.

Primeiramente, a voluntária permanecia sentada por 20 minutos para a coleta dos gases expirados na condição de repouso. Quando atingido o tempo de 20 minutos de repouso, a voluntária foi posicionada na esteira para iniciar o exercício cuja velocidade era fixa correspondente ao Limiar Anaeróbio determinado nos protocolos crescentes para cada condição experimental. O tempo total do exercício foi de 45 minutos, se por algum motivo a voluntária se sentisse incapaz de completar o tempo previsto, o teste era encerrado. Após o

término do exercício, a voluntária ficou deitada sobre uma maca, onde permaneceu nessa posição por mais 30 minutos para continuar as coletas dos gases.

Foram mensurados os gases expirados, onde os valores foram coletados a cada 20 segundos ao longo de todo protocolo contínuo, bem como a FC, que foi verificada no repouso, a cada 5 minutos de exercício, e no primeiro, terceiro e quinto minuto da recuperação e a escala de Borg, que foi apresentada a cada 5 minutos de exercício.

Para confirmar que as voluntárias estavam se exercitando na intensidade do limiar anaeróbio, foram realizadas coletas sangüíneas, feitas através da retirada de 25 µl de sangue arterializado do lóbulo da orelha, com o uso de um capilar calibrado. Foram realizadas cinco coletas ao longo de todo o protocolo, sendo a primeira coleta realizada no repouso (antes de iniciar o exercício), a segunda coleta no vigésimo minuto de exercício, a terceira coleta no trigésimo minuto de exercício, a quarta coleta logo após o término do exercício e a última após 30 minutos do término do exercício. Nas coletas de sangue que ocorreram durante o teste, a voluntária saía momentaneamente da esteira. O tempo permitido para esta coleta foi de no máximo 20 segundos, após este tempo a voluntária retornava ao exercício.

Estas coletas ocorreram para posterior dosagem do lactato, com isso, pode ser confirmado se o exercício se encontrava em fase estável (que ocorre quando a lactacidemia entre o vigésimo e trigésimo minuto de exercício não se altera mais que 1,0 mmol/l). Para a dosagem do lactato foi utilizado um lactímetro, pelo método eletro-enzimático, YSI 1500 Sport (Yellow Springs Inc.-USA), onde os valores foram expressos em mmol/l.

O quadro 4.1 representa todas as etapas que ocorreram durante a realização dos protocolos contínuos, para as três condições de exercício.

Quadro 4.1: Etapas dos protocolos contínuos.

Etapas dos Protocolos Contínuos			
Variáveis analisadas	Repouso (20 minutos)	Exercício (45 minutos)	Recuperação (30 minutos)
Parâmetros Ventilatórios	Coletados a cada 20 segundos.	Coletados a cada 20 segundos.	Coletados a cada 20 segundos.
Amostra sanguínea	<u>1º coleta:</u> no início do repouso.	<u>2º coleta:</u> após 20 minutos do exercício. <u>3º coleta:</u> após 30 minutos do exercício.	<u>4º coleta:</u> após o ultimo minuto do exercício. <u>5º coleta:</u> após 30' de recuperação.
Frequência Cardíaca	No início do repouso.	A cada 5 minutos de exercício.	No primeiro, terceiro e quinto minuto da recuperação.
BORG	-----	A cada 5 minutos de exercício.	-----

4.8 Duração do Consumo de Oxigênio após o Exercício

Para a análise do EPOC foi mensurado o consumo de oxigênio de repouso no período pré-exercício, por meio do analisador de gases VO-2000. Esta mensuração ocorreu no mesmo dia dos protocolos contínuos, antes da realização do exercício (com duração de 20 minutos de coleta dos gases). O valor médio do consumo de oxigênio de repouso foi obtido a partir do 5º minuto até o 15º minuto, desprezando os minutos iniciais e finais da mensuração para obter o valor mais estável. Após o término dos 20 minutos, a coleta dos gases continuou a ser mensurada ao longo do exercício. Após a realização do exercício, as voluntárias

permaneciam com o analisador de gases por mais 30 minutos na posição deitada para análise do consumo de oxigênio.

Foi analisado o componente rápido e o componente lento do EPOC, sendo considerado como componente rápido uma queda mais abrupta do consumo de oxigênio com duração padronizada de dois minutos. Já, a duração do componente lento foi definida pelo declínio mais lento ocorrido após o fim do componente rápido até o momento em que o valor do consumo de oxigênio era igual ao observado no consumo de oxigênio de repouso, com 1 desvio padrão.

A magnitude de cada componente do EPOC foi calculada como sendo a integral da curva, formada pelos dados coletados em função do tempo, nos intervalos definidos como ilustrado na Figura 4.4.

Figura 4.4: Exemplo representativo da curva de consumo de oxigênio após o exercício, identificando os componentes do EPOC.

Para o cálculo da integral foi utilizado o programa MATLAB 6.5, através da função *trapz*. O comando *trapz* é utilizado para integração de funções que consistem de um

conjunto discreto de pontos. Esse comando faz uso do método trapezoidal para integração numérica. A sintaxe do comando é:

$$i=\text{trapz}(x,y)$$

Onde x e y são vetores cujos elementos são as coordenadas x e y dos pontos, sendo que estes dois vetores devem ter a mesma dimensão, e i retorna o valor da integral. No presente estudo o vetor x é formado pelos valores de tempo (minutos) e o vetor y é formado pelos valores de VO_2 .

4.9 Análise Estatística

Os resultados foram expressos como média e desvio padrão e a análise estatística foi realizada através do programa InStat. Foi utilizado à análise de variância (ANOVA) multivariada, para a comparação dos resultados nas três condições estabelecidas, e como pós-teste, foi adotado o teste de Tukey. Valores de $p < 0,05$ foram considerados significantes.

5. RESULTADOS

5.1 Consumo Máximo de Oxigênio nos Testes Crescentes

A partir dos testes crescentes foi possível identificar o valor do VO_2max que reflete o nível de aptidão física da voluntária, sendo expresso relativo a massa corporal ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$). Deve se ressaltado que para a realização do protocolo com inclinação negativa foi criado uma adaptação na esteira, e em função de segurança o teste crescente e nesta condição, não foi induzido até a exaustão das voluntárias. Portanto, apesar do protocolo com inclinação negativa as voluntárias não atingirem um real VO_2 , no presente trabalho as três condições foram tratadas como VO_2max .

A figura 5.1 apresenta o valor médio e desvio padrão do VO_2max obtido nos testes crescentes para cada um dos protocolos (inclinação positiva, plano e inclinação negativa).

Figura 5.1: Média e desvio padrão do VO_2max obtido para os três protocolos.

= Teste interrompido por motivo de segurança, antes de ser atingido o valor máximo.

A figura 5.1 mostra que ao realizar os testes crescentes na esteira com alteração da inclinação, há influência na obtenção do $\text{VO}_{2\text{max}}$, onde o valor mais alto obtido do consumo de oxigênio foi observado quando as voluntárias realizaram o teste com inclinação positiva, mas isto pode ter ocorrido em função das voluntárias não atingirem a exaustão no protocolo com inclinação negativa. Apesar disso, a diferença entre os dois (inclinação positiva e inclinação negativa) não foi significativa, ao aplicar o teste de ANOVA multivariada, pode-se observar que não houve diferença significativa no $\text{VO}_{2\text{max}}$ obtido entre os três protocolos.

A figura 5.2 apresenta a média e desvio padrão da escala de BORG máximo atingido nos testes crescentes para as diferentes condições de inclinação.

Figura 5.2: Média e desvio padrão do BORG máximo atingido no teste crescente para os três protocolos.

* = Diferença significativa em relação ao protocolo positivo e o protocolo no plano.

= Teste interrompido por motivo de segurança, antes de ser atingido o valor máximo.

Podemos visualizar na figura 5.2 que o valor da escala de BORG máximo atingido nos testes crescentes apresentou diferenças significantes entre as inclinações positiva e plano com a inclinação negativa, e isto evidencia que o exercício na condição de inclinação negativa não foi máximo. Ao aplicar o teste de ANOVA multivariada com comparação por

Tukey podemos observar que a escala de BORG máximo na condição de inclinação negativa foi menor que o atingido na condição de inclinação positiva e plano.

A figura 5.3 ilustra a média e desvio padrão da velocidade máxima atingida nos testes crescentes para as diferentes condições de inclinação.

Figura 5.3: Média e desvio padrão da velocidade máxima atingida no teste crescente para os três protocolos.

* = Diferença significativa em relação ao protocolo positivo e o protocolo no plano.

** = Diferença significativa em relação ao protocolo positivo.

= Teste interrompido por motivo de segurança, antes de ser atingido o valor máximo.

A figura 5.3 evidencia que apesar das voluntárias não serem induzidas a intensidade máxima na condição de inclinação negativa, a média da maior velocidade obtida ocorreu nesta inclinação. Ao aplicar o teste de ANOVA multivariada com comparação por Tukey pode-se observar que houve uma diferença significativa em relação à máxima velocidade obtida entre as inclinações. A máxima velocidade obtida no teste crescente para a condição de inclinação positiva ($7,89 \pm 0,71$ Km/h) foi significativamente menor que para as condições de exercício no plano ($10,67 \pm 0,87$ Km/h) e com inclinação negativa ($11,67 \pm 0,89$ Km/h). Também houve diferença significativa entre o exercício no plano e com inclinação negativa, apresentado o maior valor de velocidade no teste crescente com inclinação negativa.

5.2 Intensidade Correspondente ao Limiar Anaeróbio

A partir da realização dos testes crescentes na esteira rolante para os três protocolos, foi possível determinar a intensidade correspondente ao limiar anaeróbio, o qual foi posteriormente utilizado para a execução dos testes contínuos. A figura 5.4 compara a média e o desvio padrão dos resultados referentes à intensidade correspondente ao limiar anaeróbio para os três protocolos.

Figura 5.4: Média e desvio padrão da intensidade encontrada no momento correspondente ao limiar anaeróbio nos diferentes protocolos.

* = Diferença significativa em relação ao protocolo negativo e o protocolo no plano.

** = Diferença significativa em relação ao protocolo negativo.

Ao aplicar o teste de ANOVA multivariada com comparação por Tukey, a figura 5.4 evidencia que houve uma diferença significativa na intensidade média encontrada no momento correspondente ao limiar anaeróbio entre os três protocolos. A velocidade da esteira referente ao limiar anaeróbio foi maior no teste com inclinação negativa ($7,22 \pm 0,67$ km/h) e no teste no plano ($6,56 \pm 0,53$ km/h) em relação ao teste com inclinação positiva ($5,44 \pm 0,53$ km/h). Também foi observada uma diferença significativa na intensidade média

correspondente ao limiar anaeróbio no protocolo no plano em relação ao protocolo com inclinação negativa, onde a velocidade da esteira referente ao limiar anaeróbio foi maior no teste com inclinação negativa em relação ao teste no plano. Portanto, quando se altera a condição de inclinação de uma caminhada ou corrida, infere-se que uma mesma velocidade expresse intensidades diferentes de esforço físico.

5.3 Lactacidemia Durante os Protocolos Contínuos

Para confirmar que as voluntárias estavam se exercitando na intensidade correspondente ao limiar anaeróbio para as três condições de exercícios contínuos na esteira (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa), foram realizadas coletas sangüíneas no lóbulo da orelha para posterior dosagem do lactato. Vale ressaltar que todas as voluntárias conseguiram realizar os testes contínuos por todo o tempo pré-estabelecido (45 minutos).

A tabela 5.1 mostra a média e o desvio padrão das cinco mensurações de lactato realizadas ao longo dos protocolos contínuos para as três condições de exercícios, sendo os valores expressos em mmol/l. Vale ressaltar que para confirmar que o exercício se encontrava em fase estável, a lactacidemia entre o vigésimo e trigésimo minuto do exercício não deveria ser maior que 1,0 mmol/l.

Tabela 5.1: Média e desvio padrão da lactacidemia ao longo dos Protocolos Contínuos.

Condições da Esteira	Pré-teste	20' teste	30' teste	45' teste
Inc. Positiva	1,21 ± 0,47	2,31 ± 0,94	2,44 ± 1,07	2,57 ± 1,13
Plano	1,42 ± 0,50	1,55 ± 0,75	1,70 ± 0,79	1,79 ± 0,86
Inc. Negativa	1,36 ± 0,65	1,40 ± 0,60	1,51 ± 0,64	1,43 ± 0,65

Os valores de lactato durante o protocolo contínuo para as três condições de exercício foram expresso em média e desvio padrão, sendo realizado um total de quatro coletas. A coleta Pré-teste (representa a coleta realizada antes de iniciar o exercício), coleta 20'teste (representa a coleta realizada no vigésimo minuto de exercício), coleta 30'teste (representa a coleta realizada no trigésimo minuto de exercício), a coleta 45'teste (representa a coleta realizada imediatamente após o término do exercício) (n=9).

Pode se observar na tabela 5.1 que as intensidades correspondentes ao limiar anaeróbio identificada nos protocolos crescentes para as três condições de exercício estão estáveis, uma vez que a média da lactacidemia entre o vigésimo e trigésimo minuto não apresentou variações maiores que 1,0 mmol/l.

Este estado estável ao longo dos exercícios pode ser visualizado na figura 5.5, onde se encontra os valores referentes à lactacidemia para os três protocolos (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa).

Figura 5.5: Média dos valores de lactacidemia antes e durante os protocolos contínuos.

* = Diferença significativa em relação ao protocolo com inclinação negativa e o protocolo no plano.

** = Diferença significativa em relação ao protocolo com inclinação negativa.

A figura 5.5 evidencia que para os três protocolos as coletas realizadas ao longo dos exercícios não sofreram variações significantes. Apesar disso, ao analisar e comparar os valores de lactacidemia entre os protocolos pode se observar que houve diferença significativa entre eles.

Ao aplicar o teste de ANOVA multivariada com comparação por Tukey, a figura 5.5 mostra que houve diferença significativa em relação ao valor da lactacidemia ao longo do exercício entre os diferentes protocolos aplicados (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa), onde a média do lactato em 20 minutos de exercício no protocolo com inclinação positiva ($2,31 \pm 0,94$ mmol/l) foi significativamente maior que o protocolo com inclinação negativa ($1,40 \pm 0,60$ mmol/l) e no protocolo no plano ($1,55 \pm 0,75$ mmol/l), e a média do lactato em 30 minutos de exercício e imediatamente após o exercício no protocolo com inclinação positiva ($2,44 \pm 1,07$ mmol/l e $2,57 \pm 1,13$ mmol/l) foi significativamente maior que o protocolo com inclinação negativa ($1,51 \pm 0,64$ mmol/l e $1,43 \pm 0,65$ mmol/l).

A figura 5.5 evidencia a existência da fase estável nos três protocolos experimentais, no entanto, o valor absoluto da lactacidemia apresenta um valor médio menor na condição com inclinação negativa, em especial quando comparado com o protocolo de inclinação positiva. Em função disso, uma de nossas voluntárias (vol. 3) aceitou se submeter a novos testes com intensidades acima da correspondente ao LA para cada protocolo, na tentativa de confirmar que realmente a voluntária estava se exercitando em sua máxima fase estável.

A figura 5.6 apresenta os valores da lactacidemia da voluntária 3 durante testes contínuos (tentativa de 45 minutos) para os três protocolos (inclinação positiva, plano e inclinação negativa) com intensidade acima do LA (foi determinado 1 km/h acima da velocidade identificada como limiar anaeróbio para cada condição de inclinação da esteira).

Figura 5.6: Lactacidemia durante os protocolos contínuos (inclinação positiva, plano e inclinação negativa) em intensidades acima do LA para a voluntária 3.

A figura 5.6 mostra que ao realizar exercícios nas três condições de inclinações (inclinação positiva, plano e inclinação negativa) em intensidades de 1 km/h superior ao limiar anaeróbio previamente determinado, a voluntária 3 apresentou um aumento da lactacidemia no protocolo com inclinação positiva e no protocolo no plano, não conseguindo para estes dois tipos de exercício tolerar o tempo programado (45 minutos). Isto mostra que realmente a voluntária estava se exercitando em sua máxima fase estável nos exercícios com inclinação positiva e no plano (na intensidade correspondente ao LA).

Para o exercício com inclinação negativa quando realizado em uma intensidade acima do LA, a figura 5.6 evidencia que a voluntária 3 tolerou o tempo programado (45 minutos) e os valores da lactacidemia não tiveram grandes variações, onde entre o vigésimo e trigésimo minuto do exercício a lactacidemia não apresentou um aumento maior que 1 mmol. Isto sugere que para o exercício com inclinação negativa a voluntária 3 poderia ter executado o exercício em uma intensidade abaixo de seu limiar anaeróbio, uma vez que, não foi identificado uma máxima fase estável (apenas fase estável). Em função destes resultados a voluntária 3 foi submetida a novos testes (2 e 3 km/h acima do limiar anaeróbio) apenas para

o protocolo com inclinação negativa, na tentativa de identificar uma intensidade (velocidade) na qual a lactacidemia não ficasse mais estável, para identificar a máxima fase estável no protocolo com Inclinação Negativa.

Na figura 5.7 pode se observar todos os testes que a voluntária 3 realizou para o protocolo com inclinação negativa. O teste realizado à 7,0 Km/h foi a velocidade que correspondeu ao limiar anaeróbio no teste crescente, as demais velocidades foram os testes com intensidade acima do LA (1 ; 2 e 3 km/h acima do limiar anaeróbio). Vale ressaltar que a voluntária apenas tolerou até a velocidade de 10 Km/h, sendo que nesta velocidade (10 Km/h) ela não suportou o tempo programado de 45 minutos.

Figura 5.7: Lactacidemia durante todos os testes contínuos com inclinação negativa em intensidades acima do LA (voluntária 3).

A figura 5.7 também mostra que os valores da lactacidemia para todos os testes contínuos realizados para o protocolo com inclinação negativa não apresentaram uma variação maior que 1 mmol/l entre o vigésimo e trigésimo minuto do exercício, portanto não

sendo identificado para esta voluntária sua máxima fase estável no protocolo com inclinação negativa.

Apesar de o resultado corresponder apenas a uma voluntária, isto nos leva a conjecturar que o comportamento da lactacidemia possa ser diferente na inclinação negativa em relação às outras inclinações e poderá trazer modificações na determinação do LA pela máxima fase estável de lactato em inclinações negativas, no entanto, este não foi o objetivo do presente trabalho.

Em função deste resultado outra voluntária realizou testes acima do LA para o protocolo com inclinação negativa. A figura 5.8 apresenta todos os testes que a voluntária 9 realizou para o protocolo com inclinação negativa. O teste realizado à 7,0 Km/h foi a velocidade que correspondeu ao limiar anaeróbio no teste crescente, as demais velocidades foram os testes com intensidade acima do LA (1 ; 2 e 3 km/h acima do limiar anaeróbio). Vale ressaltar que a voluntária 9 tolerou o tempo programado de 45 minutos para todos os testes, no entanto, sentiu desconfortos ao realizar o exercício na velocidade 10 Km/h, se recusando a fazer outras intensidades acima.

Figura 5.8: Lactacidemia durante todos os testes contínuos com inclinação negativa na intensidade do LA e acima do LA (voluntária 9).

A figura 5.8 evidencia que os valores da lactacidemia para todos os testes contínuos realizados para o protocolo com inclinações negativas não apresentaram uma variação maior que 1 mmol/l entre o vigésimo e trigésimo minuto do exercício, portanto não sendo também identificado para a voluntária 9 sua máxima fase estável no protocolo com inclinação negativa.

Isto sugere, para o futuro, uma investigação melhor a respeito da validade de aceitar-se a máxima fase estável como “padrão ouro” para corrida em declives, uma vez que para duas de nossas voluntárias não foi possível observar um aumento significativo nos valores referentes ao acúmulo de lactato.

5.4 Percepção Subjetiva de Esforço Físico Durante os Protocolos Contínuos

A tabela 5.2 descreve a média e o desvio padrão dos valores referentes à Percepção Subjetiva de Esforço Físico pela escala de Borg, durante o exercício contínuo de 45 minutos para os três protocolos (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa).

Tabela 5.2: Percepção Subjetiva de Esforço Físico (escala de BORG) durante os diferentes Protocolos Contínuos (média $\pm$ desvio padrão).

Condições da Esteira	5'	15'	25'	35'	45'
Inc. Positiva	8,44 $\pm$ 1,67	10,89 $\pm$ 2,42	12,67 $\pm$ 2,45	13,89 $\pm$ 2,85	15,33 $\pm$ 3,35
Plano	7,44 $\pm$ 1,67	9,33 $\pm$ 2,29	11,00 $\pm$ 2,45	12,22 $\pm$ 2,95	13,11 $\pm$ 3,18
Inc. Negativa	7,50 $\pm$ 1,69	9,00 $\pm$ 1,41	10,63 $\pm$ 2,13	11,63 $\pm$ 2,07	12,50 $\pm$ 2,56

A Percepção Subjetiva de Esforço Físico (escala de BORG) durante o protocolo contínuo para as três condições de exercício foram expresso em média e desvio padrão, estão expressos os valores em cinco momentos diferentes ao longo do exercício. No 5º minuto do exercício, 15º minuto do exercício, 25º minuto do exercício, 35º minuto do exercício e no 45º minuto do exercício (n=9).

A figura 5.9 compara a média dos valores referentes à Percepção Subjetiva de Esforço Físico durante o exercício contínuo de 45 minutos para os três protocolos (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa).

Figura 5.9: Média dos valores da escala de Percepção Subjetiva de Esforço Físico durante os protocolos contínuos.

* = significativamente menor que no ultimo minuto do exercício (45minutos).

Através da figura 5.9 podemos observar que a média dos valores da Percepção Subjetiva de Esforço Físico das voluntárias ao longo dos protocolos contínuos para as três condições de exercício na esteira (inclinação positiva, plano e inclinação negativa) não ficaram estáveis até o final do exercício, para os três protocolos houve um aumento gradual da percepção do esforço físico ao longo do exercício.

Para a condição do exercício com inclinação positiva a sensação de dificuldade do esforço físico no 5º minuto do exercício sofreu um aumento de 82% em relação ao BORG no último minuto do exercício (45 minutos). Para a condição do exercício no plano, a sensação de dificuldade do esforço físico no 5º minuto do exercício sofreu um aumento de 76% em relação ao BORG no último minuto do exercício (45 minutos). Para a condição do exercício com inclinação negativa a sensação de dificuldade do esforço físico no 5º minuto do exercício sofreu um aumento de 67% em relação ao BORG no último minuto do exercício (45 minutos). Vale ressaltar que entre os protocolos (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa), não houve diferença significativa em relação à Percepção Subjetiva de Esforço Físico ao longo do exercício.

A figura 5.10 compara a média e o desvio padrão dos valores referentes à Percepção Subjetiva de Esforço Físico máxima atingida nos protocolos contínuos (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa).

Figura 5.10: Média e Desvio padrão do BORG máximo (no minuto 45) atingido no final dos exercícios nos diferentes protocolos contínuos.

Conforme visualizado na figura 5.10 o exercício que apresentou uma maior dificuldade para ser completado foi o protocolo com inclinação positiva ($15,33 \pm 3,35$), mas esta diferença em relação ao protocolo com inclinação negativa ($12,50 \pm 2,56$) e o protocolo no Plano ($13,11 \pm 3,18$) não foi considerada significativa, quando aplicado o teste de ANOVA multivariada.

5.5 Frequência Cardíaca Durante os Protocolos Contínuos

A tabela 5.3 contém dados referentes à média e o desvio padrão dos valores referentes à Frequência Cardíaca (FC bpm) durante o exercício contínuo de 45 minutos para os três protocolos (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa).

Tabela 5.3: Frequência Cardíaca durante os diferentes Protocolos Contínuos (média $\pm$ desvio padrão).

Condições da Esteira	Rep	5'	15'	25'	35'	45'
Inc. Positiva	84 $\pm$ 11,44	152 $\pm$ 25,13	165 $\pm$ 17,00	166 $\pm$ 17,53	173 $\pm$ 15,64	174 $\pm$ 15,99
Plano	83 $\pm$ 7,43	146 $\pm$ 15,14	157 $\pm$ 19,23	159 $\pm$ 13,61	164 $\pm$ 16,14	165 $\pm$ 17,67
Inc. Negativa	85 $\pm$ 11,22	133 $\pm$ 16,13	143 $\pm$ 12,84	150 $\pm$ 9,65	154 $\pm$ 11,88	155 $\pm$ 10,75

A Frequência Cardíaca durante o protocolo contínuo para as três condições de exercício foram expresso em média e desvio padrão, a tabela 5.3 mostra o valor de repouso (Rep) e em cinco momentos diferentes ao longo do exercício. No 5º minuto do exercício, 15º minuto do exercício, 25º minuto do exercício, 35º minuto do exercício e no 45º minuto do exercício (n=9).

A figura 5.11 apresenta a média dos valores referentes à Frequência Cardíaca durante o exercício contínuo de 45 minutos para os três protocolos (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa).

Figura 5.11: Média dos valores da Frequência Cardíaca no repouso e durante os protocolos contínuos.

* = significativamente menor que no ultimo minuto do exercício (45 minutos).

**= Diferença significante em relação ao protocolo com inclinação negativa.

Os valores da FC não ficaram estáveis até o final do exercício, para os três protocolos (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa), houve um aumento gradual da FC ao longo do exercício. Para a condição do exercício com inclinação positiva a FC no 5º minuto do exercício sofreu um aumento de 14% em relação ao último minuto do exercício (45 minutos). Para a condição do exercício no plano a FC no 5º minuto do exercício sofreu um aumento de 13% em relação ao último minuto do exercício (45 minutos). Para a condição do exercício com inclinação negativa a FC no 5º minuto do exercício sofreu um aumento de 16% em relação ao último minuto do exercício (45 minutos). Esse aumento foi significativo para as três condições de exercício quando aplicado o teste de ANOVA multivariada com comparação por Tukey (Figura 5.11).

A figura 5.11 também evidencia que houve uma diferença significativa na média da FC entre o exercício com inclinação positiva e o exercício com inclinação negativa, onde a FC no 15º minuto do exercício foi significativamente maior no protocolo com inclinação positiva ($165 \pm 17,00$ bpm) em relação ao protocolo com inclinação negativa ($143 \pm 12,84$ bpm). Não houve diferença significativa quando comparado a FC no 15º minuto do exercício no teste com inclinação positiva com o teste no plano e no teste no plano ($157 \pm 19,23$ bpm) com o teste com inclinação negativa.

Vale ressaltar que essa diferença significativa se manteve por 15 minutos de exercício, após esse tempo as diferenças entre os valores da FC no protocolo com inclinação positiva em relação ao protocolo com inclinação negativa não apresentaram significância.

5.6 Ventilação Durante os Protocolos Contínuos

A tabela 5.4 descreve a média e desvio padrão dos valores referentes à ventilação (l/min) no repouso e ao longo das três condições de exercício (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa).

Tabela 5.4: Ventilação durante os Protocolos Contínuos (média $\pm$ desvio padrão).

Tempo	Inc. Positiva	Plano	Inc. Negativa
Repouso	6,30 $\pm$ 1,23	5,86 $\pm$ 0,95	5,80 $\pm$ 1,24
5° minuto	33,77 $\pm$ 5,22	30,63 $\pm$ 6,99	23,05 $\pm$ 3,20
15° minuto	37,24 $\pm$ 6,87	31,28 $\pm$ 7,07	26,64 $\pm$ 4,46
25° minuto	36,52 $\pm$ 5,97	31,40 $\pm$ 7,27	26,52 $\pm$ 3,75
35° minuto	37,33 $\pm$ 7,22	31,56 $\pm$ 8,16	27,49 $\pm$ 3,54
45° minuto	38,36 $\pm$ 7,82	31,51 $\pm$ 7,44	27,46 $\pm$ 4,00

A Ventilação durante as três condições de exercício foram expresso em média e desvio padrão, a tabela 5.4 mostra o valor de repouso (Rep) e em cinco momentos ao longo do exercício. No 5° minuto do exercício, 15° minuto do exercício, 25° minuto do exercício, 35° minuto do exercício e no 45° minuto do exercício (n=9).

Para melhor ilustrar os resultados encontrados na tabela acima, a figura 5.12 apresenta a média da ventilação no repouso e durante os protocolos contínuos. Foram escolhidos cinco momentos ao longo do exercício (5° minuto, 15° minuto, 25° minuto, 35° minuto e 45° minuto do exercício).

Figura 5.12: Média da ventilação no repouso e durante os protocolos contínuos.

* = Diferença significativa em relação ao protocolo com inclinação negativa.

** = Diferença significativa em relação ao protocolo no plano e ao protocolo com inclinação negativa.

Os resultados encontrados na tabela 5.4 e na figura 5.12 mostram que ao longo dos protocolos contínuos a ventilação ficou estável do 5º minuto até o final do exercício, para a condição de inclinação positiva e para a condição no plano, já para o exercício com inclinação negativa houve a estabilização a partir do 15º minuto do exercício.

Além disso, ao comparar os três protocolos pode-se observar uma diferença significativa nos valores da ventilação entre eles. No 5º minuto do exercício em função do atraso da estabilização da condição com inclinação negativa, ao aplicar o teste de ANOVA multivariada observou-se uma diferença significativa com os demais protocolos (inclinação negativa e no plano). A partir do 15º minuto até o final do exercício, apenas a condição de inclinação positiva apresentou uma diferença significativa em relação aos demais protocolos (inclinação negativa e no plano), isto mostrou que o exercício na condição de inclinação positiva estava mais intenso que o exercício realizado na inclinação negativa e no plano.

5.7 Gasto Calórico Durante os Protocolos Contínuos

O gasto calórico durante os protocolos de exercícios contínuos (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa) realizados na intensidade correspondente ao limiar anaeróbio, com duração de 45 minutos cada, foi expresso em calorias totais (Kcal. total) e calorias por minuto (Kcal/min). Na tabela 5.5 se encontra a média e o desvio padrão das calorias gasta em cada um dos protocolos, durante os 45 minutos de exercício.

Tabela 5.5: Gasto Calórico nos Protocolos Contínuos (média $\pm$ desvio padrão).

Variável	Inc. Positiva	Plano	Inc. Negativa
Kcal total	330,06 $\pm$ 45,40	280,34 $\pm$ 45,64	229,83 $\pm$ 36,42
Kcal/min	7,33 $\pm$ 1,01	6,23 $\pm$ 1,01	5,11 $\pm$ 0,81

As variáveis analisadas foram expressas em média e desvio padrão para os diferentes protocolos contínuos realizados na esteira: calorias totais (calorias gastas durante os 45 minutos de exercício), Kcal/min (média das calorias gastas por minuto de exercício) (n=9).

A figura 5.13 compara a média dos valores referentes ao gasto calórico por minuto (Kcal/min), durante o exercício contínuo de 45 minutos para os três protocolos (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa).

Figura 5.13: Média do gasto calórico por minuto (Kcal/min) no repouso e durante os protocolos contínuos.

* = Diferença significativa em relação ao protocolo com inclinação negativa.

** = Diferença significativa em relação ao protocolo com inclinação negativa e ao protocolo no plano.

Pode-se observar na figura 5.13 que após um aumento inicial (do repouso até 5 minutos de exercício) os valores do gasto calórico ficaram estáveis até o final do exercício, para os três protocolos. Ao comparar o gasto calórico entre os três protocolos, a figura 5.13 evidencia que houve uma diferença significativa no 5º minuto do exercício entre a condição com inclinação positiva e a condição com inclinação negativa, onde o gasto calórico foi significativamente maior no protocolo com inclinação positiva em relação ao protocolo com inclinação negativa. Não houve diferença significativa quando comparado o gasto calórico no 5º minuto do exercício no teste com inclinação positiva com o teste no plano e do teste com inclinação negativa com o teste no plano.

A figura 5.13 também mostra que houve uma diferença significativa no 15º, 25º, 35º e 45º minutos do exercício entre a condição com inclinação positiva e a condição com inclinação negativa e no plano, onde o gasto calórico foi significativamente maior no protocolo com inclinação positiva em relação ao protocolo com inclinação negativa e o

protocolo no plano. Não houve diferença significativa em relação ao protocolo no plano com o protocolo com inclinação negativa.

A figura 5.14 compara à média e o desvio padrão dos resultados referentes à média do gasto calórico total (Kcal) durante os 45 minutos de exercício nos três protocolos estabelecidos (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa).

Figura 5.14: Média e desvio padrão do gasto calórico durante 45 minutos de exercício nos diferentes protocolos.

* = Diferença significativa em relação ao protocolo com inclinação positiva.

Conforme visualizado na figura 5.14 houve uma diferença significativa na média do gasto calórico total, entre o exercício com inclinação positiva e o exercício com inclinação negativa, onde o gasto calórico total do exercício foi maior no protocolo com inclinação positiva ($330,06 \pm 45,40$ Kcal) em relação ao protocolo com inclinação negativa ($229,83 \pm 36,42$ Kcal). Não houve diferença significativa quando comparado o gasto calórico total no teste com inclinação positiva com o teste no plano e no teste no plano ($280,34 \pm 45,64$ Kcal) com o teste com inclinação negativa.

5.8 Oxidação de Substratos Durante os Protocolos Contínuos

A partir da variável QR, foi possível quantificar a oxidação dos substratos (lipídio e carboidrato) para as três condições de inclinação (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa).

As figuras 5.15 e 5.16 apresentam, respectivamente, a média das voluntárias em relação à contribuição percentual da oxidação de lipídio e carboidrato ao longo dos 45 minutos de exercício nas diferentes inclinações. Para reduzir o número de pontos nas figuras, foi calculada a média dos dados coletados a cada 5 minutos.

Figura 5.15: Contribuição percentual de lipídio ao longo do exercício para as três condições de inclinação.

Pode-se observar na figura 5.15 que a contribuição percentual de lipídio não foi igual para as três condições de inclinação. O exercício que apresentou uma maior oxidação de lipídio foi à condição com inclinação negativa, e a menor oxidação de lipídio pode ser observada na condição de inclinação positiva. Esta resposta se manteve ao longo de todo o

exercício, sendo que com o passar do tempo esta oxidação de lipídio aumentou discretamente para as três condições de inclinação.

Figura 5.16: Contribuição percentual de carboidrato ao longo do exercício para as três condições de inclinação.

A figura 5.16 evidencia que a contribuição percentual de carboidrato não foi igual para as três condições de inclinação, sendo que esta resposta foi inversa a observada em relação à oxidação de lipídio. O exercício que apresentou uma maior oxidação de carboidrato foi à condição com inclinação positiva, e a menor oxidação de carboidrato pode ser observada na condição de inclinação negativa. Esta resposta se manteve ao longo de todo o exercício, sendo que com o passar do tempo esta oxidação de carboidrato diminuiu discretamente para as três condições de inclinação.

A figura 5.17 representa o valor médio da contribuição percentual de lipídio e carboidrato durante todo o exercício para as três condições de inclinação (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa).

Figura 5.17: Média da contribuição percentual da oxidação dos substratos (lipídio e carboidrato) ao longo do exercício para as três condições de inclinação.

* = Diferença significativa em relação à oxidação de carboidrato.

A figura 5.17 mostra que houve uma diferença significativa entre os dois substratos utilizados (lipídio e carboidrato), em relação ao valor médio dos 45 minutos de exercício para as três condições de inclinação. Ao aplicar o teste de ANOVA multivariada com comparação por Tukey, pode-se observar que a contribuição percentual de carboidrato foi maior que a contribuição de lipídio. E como dito anteriormente a oxidação destes substratos (lipídio e carboidrato) apresentou diferenças significantes entre as três condições de inclinação.

5.9 Consumo de Oxigênio Durante os Protocolos Contínuos

O consumo de oxigênio durante os protocolos de exercícios contínuos (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa) realizados na intensidade correspondente ao limiar anaeróbio, com duração de 45 minutos cada, foi expresso em consumo de oxigênio total (VO_2 total) e o consumo de oxigênio por minuto (VO_2 l/min). A

tabela 5.6 descreve os valores referentes à média e o desvio padrão do consumo de oxigênio total (VO_2 total) e o consumo de oxigênio por minuto (VO_2 l/min), durante os 45 minutos de exercício.

Tabela 5.6: Valores referentes à média e desvio padrão do Consumo de Oxigênio nos diferentes Protocolos Contínuos.

Variável	Inc. Positiva	Plano	Inc. Negativa
VO_2 total (l)	$66,55 \pm 9,83$	$56,82 \pm 9,27$	$46,87 \pm 7,60$
VO_2 (l/min ⁻¹)	$1,48 \pm 0,22$	$1,26 \pm 0,20$	$1,06 \pm 0,17$

As variáveis analisadas foram expressas em média e desvio padrão para os diferentes protocolos contínuos realizados na esteira: VO_2 total (consumo de oxigênio total, durante os 45 minutos de exercício), VO_2 l/min⁻¹ (valor médio do consumo de oxigênio a cada minuto) (n=9).

A figura 5.18 apresenta a média dos valores referentes ao consumo de oxigênio por minuto (VO_2 l/min), durante o exercício contínuo de 45 minutos para os três protocolos.

Figura 5.18: Média do consumo de oxigênio por minuto (VO_2 l/min), no repouso e durante os protocolos contínuos.

* = Em relação ao protocolo com inclinação negativa.

** = Em relação ao protocolo com inclinação no plano e o protocolo com inclinação negativa.

A figura 5.18 evidencia que ao longo do exercício os três protocolos ficaram estáveis, apesar disso, foi observada diferença significativa entre eles. Nos primeiros 5 minutos

de exercício, houve uma diferença significativa entre o protocolo com inclinação positiva e o protocolo com inclinação negativa. Não houve diferença significativa quando comparado o consumo de oxigênio no 5º minuto do exercício no teste com inclinação positiva com o teste no plano e do teste com inclinação negativa com o teste no plano.

A figura 5.18 também apresenta uma diferença significativa no 15º, 25º, 35º e 45º minutos do exercício entre a condição com inclinação positiva e a condição com inclinação negativa e no plano, onde o consumo de oxigênio foi significativamente maior no protocolo com inclinação positiva em relação ao protocolo com inclinação negativa. Não houve diferença significativa em relação ao protocolo no plano com o protocolo com inclinação negativa.

A figura 5.19 compara à média e o desvio padrão dos resultados referentes ao consumo de oxigênio total (VO_2) durante os 45 minutos de exercícios nos três protocolos.

Figura 5.19: Média e desvio padrão do consumo de oxigênio total durante os 45 minutos de exercício nos diferentes protocolos.

* = Em relação ao protocolo com inclinação positiva.

Pode-se observar na figura 5.19 que houve uma diferença significativa na média do consumo de oxigênio total, entre o exercício com inclinação positiva e o exercício com

inclinação negativa onde o consumo de oxigênio total do exercício foi maior no protocolo com inclinação positiva ($66,55 \pm 9,83$ litros) em relação ao protocolo com inclinação negativa ($46,87 \pm 7,60$ litros). Não houve diferença significativa quando comparado o consumo de oxigênio total no teste com inclinação positiva com o teste no plano e no teste no plano ($56,82 \pm 9,27$ litros) com o teste com inclinação negativa.

5.10 Consumo de Oxigênio Após o Exercício

Ao término dos protocolos crescentes (inclinação positiva, plano, e inclinação negativa) com duração de 45 minutos, foi observado o consumo de oxigênio após exercício por 30 minutos. A análise do consumo de oxigênio após o exercício teve como objetivo comparar a duração e magnitude do EPOC (componente rápido e lento).

A tabela 5.7 apresenta a média e desvio padrão da magnitude do componente rápido e lento do EPOC.

Tabela 5.7: Média e desvio padrão da magnitude dos componentes do EPOC (análise baseada no consumo de oxigênio após o exercício).

<i>EPOC</i>	Inc. Positiva	Plano	Inc. Negativa
Componente Rápido (VO₂)	$2,54 \pm 0,43$	$2,11 \pm 0,42$	$1,71 \pm 0,29$
Componente Lento (VO₂)	$2,94 \pm 1,76$	$1,88 \pm 0,81$	$1,74 \pm 1,04$

Os componentes do EPOC foram expressos em média e desvio padrão para os diferentes protocolos contínuos realizados na esteira. A tabela apresenta os valores do consumo de oxigênio após o término do exercício. Os valores do consumo de oxigênio do componente rápido e do componente lento do EPOC foram expressos em litros (n=9).

A figura 5.20 apresenta os resultados referentes à média e o desvio padrão dos valores do VO₂ total do componente rápido do EPOC nos diferentes protocolos (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa).

Figura 5.20: Média e desvio padrão do VO₂ total do componente rápido do EPOC nos diferentes protocolos.

* = Diferença significativa em relação ao protocolo com inclinação negativa.

Na figura 5.20 observar-se que ao aplicar o teste de ANOVA multivariada com comparação por Tukey, houve uma diferença significativa na magnitude do consumo de oxigênio referente ao componente rápido do EPOC entre os protocolos com inclinação positiva e inclinação negativa, onde o componente rápido foi maior no protocolo com inclinação positiva ($2,54 \pm 0,43$ litros) em comparação com o protocolo com inclinação negativa ($1,71 \pm 0,42$ litros).

Também é possível observar na figura 5.20 que não houve diferença significativa quando comparada a magnitude do consumo de oxigênio do componente rápido do EPOC no protocolo de inclinação positiva com o protocolo no plano ($2,11 \pm 0,29$ litros) e o protocolo com inclinação negativa com o protocolo no plano.

Em relação ao consumo de oxigênio durante o componente lento do EPOC, pode-se observar na figura 5.21 a média e o desvio padrão para os diferentes protocolos (inclinação positiva, no plano e inclinação negativa).

Figura 5.21: Média e desvio padrão do VO₂ total do componente lento do EPOC nos diferentes protocolos.

A figura 5.21 mostrou que não houve diferença significativa quando aplicado o teste de ANOVA multivariada em relação à magnitude do consumo de oxigênio durante o componente lento do EPOC entre os três protocolos: inclinação positiva ($2,94 \pm 1,76$ litros), plano ($1,88 \pm 0,81$ litros) e inclinação negativa ($1,74 \pm 1,04$ litros).

Dever ser ressaltado que o desvio padrão foi muito grande principalmente no protocolo com inclinação positiva. Esta variação entre as voluntárias em relação à magnitude do consumo de oxigênio durante o componente lento do EPOC pode ter ocorrido, em função da duração deste componente. Diferente do componente rápido, o qual foi padronizado um tempo de 2 minutos, a duração do componente lento era calculada baseando-se no consumo de oxigênio de repouso de cada voluntária. Isto leva a dependência de duas variáveis para se obter o valor do componente lento: a média do consumo de oxigênio de repouso que irá estabelecer a duração deste componente e o valor do consumo de oxigênio após o exercício.

Como a duração do componente rápido foi padronizada com um tempo de 2 minutos, mas a duração do componente lento estava dependente do consumo de oxigênio de

repouso, torna-se importante observar a duração total do EPOC. A tabela 5.8 contém os dados referentes à média e desvio padrão da duração total do EPOC.

Tabela 5.8: Média e desvio padrão da duração total do EPOC nos diferentes protocolos.

<i>Variável</i>	Inc. Positiva	Plano	Inc. Negativa
Duração Total (minutos)	11,22 ± 4,32	8,33 ± 2,35	8,67 ± 4,53

A variável analisada foi expressa em média e desvio padrão para os diferentes protocolos de exercício. A tabela apresenta os valores referentes à duração total do EPOC (vale ressaltar que foi coletado o consumo de oxigênio após o exercício por 30 minutos, mas a duração do EPOC não atingiu 60% deste tempo). A duração total do EPOC foi expressa em minutos (n=9).

A figura 5.22 apresenta a média e o desvio padrão dos resultados referentes à duração total do EPOC nos diferentes protocolos (inclinação positiva, no plano e com inclinação negativa). Vale ressaltar que a duração total do EPOC é a soma das áreas do componente rápido mais o componente lento.

Figura 5.22: Média e desvio padrão da duração total do EPOC nos diferentes protocolos.

Ao aplicar o teste de ANOVA multivariada com comparação por Tukey, a figura 5.22 mostra que não houve diferença significativa em relação à duração total do EPOC entre os três protocolos: inclinação positiva (11,22 ± 4,32 minutos), plano (8,33 ± 2,35

minutos) e inclinação negativa ($8,67 \pm 4,53$ minutos). Isto pode ter ocorrido em função do desvio padrão que se mostrou elevado principalmente para a condição de inclinação positiva e inclinação negativa. Vale ressaltar que esta variação foi dependente apenas do componente lento, uma vez que o componente rápido tinha um tempo de duração pré-estabelecido (2 minutos).

5.11 Eficiência Mecânica do Teste Crescente

A partir das variáveis ventilatórias obtidas nos testes crescentes, foi possível analisar a eficiência mecânica dos três protocolos experimentais (inclinação positiva, plano e inclinação negativa). A eficiência mecânica se baseia na potencia mecânica gerada dividida pela potência metabólica despendida (MINETTI; ARDIGÒ; SAIBENE, 1993). Para o calculo da eficiência mecânica dos testes crescentes foram analisados o valor do VO_2 quando as voluntárias se exercitavam na velocidade de 7 Km/h para as três condições de inclinação.

A figura 5.23 apresenta o valor médio e desvio padrão da eficiência mecânica obtida nos testes crescentes na intensidade correspondente a 7 Km/h para os três protocolos.

Figura 5.23: Média e desvio padrão da eficiência mecânica obtida na velocidade de 7 Km/h para o três protocolos.

* = Diferença significativa em relação ao protocolo negativo e o protocolo no plano.

** = Diferença significativa em relação ao protocolo negativo.

Ao aplicar o teste de ANOVA multivariada com comparação por Tukey, a figura 5.23 evidencia que houve uma diferença significativa na média da eficiência mecânica encontrada no momento correspondente a velocidade de 7 Km/h entre os três protocolos. A eficiência mecânica foi menor no teste com inclinação positiva ($0,06 \pm 0,01$ m/ml) em relação ao teste no plano ($0,09 \pm 0,01$ m/ml) ao teste com inclinação negativa ($0,13 \pm 0,02$ m/ml). Também foi observada uma diferença significativa na eficiência mecânica do protocolo no plano em relação ao protocolo com inclinação negativa, onde a eficiência mecânica foi menor no teste no plano em relação ao teste com inclinação negativa.

5.12 Eficiência Mecânica do Teste Contínuo

Também foi analisada a eficiência mecânica dos protocolos contínuos. Neste sabe-se que a velocidade ao longo do exercício foi constante e correspondeu ao limiar anaeróbio de cada voluntária, portanto a velocidade variou para cada voluntária e para cada inclinação (de acordo com o limiar anaeróbio). A análise da eficiência mecânica durante os protocolos contínuos ocorreu no 35º minuto do exercício.

A figura 5.24 apresenta o valor médio e desvio padrão da eficiência mecânica obtida no 35º minuto de cada protocolo experimental.

Figura 5.24: Média e desvio padrão da eficiência mecânica obtida no 35º minuto dos exercícios contínuos para os três protocolos.

* = Diferença significativa em relação ao protocolo negativo e o protocolo no plano.

** = Diferença significativa em relação ao protocolo negativo.

Ao aplicar o teste de ANOVA multivariada com comparação por Tukey, a figura 5.24 evidencia que também houve uma diferença significativa na média da eficiência mecânica encontrada durante os exercícios contínuos. A eficiência mecânica foi menor no teste com inclinação positiva ($0,06 \pm 0,01$ m/ml) em relação ao teste no plano ($0,08 \pm 0,01$ m/ml) ao teste com inclinação negativa ($0,11 \pm 0,01$ m/ml). Também foi observada uma diferença significativa na eficiência mecânica do protocolo no plano em relação ao protocolo com inclinação negativa, onde a eficiência mecânica foi menor no teste no plano em relação ao teste com inclinação negativa.

6. DISCUSSÃO

6.1 Testes Crescentes

Inicialmente comparou-se as modificações fisiológicas observadas em testes crescentes em diferentes inclinações, a saber, inclinação positiva (+10%), plano (0%) e inclinação negativa (-10%).

Pode-se observar que mudanças são encontradas quando se realiza uma caminhada ou corrida em diferentes inclinações. Em relação aos testes crescentes, a figura 5.4 mostrou que a velocidade correspondente ao limiar anaeróbio identificada para cada condição de exercício (inclinação positiva, plano, inclinação negativa) é diferente, uma vez que o indivíduo foi submetido a diferentes condições fisiológicas. Pode-se observar que o exercício quando realizado com inclinação negativa atinge velocidades mais altas correspondentes ao limiar anaeróbio quando comparado com o exercício realizado com inclinação positiva.

Isto ocorreu, pois quando se altera a condição de inclinação da esteira, o indivíduo adota mudanças em sua postura que são necessárias para se ter sucesso quando se locomove em diferentes inclinações, estas mudanças são encontradas em função da condição fisiológica que o indivíduo está sendo submetido. Esta alteração postural irá influenciar na eficiência do movimento. Sabendo-se que a eficiência do movimento está intimamente relacionada com a eficiência mecânica, quanto maior for o percentual da eficiência mecânica, maior será a eficiência do movimento e, portanto, maior a economia de energia. (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). Quanto menor for a eficiência mecânica de um exercício, maior é a geração de instabilidade do movimento e provavelmente isto levará a maiores co-contrações musculares, aumentando a demanda energética. (MINETTI; ARDIGÒ; SAIBENE, 1994).

Leroux, Fung e Barbeau (1999) observaram que o exercício com inclinação positiva promove um aumento da flexão do quadril, dorsiflexão do tornozelo e uma gradual diminuição da extensão do joelho. Quanto maior for a inclinação, mais acentuada é essa adaptação na postura. Isto faz com que este tipo de exercício promova uma maior ação dos membros inferiores e ajustes posturais que devem ser feitos para a manutenção do equilíbrio. Em outro estudo de Leroux, Fung e Barbeau (2002) eles também observaram que a caminhada na inclinação positiva promove um aumento da inclinação do tronco e da pelve, além de aumentar o comprimento das passadas. Essas mudanças na postura, quando se altera a inclinação da esteira, podem ser usadas para aumentar a força nas condições de inclinação positiva. Portanto, uma caminhada ou corrida quando realizada na inclinação positiva exige modificações específicas com maior ativação muscular dos membros inferiores.

Além de se observar um aumento da ativação dos músculos dos membros inferiores durante uma caminhada ou corrida na inclinação positiva, o estudo de Tartaruga (2008) também observou um aumento no sinal EMG dos músculos posturais, ou seja, mesmo que o músculo não esteja diretamente relacionado com aquela atividade (no caso dos músculos posturais) as mudanças geradas no padrão da caminhada e da postura em função da inclinação, também promovem um aumento de sua atividade muscular.

Do mesmo modo, mudanças são observadas quando se realiza uma caminhada ou corrida em inclinação negativa. Este tipo de inclinação representa uma forma de trabalho negativo, onde o centro de massa do corpo se desloca numa direção vertical descendente com cada ciclo da passada, o que reduz a energia potencial total do sistema. Conseqüentemente, para a mesma velocidade e elevação, é necessário menos energia para realizar as contrações musculares excêntricas (inclinação negativa) que para as contrações concêntricas (inclinação positiva) (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

No estudo de Leroux, Fung e Barbeau (2002) ao analisarem diferentes condições de inclinação negativa, eles notaram que quando os voluntários passavam de uma caminhada no plano para uma caminhada com inclinação negativa isso levava a uma progressiva diminuição da flexão do quadril, bem como um aumento da flexão do joelho, e uma diminuição no comprimento da passada. Essas mudanças na postura, quando se altera a inclinação da esteira, podem ser usadas para facilitar a absorção de energia nas condições de inclinação negativa, promovendo menor ativação EMG dos músculos dos membros inferiores neste tipo de exercício, em relação ao exercício com inclinação positiva.

Esta resposta pode ser vista no estudo de Lay e colaboradores (2007) ao analisarem a EMG de músculos dos membros inferiores observaram que a caminhada ou corrida realizada em inclinação positiva (+15% e +39%) promove uma maior magnitude e duração da ativação muscular quando comparada com uma caminhada ou corrida realizada em inclinação negativa (-15% e -39%), e que a EMG dos músculos avaliados neste estudo (GM, RF, VM, BF, SM, MG, Sol e TA), mostrou maior ativação para sete músculos (GM, RF, VM, BF, SM, MG e Sol) quando o exercício foi realizado com inclinação positiva em relação a um aumento da ativação apenas para três músculos (RF, VM e TA) quando o exercício foi realizado com inclinação negativa. Eles também observaram um aumento da geração de força principalmente para as articulações do quadril e tornozelo durante o exercício com inclinação positiva e maior absorção de energia durante o exercício com inclinação negativa. Para os autores isto ocorre em função das mudanças na estratégia de controle neural quando a caminhada é realizada em diferentes inclinações.

Também se torna necessário avaliar a eficiência mecânica nas diferentes inclinações, visto que ela influencia na economia de energia. A figura 5.23 evidencia que o exercício realizado na inclinação positiva apresenta uma menor eficiência mecânica quando comparado com um exercício realizado na inclinação negativa ou no plano, isto mostra que a

alteração da inclinação faz com que a eficiência mecânica seja diferente, promovendo mudanças na demanda energética.

Assim, as diferentes velocidades (correspondente ao limiar anaeróbio) encontradas neste estudo podem ser explicadas pelas mudanças na postura e na eficiência mecânica. A alteração da inclinação modifica a eficiência do movimento e isto induz a um aumento da ativação muscular, quando se realiza uma caminhada ou corrida em inclinação positiva e uma diminuição da ativação muscular, quando se realiza uma caminhada ou corrida na inclinação negativa, promovendo mudanças na demanda energética do exercício.

O presente estudo teve como intenção determinar uma mesma intensidade relativa de esforço para três condições de inclinação (inclinação positiva, plano e inclinação negativa) e pode-se observar pela figura 5.4 que diferentes velocidades corresponderam a uma mesma intensidade, sendo assim, inadequado comparar respostas fisiológicas para diferentes condições de inclinação em uma mesma velocidade.

Para isso, torna-se necessário a identificação da velocidade que corresponde a uma mesma intensidade de esforço para as diferentes condições. Os estudos encontrados na literatura (GREGOR; COSTILL, 1973; PIVARNIK; SHERMAN, 1990; WANTA; NAGLE; WEB, 1993; ROBERGS; WAGNER; SKEMP, 1997; NAVALTA; SEDLOCK; PARK, 2004; DUMKE et al., 2006) que analisaram as respostas fisiológicas para diferentes condições de inclinação não tiveram o cuidado de realizar o exercício em uma mesma intensidade, pois eles aplicaram uma mesma velocidade para as diferentes inclinações. Isto leva aos resultados encontrados, onde as respostas fisiológicas tendem a expressar maiores valores para os exercícios que são realizados com inclinação positiva. O presente trabalho teve como principal foco a identificação de uma mesma intensidade relativa de esforço físico para cada condição de inclinação que se pretendeu trabalhar. Para isto foram realizados testes crescentes nas inclinações propostas, com intuito de identificar a velocidade que expressasse a mesma

intensidade de esforço físico (referente ao limiar anaeróbio individualizado para cada voluntária). Depois de identificadas as velocidades, foram realizados os testes contínuos para avaliar as respostas fisiológicas nas diferentes condições.

Nota-se nos resultados dos testes crescentes (figura 5.4), que a velocidade para cada condição de inclinação são diferentes, mostrando com isso a necessidade deste teste. Esta diferença encontrada em relação às velocidades pode ter ocorrido por causa das modificações vistas na postura, na eficiência mecânica e na ativação muscular, que induz a mudanças na demanda metabólica. Em função da maior dificuldade imposta pelo exercício com inclinação positiva em relação ao exercício com inclinação negativa, ao analisar as curvas das variáveis ventilatórias (VCO_2 e Ve) no exercício com inclinação positiva, foi observado que a transição do metabolismo aeróbio para a suplementação anaeróbia ocorre de forma mais precoce neste tipo de exercício, ou seja, com o aumento da intensidade do esforço físico, começa a ocorrer um acúmulo do lactato que promove um aumento da VCO_2 em virtude do tamponamento do ácido láctico (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986). O excesso de CO_2 liberado estimula os centros respiratórios e, como consequência há um aumento excessivo na Ve em relação ao oxigênio consumido. (WASSERMAN et al., 1973). No exercício com inclinação negativa o aumento exponencial destas variáveis ventilatórias (VCO_2 e Ve) tende a ocorrer em intensidades (velocidade) mais altas.

Em relação ao consumo máximo de oxigênio pode-se observar na figura 5.1 que esta variável não sofreu influência da inclinação, para as três condições o VO_{2max} foi semelhante (sem diferença significativa). Mas sabemos que em função da adaptação feita na esteira para executar o exercício na condição de inclinação negativa, as voluntárias não eram encorajadas a atingir a maior carga possível, a figura 5.2 confirma isso, nela podemos visualizar que o valor da escala de BORG foi mais baixo nesta condição.

Mas como a inclinação negativa não é um exercício comumente realizado e por promover maior insegurança e dificuldade na coordenação do movimento, as voluntárias poderiam não atingir o $VO_2\text{max}$ se fossem estimuladas até a exaustão. Isto pode ser mostrado no estudo de Pivarnik e Sherman (1990) que ao analisarem a percepção subjetiva de esforço entre homens e mulheres durante caminhada e corrida em diferentes inclinações, eles observaram que apesar de se ter um aumento significativo na dificuldade de realizar o exercício na inclinação positiva em relação à inclinação negativa, os voluntários se sentiram mais atentos e preocupados ao realizarem os exercícios nas inclinações negativas.

Esta preocupação quando se realiza um exercício com inclinação negativa mostra que se as voluntárias da presente pesquisa fossem estimuladas no teste crescente com inclinação negativa até a exaustão, talvez não atingissem o $VO_2\text{max}$, pois poderiam parar o teste por insegurança e medo, ao invés de tolerar o exercício até a fadiga.

Ao analisar a velocidade máxima atingida no teste crescente, a figura 5.3 evidencia que na condição de inclinação positiva o $VO_2\text{máx}$ é obtido em velocidades menores que o exercício na inclinação negativa e no plano, cuja a explicação também pode estar relacionada com as modificações vistas na postura (LEROUX; FUNG; BARBEAU, 1999; LEROUX; FUNG; BARBEAU, 2002) e na ativação muscular (LEROUX; FUNG; BARBEAU, 2002; LAY et al 2007). Em função das adaptações posturais e da eficiência mecânica, mais energia é necessária para realizar este tipo de exercício, pois a caminhada ou corrida na inclinação positiva leva a um aumento da energia potencial total do sistema por mudanças no centro de massa corporal (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003), gerando uma maior ativação muscular e por isso, o indivíduo conseguirá sustentar este tipo de exercício (inclinação positiva) por um tempo menor que para os demais protocolos.

Este resultado mostra que realizar um teste crescente máximo na esteira com inclinação positiva pode ser mais vantajoso que um teste crescente máximo com inclinação

negativa ou no plano, pois a identificação do VO_2max no exercício com inclinação positiva ocorrerá em velocidades menores, e portanto menos tempo será gasto para atingir a exaustão.

6.2 Testes Contínuos

Para confirmar que os testes contínuos estavam sendo realizados na intensidade correspondente ao limiar anaeróbio, foram feitas coletas de sangue ao longo do exercício, onde as coletas realizadas no vigésimo e trigésimo minuto do exercício confirmou a correta identificação do limiar anaeróbio nos testes crescentes, uma vez que para os três protocolos avaliados (inclinação positiva, plano e inclinação negativa) os valores da lactacidemia não tiveram uma variação maior que 1,0 mmol/l. Além disso, as coletas realizadas ao longo do exercício (20', 30' e 45' do exercício) nos protocolos, se mantiveram estáveis, não apresentando variações significantes (figuras 5.5).

Mas, ao comparar as três condições de inclinação, foi observado que apesar de todos estarem estáveis, o exercício que apresentou valores mais elevados de lactato foi o exercício com inclinação positiva. Assim, a figura 5.5 evidencia a existência da fase estável nos três protocolos experimentais, no entanto, o valor absoluto da lactacidemia apresentou um valor médio maior na condição com inclinação positiva, em especial quando comparado com o protocolo de inclinação negativa.

Os valores mais altos de lactacidemia encontrados no protocolo com inclinação positiva pode ter ocorrido em função das modificações adotadas na postura (LEROUX; FUNG; BARBEAU, 1999; LEROUX; FUNG; BARBEAU, 2002) e da diferença na demanda metabólica que promoveram uma maior geração de força e alteração na atividade EMG (LEROUX; FUNG; BARBEAU, 1999; TOKUHIRO; NAGASHIMA; TAKCHI, 1985; LEROUX; FUNG; BARBEAU, 2002; LAY et al., 2007) onde na inclinação positiva tende a

aumentar a ativação muscular dos membros inferiores e também dos músculos posturais, apesar deles não estarem diretamente relacionados com aquela atividade física (TARTARUGA, 2008). Isto pode vir a influenciar em um maior acúmulo de lactato uma vez que, este tipo de exercício demanda um maior suprimento de oxigênio devido à massa muscular envolvida (ativação muscular).

Através da figura 5.24 podemos afirmar que a demanda metabólica dos três protocolos foram diferentes. Mesmo aplicando testes crescentes para identificar uma mesma intensidade relativa de esforço, a eficiência mecânica dos testes contínuos apresentou respostas diferentes. A inclinação positiva mostrou ser o protocolo com menor eficiência mecânica, isto provavelmente levou a instabilidade do movimento, sendo necessária uma maior ativação muscular, a qual aumentou a demanda de energia. Isto explica os resultados encontrados em relação às variáveis ventilatórias, pois como o protocolo com inclinação positiva apresentou menor eficiência mecânica, a demanda metabólica foi maior.

Em função dos resultados obtidos, para confirmar que os exercícios foram executados na máxima fase estável, uma de nossas voluntárias realizou testes acima do limiar anaeróbio, com intuito de verificar se realmente ela estava se exercitando em sua máxima fase estável. A figura 5.6 mostrou que os testes realizados pela voluntária 3 em intensidades acima do LA para a condição de inclinação positiva e no plano apresentaram aumentos exponenciais, e que a voluntária apenas tolerou 20 minutos de exercício, confirmando que para estas condições a velocidade identificada no teste crescente realmente correspondia ao limiar anaeróbio da voluntária. Já para o protocolo com inclinação negativa, a primeira velocidade que a voluntária 3 realizou acima do LA não apresentou variações nos valores de lactacidemia, ficando estável ao longo de todo o exercício, além da voluntária conseguir completar o tempo pré estabelecido (45 minutos). Com este resultado, pode-se considerar que

a voluntária 3 não realizou o exercício com inclinação negativa em sua máxima fase estável, visto que em uma intensidade acima a lactacidemia também não variou.

Por causa deste resultado, novos testes foram feitos com a voluntária 3 apenas para o protocolo com inclinação negativa. A figura 5.7 mostrou que todos os testes que a voluntária realizou para o protocolo com inclinação negativa não apresentaram variações maiores que 1 mmol/l entre o vigésimo e trigésimo minuto do exercício, e que apesar disso, a voluntária não tolerou mais que três intensidades acima da identificada correspondente ao seu limiar. A figura 5.8 mostrou que a voluntária 9 também apresentou este mesmo comportamento em seus resultados referentes aos testes executados na inclinação negativa acima de seu limiar anaeróbio. Infelizmente, não foi encontrado na literatura nenhum trabalho que tivesse analisado o comportamento da curva da lactacidemia durante um exercício realizado com inclinação negativa, não tendo como comparar nossos resultados, mas isto sugere, para o futuro, uma investigação melhor a respeito da validade de aceitar-se a máxima fase estável de lactato como “padrão ouro” para corridas com declives (inclinação negativa).

Em relação aos resultados obtidos sobre a Percepção Subjetiva de Esforço nos protocolos contínuos, foi observada na figura 5.9 que apesar da velocidade se manter constante (correspondente ao LA) ao longo de todo exercício (45 minutos), a dificuldade não se manteve estável até o final dos protocolos. Para as três inclinações houve um aumento gradual do esforço físico (BORG).

De acordo com Gibson et al. (2003) a percepção subjetiva de esforço é processada pela parte subconsciente do cérebro que baseada nas respostas de órgãos periféricos e receptores centrais informa a parte consciente do cérebro da necessidade de aumento de comandos eferentes para a manutenção da homeostase, sendo esse processo manifestado através do aumento da sensação de fadiga. A sensação de fadiga leva ao progressivo aumento da percepção de desconforto do exercício reduzindo o consciente desejo

de controlar esta sensação, isto faz com que o SNC reduza os comandos eferentes até o músculo, diminuindo a força ou tensão muscular, levando o indivíduo a querer reduzir a intensidade do exercício ou a parar o exercício se a intensidade não for reduzida. Sabe-se pelo modelo catastrófico de fadiga que ela ocorre somente após a falência do sistema corpóreo. O acúmulo de metabólicos, tais como ácido láctico ou depleção de substratos promove a alteração da homeostase que pode levar ao aumento da dificuldade ou término do exercício (BARON et al., 2008). Como a velocidade era a mesma ao longo de todo exercício e a inclinação era fixa para cada condição (inclinação positiva, plano e inclinação negativa), este resultado pode ter ocorrido em função da duração do exercício (45 minutos) que pode ter influenciado (psicologicamente) as voluntárias, onde com o passar do tempo elas se tornavam menos tolerante a realização do teste, fazendo com que tivessem a sensação de que o exercício estava ficando mais difícil.

Mas respostas a estes resultados podem ser baseadas na pesquisa de Baron et al. (2008), que estudaram o que leva um indivíduo a querer parar um exercício realizado na máxima fase estável de lactato. Neste estudo 11 homens (20 ± 2 anos) treinados realizaram 6 exercícios no ciclo, sendo o primeiro teste para determinar o $VO_2\text{max}$ e os demais testes a 70%, 75%, 80% e 85% do $VO_2\text{max}$. Depois disso, todos os voluntários realizaram um teste até a exaustão na velocidade encontrada previamente correspondente a máxima fase estável de lactato. Neste estudo eles analisaram variáveis ventilatórias e metabólicas, e constataram que as variáveis ventilatórias ficaram estáveis ao longo do exercício. Apenas observaram aumento da ventilação, mas, todas as variáveis ventilatórias permaneceram com valores menores que os encontrados no teste crescente máximo e, portanto não podem ser considerados como fatores responsáveis pelo término do exercício. Também acreditam que a temperatura não foi a causadora do término do exercício, pois atingiu valores menores que 40°C . A concentração de lactato ficou estável, não podendo levar ao término do exercício.

Mas eles também notaram um progressivo aumento da dificuldade de realização do exercício, e baseando-se no modelo de fadiga, eles acreditam que a ação do subconsciente influenciou o SNC a reduzir os comandos eferentes até os músculos, diminuindo a capacidade de sustentação do exercício. Portanto, o término do exercício pode ser induzido por um integrativo controle homeostático de um sistema fisiológico periférico para garantir a manutenção da homeostase.

Alguns estudos relatam que esta sensação de fadiga pode estar relacionada com o aumento da liberação de alguns neurotransmissores, tais como serotonina, dopamina e acetilcolina. Davis e Bailey (1997) dizem que o aumento da atividade da serotonina no cérebro acelera a fadiga e que a diminuição da serotonina no cérebro retarda a fadiga. Eles também relataram que alguns neuromoduladores podem influenciar na fadiga durante o exercício. O aumento de várias citocinas pode reduzir a tolerância ao exercício associada com ação viral ou bacteriana. O acúmulo de amônia no sangue e no cérebro durante o exercício pode também afetar negativamente as funções do SNC gerando a fadiga. Portanto, a fadiga durante um exercício prolongado pode ser causada por múltiplas influências sobre o SNC e por fatores periféricos no intuito de manter um equilíbrio biológico.

Em relação ao BORG máximo atingido nos testes crescentes, a figura 5.10 ilustra que independente da condição imposta à voluntária (inclinação positiva, no plano e na inclinação negativa) a sensação de dificuldade do exercício foram semelhantes (sem diferença significativa), desde que a velocidade esteja ajustada a condição fisiológica imposta. Porém, estes resultados obtidos foram contrários aos de Pivarnik e Sherman (1990), eles encontram que a Percepção Subjetiva de Esforço (BORG) para diferentes condições de inclinação na esteira (-10%, -5%, 0%, +5%, +10%), não são similares, onde os voluntários relataram uma maior dificuldade para realizar o exercício na condição de inclinação +10%. Vale ressaltar que os autores trabalharam em duas velocidades fixas (4,8 Km/h e 9,6 Km/h) para todos os

voluntários (homens e mulheres), sendo a mesma velocidade para as diferentes condições de inclinação (-10%, -5%, 0, +5%, +10%), isto fez com que cada condição de inclinação (-10%, -5%, 0, +5%, +10%) estivesse sendo executada em uma intensidade diferente, e por isso conforme se aumentava a inclinação no sentido positivo (+5% e +10%) a exigência muscular seria maior (LEROUX; FUNG; BARBEAU, 1999; TOKUHIRO; NAGASHIMA; TAKCHI, 1985; LEROUX; FUNG; BARBEAU, 2002; LAY et al., 2007) tornando o exercício mais difícil de ser realizado.

Também contrária a presente pesquisa foram os resultados de Navalta, Sedlock e Park (2004), que ao analisarem a Percepção Subjetiva de Esforço para diferentes condições de inclinação na esteira (+5%, 0%, -5%, -10%, -15%, -20%) observaram que os voluntários sentiam uma maior dificuldade para realizar o exercício com inclinação +5%. Os autores também não tiveram cuidados em relação à velocidade dos exercícios, onde para todas as inclinações (+5%, 0%, -5%, -10%, -15%, -20%), a velocidade foi fixa em 4,8 Km/h, e por isso cada condição de inclinação trabalhada não estava em uma mesma intensidade relativa de esforço físico, ocorrendo este resultado também devido à maior ativação muscular para a condição de inclinação positiva. Neste estudo eles também observaram que a segunda inclinação mais difícil de ser realizada foi a -20%, isto pode ter acontecido, pois mudanças no padrão da caminhada (KUSTER; SAKURAI, 1995) com alteração na frequência e comprimento das passadas (WALL; NOTTRODT; CHARTERIS, 1981) são vistos na inclinação negativa, e os indivíduos geralmente não estão muito habituados para executar este tipo de exercício (por ser uma inclinação dificilmente realizada), somando a isso a influência da inclinação negativa ser muito acentuada (-20%) que faz com que o corpo necessite gerar um trabalho de freio, aumentando o trabalho físico para o indivíduo (NAVALTA; SEDLOCK; PARK, 2004).

Os valores da frequência cardíaca ao longo dos protocolos contínuos (inclinação positiva, plano e inclinação negativa) também tiveram uma resposta parecida com a percepção subjetiva de esforço. Apesar de a intensidade ser a mesma durante todo o exercício a frequência cardíaca não se manteve constante. A tabela 5.3 mostra que para os três protocolos analisados a frequência cardíaca teve um aumento significativo até o final do exercício. O aumento da frequência cardíaca pode ser explicado por um provável aumento da atividade do sistema nervoso autônomo simpático e pela hipertermia associada a mecanismos para manter o rendimento cardíaco e a dissipação do calor (BARON et al., 2008).

Ao comparar as diferentes inclinações, pode-se observar na figura 5.11 que apenas houve uma diferença significativa entre o protocolo com inclinação positiva e o protocolo com inclinação negativa durante os primeiros 15 minutos do exercício, onde a frequência cardíaca apresentou valores mais elevados para o exercício com inclinação positiva. Esta resposta pode ter ocorrido em função da maior ativação dos músculos envolvidos no exercício (membros inferiores) como visto no trabalho de Lay e colaboradores (2007), que observaram uma maior ativação muscular quando o exercício era realizado com inclinação positiva em relação ao exercício com inclinação negativa e também por uma maior ativação dos músculos não envolvidos diretamente com o exercício (músculos posturais) encontrado no trabalho de Tartaruga (2008) que observou um aumento da EMG de músculos posturais quando a caminhada ou corrida era realizada com inclinação positiva em relação à caminhada ou corrida no plano. Esta maior ativação muscular promove um aumento na demanda sanguínea para suprir a musculatura ativa, elevando a frequência cardíaca. (LEROUX; FUNG; BARBEAU, 1999).

Similaridades foram encontradas no estudo de Navalta, Sedlock e Park (2004), onde eles analisaram o valor FC em indivíduos jovens (23 ± 3 anos) e idosos (64 ± 3 anos), que realizaram exercícios na esteira em diferentes condições de inclinação (+5%, 0%, -5%, -10%,

-15%, -20%). Seus resultados mostraram que a condição de exercício que apresentou valores mais altos de FC foi para o protocolo positivo (+5%). Apesar dos resultados desse estudo mostrar similaridades a presente pesquisa, vale ressaltar que a velocidade imposta para as diferentes condições de exercício (+5%, 0%, -5%, -10%, -15%, -20%) e para a diferente população (jovens e idosos) foi fixa de 4,8 Km/h. E deve ser lembrado que o tempo de duração deste protocolo foi apenas de 6 minutos não podendo garantir que esta resposta seria mantida se fosse realizado um exercício de 45 minutos.

Deve ser ressaltado na presente pesquisa que apesar da exigência muscular ser maior na condição com inclinação positiva esta diferença nos valores da frequência cardíaca dos protocolos com inclinação positiva e inclinação negativa apenas se manteve até os primeiros 15 minutos do exercício, após este tempo as respostas foram similares para as três condições experimentais. Isto pode ser uma resposta particular da caminhada ou corrida com inclinação positiva, que faz com que o indivíduo tenha um tempo de adaptação mais lento para esta condição.

Como o intuito do trabalho foi identificar uma mesma intensidade relativa de esforço para as diferentes condições de inclinação, o que se esperava era realmente que para as três condições a resposta da frequência cardíaca fosse similar, uma vez que a média da velocidade (figura 5.4) foi menor para o protocolo com inclinação positiva, e apesar dos estudos mostrarem que a ativação muscular é maior para um exercício com inclinação positiva, deve ser lembrado que o estudo de Lay e colaboradores (2007) analisaram as diferentes inclinações em uma mesma velocidade, portanto não sabendo se a EMG é maior na inclinação positiva quando se trabalha em uma mesma intensidade relativa de esforço (velocidades diferentes).

Apenas o trabalho de Tartaruga (2008) analisou a EMG dos músculos envolvidos com o exercício em inclinações positivas (+5%, +10%, +15%) e no plano (0%)

para diferentes velocidades, podendo observar que o aumento da velocidade também promove o aumento da ativação muscular, mas neste trabalho não foi avaliado inclinações negativas. Mas a partir dos resultados obtidos pelo estudo de Tartaruga (2008) podemos sugerir que independente da inclinação, a velocidade também influencia na ativação muscular, e que em velocidades mais altas a ativação muscular será maior. Como na presente pesquisa a velocidade foi maior na condição com inclinação negativa (figura 5.4), pode ser que isto tenha levado a uma maior ativação muscular nesta condição, podendo talvez se aproximar a ativação muscular vista na inclinação positiva. Isto pode ter influenciado para as respostas similares da frequência cardíaca a partir de 15 minutos dos exercícios.

Os resultados da presente pesquisa mostram um benefício ao se realizar uma caminhada ou corrida com inclinação positiva em indivíduos cardíacos, pois a sobrecarga cardíaca será similar a exercícios com inclinação negativa ou no plano (desde que estejam em uma mesma intensidade relativa de esforço) com velocidades menores.

Apesar de se observar um aumento significativo da percepção subjetiva de esforço e da frequência cardíaca ao longo dos protocolos contínuos (inclinação positiva, plano e inclinação negativa), o mesmo não foi visto nas respostas ventilatórias. Pode-se observar (figuras 5.12 e 5.18) que ao longo do exercício de 45 minutos não houve variações significantes na ventilação e no consumo de oxigênio. Mas isto provavelmente iria ocorrer uma vez que o aumento da frequência cardíaca pode estar relacionado com o aumento da atividade simpática para manter o rendimento cardíaco (BARON et al., 2008), e o aumento da percepção subjetiva de esforço ao longo do exercício pode estar relacionado por múltiplas causas que podem influenciar as respostas do SNC sobre os comandos eferentes dados aos músculos (DAVIS; BAILEY, 1997; GIBSON et al., 2003; BARON et al., 2008).

Vale lembrar que como o exercício estava em uma velocidade constante (durante os 45 minutos), a qual sua intensidade por corresponder ao limiar anaeróbio, não

levou a um aumento do acúmulo de ácido láctico (figura 5.5), não houve necessidade de aumentar a VCO_2 para tamponar o lactato, portanto, os centros respiratórios não foram estimulados a aumentar a ventilação (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986). Com isso a ventilação manteve-se estável por todo o exercício.

Isto indica que as três condições experimentais não estavam acima do limiar anaeróbio, uma vez que as voluntárias toleraram todo o tempo proposto (45 minutos) e as variáveis ventilatórias ficaram estáveis até o final do exercício.

Mas ao comparar as diferentes condições de inclinação, pode-se notar que as variáveis ventilatórias (figura 5.12 e 5.18) apresentaram valores mais elevados para o exercício realizado na inclinação positiva em relação às demais condições (exercício com inclinação negativa e o exercício no plano).

Os resultados encontrados em relação à ventilação foram similares ao observado no estudo de Gregor e Costill (1973), onde a ventilação apresentou valores mais altos para a condição de inclinação positiva (+6%). Mas deve ser ressaltado que a velocidade neste estudo foi fixa em 12 Km/h para as diferentes condições de inclinação e o tempo do exercício (7 minutos) foi bem menor que a presente pesquisa.

Em relação ao consumo de oxigênio durante o exercício, também foi encontrado resultados similaridades com o estudo de Navalta, Sedlock e Park (2004), os quais notaram um maior consumo de oxigênio quando o exercício foi realizado com inclinação positiva. Vale lembrar que o tempo de duração dos diferentes protocolos de Navalta, Sedlock e Park (2004), foram de 6 minutos, bem menor que o presente estudo (45 minutos) e a velocidade neste estudo foi fixa (4,8 Km/h) para as diferentes condições de inclinação.

Como na presente pesquisa a velocidade foi diferente entre as inclinações, poderia se esperar resultados contrários aos da literatura, encontrando respostas ventilatórias similares entre as inclinações (uma vez que a intensidade do exercício foi à mesma para os

diferentes protocolos). Mas este resultado encontrado pode ter ocorrido principalmente em função da demanda metabólica diferente entre as inclinações, pois de acordo com a figura 5.24 a eficiência mecânica do exercício com inclinação positiva foi menor que os demais protocolos, e isto faz com que aumente a instabilidade do movimento, levando a uma maior ativação muscular.

Em função das respostas apresentadas pelo consumo de oxigênio (figura 5.18) durante o exercício, o mesmo pode-se esperar em relação ao gasto calórico (figura 5.13). Ao longo do exercício de 45 minutos os valores ficaram estáveis (sem variações significantes) para as três condições de inclinação e a condição de exercício que promoveu o maior gasto (figura 5.14) foi à inclinação positiva.

Similar a presente pesquisa foram os resultados de Dumke et al. (2006), que ao verificarem o gasto calórico de uma corrida de longa distância com inclinação positiva (distância de 4,84 Km e duração de 22 minutos) e uma corrida com inclinação negativa (distância de 9,7 Km e duração de 43,2 minutos), com velocidade fixa de aproximadamente 13 Km/h, eles observaram que o gasto calórico total foi maior para a condição de inclinação positiva. Vale ressaltar que apesar deste estudo mostrar similaridade com a presente pesquisa, os autores não calcularam o gasto energético na velocidade correspondente ao limiar anaeróbio e que a velocidade foi à mesma aplicada para os dois protocolos.

Mas ao avaliar um estudo que apresentou variações na velocidade, resultados similares também podem ser observados. No estudo de Minetti, Ardigò e Saibene (1994) o qual avaliaram o gasto energético de 5 homens jovens ($25,2 \pm 6,9$ anos) durante corridas em diferentes inclinações (-15%, -10%, -5%, 0%, +5%, +10%, +15%). Eles observaram que a inclinação de -10% apresentou o menor gasto energético e que a partir da inclinação de -5% o gasto foi aumentando gradativamente até a inclinação positiva mais acentuada (+15%). Deve ser ressaltado que neste estudo ele variou a velocidade de corrida onde todos os voluntários

tentaram passar por cinco velocidades para cada inclinação (7,92 Km/h, 8,92 Km/h, 9,79 Km/h, 10,76 Km/h e 11,84 Km/h). Algo interessante observado foi que a mudança na velocidade não influenciou o gasto energético nas inclinações negativas, apenas influenciou o gasto nas inclinações positivas (+10% e +15%). O autor explica que isso deve ter ocorrido uma vez que as velocidades mais altas nas inclinações de +10% e +15% pode ter excedido a capacidade aeróbia dos voluntários. Também pode ser observado que até a velocidade mais alta (11,84 Km/h) nas inclinações negativas não promoveu um maior gasto quando comparado com a velocidade mais baixa (7,92 Km/h) nas inclinações positivas. Em relação ao presente trabalho, isto nos leva a inferir que apesar da média da velocidade ser maior na inclinação negativa do que na inclinação positiva (figura 5.3), ela pode não ter sido o suficiente para influenciar no gasto calórico. Isto provavelmente pode ter ocorrido, uma vez que o trabalho positivo é muito maior na inclinação positiva que na inclinação negativa independente da velocidade (MINETTI; ARDIGÒ; SAIBENE, 1994).

Apesar de o gasto calórico ter sido maior na condição com inclinação positiva, o exercício que apresentou uma maior contribuição percentual de lipídio (figura 5.15) foi o protocolo com inclinação negativa. Isto pode ser explicado através do quociente respiratório que indica a predominância do carboidrato ou gordura como substrato para o catabolismo energético, onde um QR maior (próximo a 1,0) representa maior oxidação de carboidrato e um QR menor (próximo a 0,7) representa maior oxidação de lipídio (MARANGON; WELKER, 2003), portanto a contribuição percentual do substrato pode variar de acordo com a intensidade do exercício (ROMIJN et al., 1993). Apesar de tentarmos induzir as diferentes condições de inclinação em uma mesma intensidade relativa de esforço (correspondente ao limiar anaeróbio), pode-se observar pelos resultados do consumo de oxigênio (figura 5.18 e 5.19) dentre outras variáveis ventilatórias, que a inclinação positiva apresentou um maior consumo de oxigênio. Isto mostrou que nesta inclinação a intensidade do exercício foi mais

elevada. Com isso o QR foi maior para a inclinação positiva, levando a uma maior contribuição percentual de carboidrato (figura 5.16). Desta forma, os exercícios com uma menor intensidade, o organismo utiliza prioritariamente os lipídeos como fonte energética, sendo que sua oxidação exige um consumo relativamente alto de O_2 (MARANGON; WELKER, 2003). Como o oxigênio (figura 5.18) disponível foi maior na inclinação negativa a contribuição percentual de lipídio esteve mais elevada nesta condição.

Mas deve ser lembrado que apesar da contribuição percentual de lipídio ser maior para a condição com inclinação negativa, o gasto calórico total (figura 5.14) foi maior para a condição com inclinação positiva, portanto sendo este tipo de inclinação mais vantajosa para trabalhar com indivíduos com sobrepeso ou obesos.

Apesar da variação encontrada na contribuição percentual dos substratos entre as inclinações, pode se observar uma contribuição percentual significativamente maior de carboidrato para os três protocolos. Como a intensidade escolhida para a execução dos exercícios foi correspondente ao limiar anaeróbio, ou seja, os exercícios foram realizados em moderada intensidade, esperava-se uma maior contribuição percentual de lipídio, mas isto pode ter ocorrido em função do estado nutricional das voluntárias. Na presente pesquisa apenas foi informado às voluntárias para realizarem um jejum de duas horas antes do teste, mas não foi controlado o tipo de alimentação prévia aos testes e pode-se observar no estudo de Arkinstall et al. (2004), que ao controlar a ingestão de glicogênio antes do exercício isto promove mudanças na contribuição dos substratos. Os autores relatam que quando os voluntários realizaram o exercício com uma baixa ingestão de glicogênio, foi observada uma contribuição maior de lipídeo em relação ao carboidrato, e quando os voluntários realizaram o exercício com uma alta ingestão de glicogênio, foi observado um aumento da contribuição de carboidrato em relação ao lipídeo. Portanto, a falta do controle do estado nutricional das

voluntárias na presente pesquisa pode ter ocasionado a uma maior contribuição percentual de carboidrato na presente pesquisa (figura 5.17).

Em relação ao consumo de oxigênio após o exercício, não foi encontrado na literatura nenhum trabalho que tenha analisado o EPOC durante caminhada ou corrida com alteração da inclinação, portanto não tendo como comparar os resultados. Mas o intuito da desta pesquisa foi verificar se a alteração da inclinação também influencia no gasto após o exercício. A figura 5.20 mostrou que a magnitude do componente rápido do EPOC foi maior para o exercício com inclinação positiva quando comparado com o exercício com inclinação negativa. Estas respostas ocorreram, pois na inclinação positiva a eficiência mecânica durante o exercício foi menor, promovendo uma maior instabilidade do movimento, o qual provavelmente levou a um aumento da ativação muscular, diminuindo a economia de energia e aumentando assim a demanda metabólica neste exercício. Em função disso as respostas ventilatórias foram maiores nesta condição de inclinação. Como VO_2 no ultimo minuto do exercício, terminou com valores mais elevados para a condição com inclinação positiva, isto fez com que nesta inclinação a área do componente rápido fosse maior, influenciando no valor do componente rápido do EPOC, sendo esta a possível explicação para a magnitude do componente rápido do EPOC ser maior no exercício com inclinação positiva. E provavelmente por isso, que apenas foi encontrado diferença na magnitude do componente rápido, já magnitude do componente lento (figura 5.21) e a duração total do EPOC (figura 5.22) não apresentaram diferenças significantes.

7. CONCLUSÃO

O presente estudo amplia a literatura sobre as respostas fisiológicas encontradas na locomoção em diferentes condições impostas, com um diferencial, ou seja, aproximá-las em uma mesma intensidade relativa de esforço e individualizado. Também, foram observados pontos importantes que devem ser levados em consideração, quanto à escolha do protocolo aplicado nos treinamentos físicos em indivíduos com diferentes condições físicas quando se propõem diferentes velocidades de corrida e inclinações da esteira.

Em conjunto este trabalho mostrou que:

- A intensidade correspondente ao limiar anaeróbio para as condições de inclinação da esteira são diferentes, sendo menor para a inclinação positiva, seguida do plano e maior para a condição de inclinação negativa.
- Em função de se trabalhar em uma intensidade moderada, os valores da lactacidemia durante os três protocolos contínuos (inclinação positiva, plano e inclinação negativa) ficaram estáveis até o final do exercício. Contudo, as concentrações são maiores na inclinação positiva.
- Durante os testes contínuos pode ser observado que o consumo de oxigênio, a ventilação e o gasto calórico ficaram estáveis, mas a frequência cardíaca e a percepção subjetiva de esforço apresentaram um aumento gradual, apesar da intensidade ser a mesma ao longo de todo protocolo contínuo.
- Apesar da intensidade escolhida para a execução dos exercícios corresponderem ao limiar anaeróbio, a contribuição percentual de carboidrato é maior que a contribuição percentual de lipídio para as diferentes inclinações.

- Em relação ao consumo de oxigênio após os exercícios, foi observado apenas um aumento da magnitude do componente rápido do EPOC na inclinação positiva em relação à inclinação negativa, já a magnitude do componente lento e a duração total do EPOC são semelhantes entre as inclinações.

Mesmo com a tentativa de se trabalhar na velocidade relativizada para cada condição imposta, as respostas cardiovasculares e metabólicas como frequência cardíaca, consumo de oxigênio e gasto calórico não foram similares, sendo encontrado diferenças significativas entre os protocolos, principalmente entre o protocolo com inclinação positiva e o protocolo com inclinação negativa, apesar disso, os voluntários não relataram dificuldade do gesto motor na realização dos exercícios.

Apesar de não ter sido um dos objetivos desta pesquisa, pode-se observar que nos protocolos contínuos com inclinação negativa realizados com velocidades acima do limiar anaeróbio, a lactacidemia não variou mais que 1 mmol/l entre o vigésimo e trigésimo minuto, isto sugere, para o futuro, uma investigação melhor a respeito da validade de aceitar-se a máxima fase estável de lactato como “padrão ouro” para corridas em declives (inclinação negativa).

Um ponto não abordado neste trabalho, mas de extrema importância é a forma do treinamento de corredores. Ao treinar um indivíduo para as provas de rua é fundamental para um melhor rendimento, trabalhar em diferentes intensidades, com velocidades adequadas para cada condição que o corredor irá percorrer, não induzindo apenas uma intensidade para todas essas diferentes situações (momentos de corrida no plano, corrida com inclinação negativa ou com inclinação positiva). Treinando-os também na inclinação negativa, uma vez que diferentes adaptações da postura são encontradas nessa condição, fazendo com que, a coordenação dos movimentos influencie na melhora do rendimento.

8. REFERÊNCIAS

AHMADI, S.; SINCLAIR, P.J.; DAVIS, G.M. Muscle oxygenation after downhill walking-induced, muscle damage. **Clinical Physiology and Functional Imaging**. v. 28, n. 1, p. 55-63. 2008.

ALBRIGHT, A.; FRANZ, M.; HORNSBY, G.; KRISKA, A.; MARRERO, D.; ULLRICH, I.; VERITY, L.S. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and type 2 diabetes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, n. 7, p. 1345-1360. 2000.

ARKINSTALL, M. J.; BRUCE, C.R.; CLARK, S.A.; RICKARDS, C.C.; BURKE, L.M.; HAWLEY, J.A. Regulation of fuel metabolism by pre-exercise muscle glycogen content and exercise intensity. **Journal of Applied of Physiology**, v. 97, p. 2275-2283, July. 2004.

BAHR, R.; INGNES, I.; VAAGE, O.; SEJERSTED, O.M.; NEWSHOLME, E.A. Effect od duration on excess. **Journal of Applied Physiology**. v. 62, n. 2, p. 485-490. 1987.

BARON, B.; NOAKES, T.D.; DEKERLE, J.; MOULLAN, F.; ROBIN, S.; MATRAN, R.; PELAYO, P. Why does exercise terminate at the maximal lactate steady state intensity? **British Journal of Sports medicine**. v. 42, n. 10, p. 528-533. 2008.

BEAVER, W.L.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. **Journal of Applied Physiology**. v. 60, n. 6, p. 2020-2027. 1986.

BERNE, R. M.; LEVY, M.N.; KOEPPEN, B.M.; STANTON, B.A. **Fisiologia**. 5 ed. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2004. p. 509-510.

BERRY, M. J.; STONEMAN, J.V.; WEYRICH, A.S.; BURNEY, B. Dissociation of the ventilatory and lactate thresholds following caffeine ingestion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 23, n. 4, p. 463-469, April. 1991.

BORSHEIM, E.; BAHR, R. Effect of Exercise Intensity, Duration and Mode on Post-Exercise Oxygen Consumption. **Sports Medicine**. v. 33, n. 14, p. 1037-1060. 2003.

CASPERSEN, C.J.; POWELL, K.E.; CHRISTENSON, G.M. Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. **Public Health Reports**. v. 100, n. 2, p. 126-131, March-April. 1985

COYLE, E.F. Physical activity as a metabolic stressor. **The American Journal of Clinical Nutrition**. v. 72, p. 512S-520S. 2000.

DAVIS, J.M.; BAILEY, S.P. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 29, n. 1, p. 45-57, January. 1997.

DREXEL, H. Both uphill, downhill exercise help lipid and glucose metabolism. In: American Heart Association, 2004, Scientific Sessions, New Orleans: Abstract 3826. **Medscape Medical New**, New York, November. 10, 2004a.

DREXEL, H. Walking downhill lowers blood sugar, uphill lowers cholesterol levels. In: American Heart Association, 2004, Scientific Sessions, New Orleans: Abstract 3826. **Journal Sentinel**, Milwaukee, 2004b.

DUMKE, C.L.; SHOOTER, L.; LIND, R.H.; NIEMAN, D.C. Indirect Calorimetry during ultradistance running: A case report. **Journal of Sports Science and Medicine**. Turkey, v. 5, n. 4, p. 692-698, dez. 2006.

DUTRA, L.N.; DAMASCENO, V.O.; SILVA, A.C.; VIANNA, J.M.; NOVO JUNIOR, J.; LIMA, J.R.P. Estimativa do gasto energético da caminhada. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. Niterói, v. 13, n. 5, p. 291-295, set./out. 2007.

EKBLOM, B.; HERMANSEM, L. Cardiac output in athletes. **Journal of Applied Physiology**. v. 25, p. 619-625. 1968.

ESTON, R. G.; MICKLEBOROUGH, J.; BALTZOPOULOS, V. Eccentric activation and muscle damage: biomechanical and physiological considerations during downhill running. **British Journal of Sports Medicine**, v. 29, n.2, p. 89-94. 1995.

FREY, G.C.; BYRNES, W.C.; MAZZEO, R.S. Factors Influencing Excess Postexercise Oxygen Consumption in Trained and Untrained Women. **Metabolism**. v. 42, n. 7, p. 822-828. 1993.

FRIEDENREICH, C.M.; ORENSTEIN, M.R. Physical Activity and Cancer Prevention: Etiologic Evidence and Biological Mechanisms. **The Journal of Nutrition**. v. 132, suppl 11, p. 3456S-3464S. 2002.

GAESSER, G.A.; BROOKS, G.A. Metabolic Bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 16, n. 1, p. 29-43. 1984.

GALLO JUNIOR, L.; MACIEL, B.C.; MARIN-NETO, J.A.; MARTINS, L.E.B.; LIMA-FILHO, E.C.; GOLFETTI, R.; CHACON, M.P.T.; FORTI, V.A.M. Control of heart rate during exercise in health and disease. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**. v. 28, n. 11-12, p. 1179-1184, October. 1995.

GIBSON, A.C.; BADEN, D.A.; LAMBERT, M.I.; LAMBERT, E.V.; HARLEY, Y.X.R.; HAMPSON, D.; RUSSELL, V.A.; NOAKES, T.D. The conscious perception of the sensation of fatigue. **Sports Medicine**. v. 33, n. 3, p. 167-176. 2003.

GREGG, E.W.; GERZOFF, R.B.; CASPERSEN, C.J.; WILLIAMSON, D.F.; NARAYAN, K.M.V. Relationship of Walking to Mortality among US adults with Diabetes. **Archives of Internal Medicine**. v. 163, n. 12, p. 1440-1447, June. 2003.

GREGOR, R.J.; COSTILL, D.L. A comparison of the energy expenditure during positive and negative grade running. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 13, n. 4, p.248-252. 1973.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica**. 11 ed. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2006. p. 1057-1058.

HANON, C.; THÉPAUT-MATHIEU, C.; VANDEWALLE, H. Determination of muscular fatigue in elite runners. **European Journal Applied Physiology**. Berlin, v. 94, p. 118-125, fev. 2005.

HILL, J.A.; MELBY, C.; JOHNSON, S.L.; PETERS, I.C. Physical activity and energy requirements. **The American Journal of Clinical Nutrition**. v. 62, supl., p. 1059-1066. 1995.

JACOBSEN, D.J.; BAILEY, B.W.; LECHEMINANT, J.D.; HILL, J.O.; MAYO, M.S.; DONNELLY, J.E. A Comparison of three Methods of Analyzing Post-Exercise Oxygen Consumption. **International Journal of Sports Medicine**. v. 26, p. 34-38. 2005.

KEIM, N.L.; BLANTON, C.A.; KRETSCH, M.J. America's Obesity Epidemic: Measuring physical activity to promote an active lifestyle. **Journal of The American Dietetic Association**. v. 104, n. 9, p. 1398-1409, September. 2004.

KUSTER, M.; SAKURAI, S.; WOOD, G.A. Kinematic and kinetic comparison of downhill and level walking. **Clinical Biomechanics**. v. 10, n. 2, p.79-84, May. 1995.

LANGE, G.W.; HINTERMEISTER, R.A.; SCHLEGEL, T.; DILLMAN, C.J.; STEADMAN, J.R. Electromyographic and kinematic analysis of graded treadmill walking and the implications for knee rehabilitation. **Journal of orthopaedic sports physical therapy**. v. 23, n. 5, p. 294-301. 1996.

LAY, A.N.; HASS, C.J.; GREGOR, R.J. The effects of sloped surfaces on locomotion: A kinematic and kinetic analysis. **Journal of Biomechanics**. v. 39, p. 1621-1628. 2006.

LAY, A.N.; HASS, C.J.; NICHOLS, T.R.; GREGOR, R.J. The effects of sloped surfaces on locomotion: An electromyographic analysis. **Journal of Biomechanics**. v. 40, p. 1276-1285. 2007.

LEROUX, A.; FUNG, J.; BARBEAU, H. Adaptation of the walking pattern to uphill walking in normal and spinal-cord injured subjects. **Experimental Brain Research**. v. 126, n. 3, p. 359-368, May. 1999.

LEROUX, A.; FUNG, J.; BARBEAU, H. Postural adaptation to walking on inclined surfaces: I. Normal strategies. **Gait & Posture**. v. 15, n. 1, p. 64-74, February. 2002.

LEVINE, J.A. Measurement of energy expenditure. **Public Health Nutrition**. v. 8, n. 7A, p. 1123-1132. 2005.

MACHADO, F. A.; GUGLIELMO, L. G. A.; DENADAI, B. S. Velocidade de corrida associada ao consumo máximo de oxigênio em meninos de 10 a 15 anos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v. 8, n. 1, p. 1-6, jan./fev. 2002.

MADER, A.; HECK, H. A theory of metabolic origin of anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 7, p. 45-65, 1986.

MAEHLUM, S.; GRANDMONTAGNE, M.; NEWSHOLME, E.A.; SEJERSTED, O.M. Magnitude and duration of excess postexercise consumption in healthy young subjects. **Metabolism**. v. 35, n. 5, p. 425-429. 1986.

MARANGON, A.F.C.; WELKER, A.F. Otimizando a perda de gordura corporal durante os exercícios. **Universitas Ciências da Saúde**. v. 1, n. 2, p. 363-376. 2003.

MATSUURA, C.; MEIRELLES, C. M.; GOMES, P. S. C. Gasto energético e consumo de oxigênio pós-exercício contra-resistência. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 6, p. 729-740, nov./dez. 2006

MC ARDLE, W.D.; KATCH, V.L.; KATCH, F.I. **Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano**. 5 ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara, 2003.

MEIRELLES, C.M.; GOMES, P.S.C. Efeitos agudos da atividade contra-resistência sobre o gasto energético: revisitando o impacto das principais variáveis. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. Niterói, v. 10, n. 2, p. 122-130, mar/abr. 2004.

MINETTI, A.E.; ARDIGÒ, L.P.; SAIBENE, F. Mechanical determinants of the minimum energy cost of gradient running in humans. **The Journal of Experimental Biology**. v. 195, n. 1, p. 211-225. 1994.

MINETTI, A.E.; MOIA, C.; ROI, G.S.; SUSTA, D.; FERRETTI, G. Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. **Journal of Applied Physiology**, v. 93, p. 1039-1046, March. 2002.

MITCHELL, J.H.; SPROULE, B.J.; CHAPMAN, C.B. The physiological meaning of the maximal oxygen intake test. **Journal of Clinical Investigations**. v. 37, p. 538-547, December. 1957.

MONTEIRO, W.D.; ARAÚJO, C.G.S. Transição caminhada-corrida: considerações fisiológicas e perspectivas para estudos futuros. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. Niterói, v. 7, n. 6, p. 207-222, nov./dez. 2001.

NAVALTA, J.W.; SEDLOCK, D.A.; PARK, K.S. Physiological responses to downhill walking in older and younger individuals. **Journal of Exercise Physiology**. v. 7, n. 6, p. 45-51, December. 2004.

NIELSEN, O.B.; PAOLI, F.; OVERGAARD, K. Protective effects of lactic acid on force production in rat skeletal muscle. **The Journal of Physiology**. v. 536, n. 1, p. 161-166, October. 2001.

OZCELIK, O.; KELESTIMUR, H. Effects of acute hypoxia on the determination of anaerobic threshold using the heart rate-work rate relationships during incremental exercise tests. **Physiological Research**. v. 53, p. 45-51. 2004.

PEAKE, J. M.; SUZUKI, K.; WILSON, G.; HORDERN, M.; NOSAKA, K.; MACKINNON, L.; COOMBES, J.S. Exercise-Induced muscle damage, plasma cytokines, and markers of neutrophil activation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 37, n. 5, p. 737-745, May. 2005.

PEDERSEN, T.H.; NIELSEN, O.B.; LAMB, G.D.; STEPHENSON, D.G. Intracellular Acidosis Enhances the Excitability of Working Muscle. **Science**. v. 305, n. 5687, p. 1144-1147, august. 2004.

PIVARNIK, J.M.; SHERMAN, N.W. Responses of aerobically fit men and women to uphill/downhill walking and slow jogging. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 22, n. 1, p.127-130, March. 1990.

ROBERGS, R.A.; WAGNER, D.R.; SKEMP, K.M. Oxygen consumption and energy expenditure of level versus downhill running. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 37, n. 3, p. 168-174, September. 1997.

ROMIJN, J. A.; COYLE, E.F.; SIDOSSIS, L.S.; GASTALDELLI, A.; HOROWITZ, J.F.; ENDERT, E.; WOLFE, R.R. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. **American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism**, v. 265, n. 3, p. 380-391, 1993.

ROSE, R.J.; HODGSON, D.R. An overview of performance and sports medicine. In: The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine. **Philadelphia:Saunders**. v. 1, p. 3-11, 1994.

SHEPHARD, R.J.; ALLEN C.; BENADE, A.J.S.; DAVIES, C.T.M.; PRAMPERO, P.E.; HEDMAN, R.; MERRIMAN, J.E.; MYHRE, K.; SIMMONS, R. The maximum oxygen intake. An international reference standard of cardiorespiratory fitness. **Bull World Health Organ**. v. 38, p. 757-764, 1968.

SILVA, O.B.; SOBRAL FILHO, D.C. Uma nova proposta para orientar a velocidade e inclinação no protocolo em rampa na esteira ergométrica. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**. Rio de Janeiro, v.81, n.1, p.42-47, jul. 2003.

SILVA, S.R.D.; FRAGA, C.H.W.; GONÇALVES, M. Efeito da fadiga muscular na biomecânica da corrida: uma revisão. **Revista Motriz**. Rio Claro, v. 13, n. 3, p. 225-235, jul./set. 2007.

SILVERTHORN, D.U. **Fisiologia humana: uma abordagem integrada**. 2 ed. Barueri, SP: Manole, 2003. p. 717-719.

SIMONSON, D.C.; FRONZO, R.A. Indirect calorimetry: methodological and interpretative problems . **The American Physiological Society**. v.90, p. 399-411. 1990.

SKINNER, J.S.; McLELLAN, H. The Transition from Aerobic to Anaerobic Metabolism. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. v. 51, n.1, p. 234-248. 1980.

SMITH, T.C.; WINGARD, D.L.; SMITH, B.; KRITZ-SILVERSTEIN, D.; BARRETT-CONNOR, E. Walking Provides Strong Protection from Cardiovascular Disease Mortality in Older Adults with Diabetes. **Journal Clinical Epidemiology**, v. 60, n. 3, p. 309-317, March. 2007.

SORICHTER, S.; MAIR, J.; PELSERS, M.M.A.L.; PUSCHENDORF, B.; GLATZ, J.F.C. Early assessment of exercise induced skeletal muscle injury using plasma fatty acid binding protein. **British Medical Journal**. v. 32, n. 2, p. 121-124, February. 1998.

SVELDAHL, K.; MACINTOSH, B.R. Anaerobic Threshold: The Concept and Methods of Measurement. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**. Canada, v. 28, n. 2, p. 299-323. 2003.

TARTARUGA, L.A.P. **Energética e mecânica da caminhada e corrida humana: Com especial referência à locomoção em plano inclinado e efeitos da idade**. 2008. 136f. Dissertação (Doutorado em Ciências do Movimento Humano) – Ciências do Movimento Humano, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

TAYLOR, H.L.; BUSKIRK, E.; HENSCHER, A. Maximal Oxygen Intake as an Objective Measure of Cardio-Respiratory Performance. **Journal of Applied Physiology**. v. 8, p. 73-80. 1955.

TOKUHIRO, A.; NAGASHIMA, H.; TAKECHI, H. Electromyographic kinesiology of lower extremity muscles during slope walking. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. v. 66, p. 610-630, September. 1985.

WALL, J.C.; NOTTRODT, J.W.; CHARTERIS, J. The effects of uphill and downhill walking on pelvic oscillations in the transverse plane. **Ergonomics**. v. 24, n. 10, p. 807-816, October. 1981.

WANTA, D.M.; NAGLE, F.J.; WEBB, P. Metabolic response to graded downhill walking. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 25, n. 1, p. 159-162, April. 1993.

WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J.; KOYAL, S.N.; BEAVER, W.L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 35, n. 2, p. 236-243, August. 1973.

WASSERMAN, K. Determinants and detection of anaerobic threshold and consequences of exercise above it. **Circulation**, v. 76, suppl. 4, p. 29-39, December. 1987.

WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. **Fisiologia do Esporte e do Exercício**. 4 ed. Barueri, SP: Manole, 2004.

APÊNDICE 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos
Via Washington Luís, km. 235 - Caixa Postal 676
Fones: (016) 3351.8109 / 3351.8110
Fax: (016) 3361.3176
CEP 13560-970 - São Carlos - SP - Brasil
propq@power.ufscar.br - <http://www.propq.ufscar.br/>

CAAE 0003.0.135.000-09

Título do Projeto: Estimativa de gasto energético em mulheres submetidas a diferentes protocolos de comida

Classificação: Grupo III

Procedência: Departamento de Fisioterapia

Pesquisadores (as): Jaqueline Tavano, Vilmar Baldissara (orientador)

Processo nº.: 23112.000174/2009-66

Parecer Nº. 122/2009

1. Normas a serem seguidas

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 - Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.2), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA - junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.c).
- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente em ___/___/___ e ao término do estudo.

2. Avaliação do projeto

O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar) analisou o projeto de pesquisa acima identificado e considerando os pareceres do relator e do revisor DELIBEROU:

As pendências apontadas no Parecer nº. 003/2009, de 25/02/2009, foram satisfatoriamente resolvidas.

O projeto atende as exigências contidas na Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde.

3. Conclusão:

Projeto aprovado

São Carlos, 19 de maio de 2009.

Profª Dra. Cristina Palva de Sousa
Coordenadora do CEP/UFSCar

APÊNDICE 2**FICHA DE AVALIAÇÃO**

Data da Avaliação: ____/____/____

I – DADOS PESSOAIS

Nome: _____

Sexo: _____ Data de Nascimento: ____/____/____ Idade: _____

Profissão: _____

Endereço: _____

Bairro: _____ Telefone: _____

Cidade _____

Email: _____

II - ANTECEDENTES FAMILIARES

Diabetes: _____ Obs: _____

Hipertensão: _____ Obs: _____

Coronariopatia: _____ Obs: _____

Obesidade: _____ Obs: _____

Hipotireoidismo: _____ Obs: _____

Hipertireoidismo: _____ Obs: _____

Outros: _____ Obs: _____

III - ANTECEDENTES PESSOAIS

Diabetes: _____ Obs: _____

Coronariopatia: _____ Obs: _____

Hipertensão: _____ Obs: _____

Alterações ósseo-articulares: _____ Obs: _____

Cirurgia: _____ Obs: _____

Dores articulares _____ Obs: _____

Uso de medicamentos: _____ Obs: _____

Uso de suplementos: _____ Obs: _____

IV – ESTILO DE VIDA

1- Pratica alguma atividade física? Qual a frequência?

2- Possui hábitos (fumar, beber)?

V – MEDIDAS

Altura: _____

Peso atual: _____

IMC: _____

% de gordura	
Peso da massa gorda	
Peso da massa magra	

Nº _____

TESTE ERGOMÉTRICO IDENTIFICAÇÃO DO LIMIAR

Data: ____/____/____ Temperatura: _____ URA: _____ Horário: _____

Voluntária: _____ Inclinação: _____

FC inicial: _____ FC final: _____

ESTÁGIO	FC	BORG	SINTOMAS
3 Km/h			
4 km/h			
5 km/h			
6 km/h			
7 km/h			
8 km/h			
9 km/h			
10 km/h			
11 km/h			
12 km/h			
13 km/h			
14 km/h			
15 km/h			
16 km/h			
R1			
R3			

Velocidade encontrada no LA: _____

Nº _____

TESTE CONTÍNUO NO LIMAR

Data: ____/____/____ Temperatura: _____ URA: _____ Horário: _____

Voluntária: _____ Inclinação: _____

FC inicial: _____ FC final: _____

VELOCIDADE (LA): _____

ESTÁGIO	FC	BORG	SINTOMAS	LACTATO	HORÁRIO	DOSAGEM
5'				Pré-teste		
10'				-----	-----	-----
15'				-----	-----	-----
20'				20'(no teste)		
25'				-----	-----	-----
30'				30'(no teste)		
35'				-----	-----	-----
40'				-----	-----	-----
45'				Após teste	-----	-----
R1				-----		
R3				-----	-----	-----
R5				30' pós teste		

OBS: _____

APÊNDICE 3**ESCALA DE BORG**

6	-----
7	MUITO FACIL
8	-----
9	FACIL
10	-----
11	RELATIVAMENTE FACIL
12	-----
13	LIGEIRAMENTE CANSATIVO
14	-----
15	CANSATIVO
16	-----
17	MUITO CANSATIVO
18	-----
19	EXAUSTIVO
20	-----