UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Efeito agudo do exercício realizado em diferentes intensidades sobre a fome, hormônios relacionados ao apetite e ingestão alimentar em homens e mulheres

Valéria Leme Gonçalves Panissa

São Paulo
2015

VALÉRIA LEME GONÇALVES PANISSA

Efeito agudo do exercício realizado em diferentes intensidades sobre a fome, hormônios relacionados ao apetite e ingestão alimentar em homens e mulheres

Tese apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências

Área de Concentração: Biodinâmica do Movimento Humano

Orientador: Prof. Dr. Emerson Franchini

São Paulo

2015

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: PANISSA, Valéria Leme Gonçalves Panissa

Título: Efeito agudo do exercício realizado em diferentes intensidades sobre a fome, hormônios relacionados ao apetite e ingestão alimentar em homens e mulheres

Tese apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

*Dedico este trabalho a minha irmã Priscila Leme
Gonçalves Panissa (em memória).*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu marido Felipe de Oliveira Sampaio meu maior incentivador que abraçou todos os meus projetos e sonhos, e com a chegada dos nossos filhos Guilherme e Davi, deu para minha vida acadêmica essa cara de família, uma fonte inesgotável de alegria e motivação;

Agradeço àquelas mulheres as quais admiro, e que durante todo esse processo me apoiaram, e me amaram, mas que, sobretudo cuidaram e amaram meus filhos, principalmente nos momentos em me ausentei para me dedicar a este projeto: à minha tia, Maria Lucia L.L. Gonçalves (Do), à minha prima Ana Paula L.L. Gonçalves, às minhas avós Olinda L.L. Gonçalves (Bisa), e Helena Caviquio Panissa (Bisa Helena), à minha sogra Maria Ignez de Oliveira Sampaio (Nezi), à Roseni Mota Rodrigues (Dedei), minha cunhada Cristina de Oliveira Sampaio (Taminhau), mas especialmente à minha mãe Doralice L.L. Gonçalves (Dadá), mãe e avó maravilhosa.

Agradeço ao meu pai Antonio Carlos Panissa, ao meu irmão Aldo Antonio Panissa, aos meus sobrinhos Thales L.P. Santos e Miguel L.P. Santos, e aos meus filhos Guilherme L.P. Sampaio e Davi L.P. Sampaio, por todo amor e carinho, e por transformarem qualquer bobeira em gargalhadas intermináveis das quais começo a rir só de lembrar;

Agradeço à minha amiga e comadre Ursula Ferreira Julio que me ajudou em todo processo acadêmico, e que mutuamente crescemos no conhecimento; mas acima de tudo agradeço pela amizade fiel, sincera e sem interesses, uma amizade que construímos e que cultivamos dia-a-dia baseada no amor fraternal;

Agradeço a Creche Central da Universidade de São Paulo, onde todos os dias meus dias iniciaram em uma rotina muito especial com meus filhos, começando com uma rodada rinossoro e repelente, trocas de fraldas, escovação de dentes, partidas de futebol, ateliês, histórias, brincadeiras, muitas conversas e risadas, também alguns choros e caras feias, e os deixando em um colo cheio de carinho, e de atividades e propostas pedagógicas. Infelizmente não posso citar o nome de todos os funcionários da creche, então cito aqui a educadora Olindina Cunha (Dina) como representante desse grupo de profissionais admirável, deixo aqui minha sincera gratidão.

Agradeço a todas as pessoas que convivi e me diverti nesses anos de laboratório, Mayara, Leonardo (Guaxupé), Natalia, Pablo, Camila, Felipe Schultz, Saulo, Everton, Salomão, Rubiana, Barbosinha e ao Felipe Hardt, médico do laboratório por toda a ajuda e prontidão nas coletas de dados; aos funcionários da Escola de Educação Física e Esporte, Ilza Benedita, Marcio Nascimento, Paulo Serson e Elza Lelis; pela prontidão e competência nos trâmites administrativos; a Barbara M. M. Antunes e Loreana Silveira pelo auxílio nas análises sanguíneas; e a todos os voluntários que participaram deste projeto pelo empenho e dedicação;

Agradeço ao Prof. Dr. Fabio Santos Lira, pessoa pelo qual tive o primeiro contato com a pesquisa, quando ainda estávamos na graduação, pela amizade descontraída e pelas inúmeras oportunidades de aprendizado que me proporcionou;

Agradeço à Professora Dra. Monica Yuri Takito pela ajuda com este projeto, e por outras oportunidades que me concedeu e que contribuíram muito para meu desenvolvimento como aluna de pós-graduação, agradeço também pela amizade, conversas, conselhos e risadas;

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Emerson Franchini, profissional que admiro, pela dedicação no processo de orientação, dando liberdade e correção necessária para que eu desenvolvesse meus potenciais acadêmicos, agradeço também pela amizade que ao longo desses 12 anos foi construída baseada no respeito e confiança, e que foi repleta de momentos de descontração e diversão;

Agradeço à FAPESP pelo apoio e incentivo à pesquisa;

E finalmente, agradeço a Deus por manter-me inabalável no cumprimento deste dever e por fazer valer em minha vida o provérbio que diz que o amigo verdadeiro ama em todo o tempo: na desgraça, ele se torna um irmão (Provérbios, 17).

Toda Sabedoria vem de Deus e estará com ele para sempre.

(Eclesiástico,1)

RESUMO

PANISSA, V. L. G. **Efeito agudo da intensidade do exercício sobre a fome, hormônios relacionados ao apetite e ingestão alimentar em homens e mulheres.** 2015. 92f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2015.

A manutenção da saúde, depende, dentre outros aspectos, do controle da massa corporal, uma vez que a obesidade está associada ao desenvolvimento de doenças crônicas. Sendo assim, o exercício pode ser considerado uma ferramenta eficaz nesse controle. Contudo, está evidenciado que o exercício realizado em alta intensidade pode ocasionar maior redução da gordura corporal. Dentre as hipóteses sugeridas para explicar tal fenômeno, a supressão do apetite pós-exercício foi levantada, no entanto, o efeito da intensidade sobre o apetite ainda é incipiente. Além disso, mulheres podem ter maior resposta compensatória que homens. Portanto, o objetivo do estudo foi comparar o efeito da intensidade no controle agudo do apetite, energia ingerida absoluta e relativa (energia ingerida menos o gasto calórico do exercício), percepção de fome e das concentrações sanguíneas de grelina acilada, peptídeo YY₃₋₃₆, insulina, cortisol, glicose, ácidos graxos, colesterol e triacilglicerol em homens e mulheres. Para isso, 11 homens e 9 mulheres eutróficos, foram submetidos a 6 sessões, sendo a primeira destinada à determinação da potência aeróbia máxima (PAM) em cicloergômetro, e a segunda para realização do exercício intermitente de alta intensidade realizado na máxima intensidade (*all out*), composto por 60 x 8s:12s (EIAI-A), para determinação do trabalho total, o qual foi utilizado para equalização das demais sessões: a) EIAI-A; b) exercício intermitente de alta intensidade (EIAI) - 60s:60s a 100% da PAM; c) exercício contínuo de intensidade moderada (ECMI) a 60% da PAM; d) sessão controle (sem exercício). Cada visita teve duração de 4h, sendo que os participantes chegaram em jejum e receberam um café da manhã padrão. O exercício foi realizado 1,5h pós-café da manhã, e uma alimentação *ad libitum* foi servida 4h pós-café da manhã. Coletas de sangue e da percepção de fome (escala analógica visual) foram realizadas em jejum e em 2, 2,5, 3,25 e 4h de experimento e calculada a área sob a curva (ASC) para cada uma dessas variáveis. A comparação das variáveis sanguíneas e da percepção de fome foi feita através de análise de variância a três fatores (condição, sexo e momento), e das variáveis envolvendo a ASC e a energia ingerida foi conduzida através de análise a dois fatores (condição e sexo), seguida do pós-teste de *Bonferroni* se observada diferença significativa ($P < 0,05$). Não houve diferença para a energia ingerida absoluta, porém, a energia ingerida relativa foi maior no controle quando comparada ao EIAI-A, EIAI, e ao ECMI, sem diferenças entre os tipos de exercício e sexos. A ASC da percepção de fome foi menor somente nos exercícios realizados em alta intensidade comparado com o controle, independentemente do sexo. O PYY₃₋₃₆ foi inferior nas mulheres em relação aos homens ao passo que o cortisol foi inferior nos homens comparado com as mulheres. Houve interação entre situação e momento de coleta para o cortisol e insulina sendo os valores mais elevados no EIAI-A que no controle às 2,5 horas de experimento para o cortisol e às 3,25h para insulina. Portanto, embora não tenha havido diferença na energia ingerida relativa entre os tipos de exercícios, àqueles realizados em maior intensidade foram capazes de promover efeitos mais pronunciados na supressão do apetite, independentemente do sexo.

Palavras chaves: grelina acilada, peptídeo YY, insulina, cortisol, alta intensidade, sexo

ABSTRACT

PANISSA, V. L. G. **Acute effect of exercise intensity on hunger, hormones related appetite and food intake in men and women**. 2015. 92f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2015.

Maintaining one's health depends, among other things, on controlling body weight, since obesity is associated with the development of chronic diseases. Accordingly, exercise is an effective tool in this control. It has been demonstrated that exercise performed at a high intensity can cause greater reduction in body fat. Among the hypotheses put forward of this phenomenon is the suppression of appetite. However, the understanding of the effect of the intensity on appetite is still incipient. In addition, women may have a greater compensatory response than men. Therefore, the aim of the study was to compare the effect of intensity on absolute and relative (energy intake less caloric expenditure of the exercise) energy intake, hunger and blood concentrations of acylated ghrelin, PYY₃₋₃₆, insulin, cortisol, glucose, fatty acids, cholesterol and triacylglycerol in men and women. Accordingly, 11 men and 9 women, all eutrophic, underwent six sessions. The first was designed to determine their maximum aerobic power (MAP) on a cycle ergometer, and the second involved performing high-intensity intermittent exercise at maximum intensity (*all out*) for 60 x 8s: 12s (HIIE-A) in order to determine the total work, which was used for the equalization of the other sessions: a) HIIE-A; b) high intensity intermittent exercise (HIIE) - 60s: 60s at 100% of MAP; c) steady-state exercise (SSE) at 60% of the MAP; d) a control session. Each session lasted a total of 4 hours. The participants arrived in fasting and received a standard breakfast upon arrival. The exercise session was performed 1.5 h after breakfast, and an *ad libitum meal* was served 4 hours post-breakfast. Blood sample collection and perception of hunger were collected when fasting and at 2, 2.5, 3.25 and 4 hours into the experiment and the area under the curve (AUC) for each of these variables was calculated. A comparison of the blood sample variables and rating of hunger was performed by analyzing the variance of three factors (condition, sex, and time) and the analysis of the variables involving the AUC and energy intake was conducted through examination of two factors (sex and condition) followed by a *Bonferroni* post-test if significant differences ($P < 0.05$) were observed. There was no difference for the absolute energy intake, however, relative energy intake was higher in the control compared to HIIE-A, HIIE, and SSE, with no differences between the types of exercise and sex. The AUC of hunger was lower in exercises performed at high intensity when compared to the control, regardless of sex. There was interaction between condition and time for cortisol and insulin, with higher levels in the HIIE-A than in the control at 2.5 hours for cortisol and 3.25 hours for insulin. Therefore, although there were no differences in energy intake relative to the types of exercises, those performed at a higher intensity promoted more pronounced effects on appetite suppression, regardless of sex.

Keywords: acylated ghrelin, peptide YY, insulin, cortisol, high-intensity.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 Avaliação do apetite e da ingestão alimentar	5
2.1.1 Respostas hormonais e metabólicas envolvidas no controle do apetite e ingestão alimentar	5
2.1.2 Escala Analógica Visual	14
2.1.3 Ingestão alimentar.....	16
2.2 Efeito do exercício de alta intensidade no apetite e na ingestão alimentar	19
2.3 Efeito do exercício em virtude do sexo no apetite e ingestão alimentar	25
3. OBJETIVOS	27
3.1 Objetivo Geral	27
3.2 Objetivos específicos	27
4 MÉTODOS.....	28
4.1 Tipo de pesquisa	28
4.2 Participantes	28
4.2.1 Critérios de seleção dos sujeitos	28
4.3 Delineamento.....	29
4.4 Teste para determinação do $\dot{V}O_{2pico}$ e da potência pico.....	30
4.5 Antropometria.....	31
4.6 Protocolos experimentais.....	31
4.6.1 Equalização do trabalho realizado nos exercícios	32
4.6.2 Exercício contínuo de moderada intensidade	33
4.6.3 Exercício intermitente de alta intensidade (<i>all out</i>).....	34
4.6.4 Exercício intermitente de alta intensidade.....	34
4.7 Controle Dietético	34
4.8 Ingestão alimentar.....	35
4.9 Análises sanguíneas	35
4.10 Escala analógica visual de fome.....	36
4.11 Estimativa do gasto calórico total.....	36
4.11.1 Análise de lactato	37
4.12 Análise estatística	37
5. RESULTADOS.....	39
6. DISCUSSÃO	65
7. LIMITAÇÕES	78
8. CONCLUSÕES.....	79
REFERÊNCIAS	80
APÊNDICES	89
ANEXO I – DIÁRIO ALIMENTAR.....	89
ANEXO II – REFEIÇÃO <i>AD LIBITUM</i>	91
ANEXO III - ESCALA ANALÓGICA VISUAL DE FOME	92

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a manifestação da obesidade pode ser observada em diferentes segmentos populacionais (LIM et al., 2011; PERSELL et al., 2011), sendo considerada um fator que aumenta as chances de mortalidade e associa-se com o desenvolvimento de enfermidades como hipertensão, resistência insulínica, doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (GUH et al., 2009). Diante disso, torna-se clara a importância do controle da massa corporal para manutenção da saúde, ainda que evidências recentes apontem para o sedentarismo como fator tão importante quanto o excesso de peso (BARRY et al., 2014).

A massa corporal está relacionada à regulação do balanço energético corporal, representada por uma equação simples, na qual a homeostase energética depende do balanço entre a energia despendida e a consumida. Nesse sentido, o controle da ingestão alimentar e o exercício físico formam um tratamento não farmacológico no controle ou redução da massa corporal (FOSTER-SCHUBERT et al., 2011).

Há muitos anos o exercício físico tem sido apontado como uma ferramenta eficaz no controle e redução da massa corporal por permitir déficit no balanço energético (THOROGOOD et al., 2011). Contudo, existem evidências de que a magnitude dessas alterações pode divergir em virtude da intensidade do exercício (TRAPP et al., 2008; TREMBLAY et al., 1994). Trapp et al. (2008) demonstraram que um programa de 15 semanas de exercício intermitente de alta intensidade (8 s de esforço por 12 s de recuperação passiva, em cicloergômetro realizado na máxima intensidade - *all out*), foi mais eficaz na redução das massas corporal e de gordura (total e abdominal), quando comparado a um programa de treinamento contínuo com intensidade moderada (60% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$) com equalização do dispêndio energético entre as atividades. Neste estudo, a gordura abdominal foi medida por absorptometria radiológica de dupla energia (DEXA), a qual é correlacionada com a gordura visceral, que por sua vez, tem sido considerada prejudicial à saúde por sua associação com a síndrome metabólica (RIBEIRO FILHO et al., 2006).

Boutcher et al. (2011), ao revisarem a literatura, sugeriram duas hipóteses que poderiam ser desencadeadoras de alterações mais expressivas na redução da massa e modificação da composição corporal decorrentes da realização de um programa de treinamento envolvendo exercício intermitente de alta intensidade, sendo elas o gasto energético decorrente do excesso de consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC) e alterações no apetite.

De fato, o exercício intermitente de alta intensidade pode gerar maiores efeitos no EPOC (LAFORGIA et al., 1997), embora seu efeito seja pequeno (~64 kcal), o que sugere que a quantidade de calorias despendidas pós-exercício provavelmente não é a principal variável responsável pelos maiores efeitos desse tipo de exercício na redução da gordura corporal. Com relação ao apetite, os estudos têm demonstrado que uma sessão de exercício – principalmente os de caráter aeróbio – pode, de forma aguda, influenciar o apetite (secreção hormonal, fome e ingestão alimentar) pós-exercício (KING et al., 2010; KING et al., 2011; SCHUBERT et al., 2013; SCHUBERT et al., 2014).

O controle do apetite é complexo e responsivo tanto a fatores culturais e psicológicos, como também a fatores hormonais e neurais (SAPER; CHOU; ELMQUIST, 2002). A região hipotalâmica do cérebro tem um papel fundamental na regulação do comportamento alimentar, pois essa região está constantemente recebendo e processando sinais (neurais e hormonais) provenientes da periferia sobre o estado agudo nutricional, sendo capaz de controlar a ingestão alimentar. A área do hipotálamo mais relacionada com esses processos é o núcleo arqueado, o qual expressa diversos receptores para hormônios e peptídeos envolvidos no comportamento alimentar (SCHWARTZ et al., 2000).

Um dos principais peptídeos anorexígenos envolvidos nesse processo é o peptídeo YY₃₋₃₆ (PYY₃₋₃₆), sintetizado e liberado por células endócrinas especializadas da mucosa intestinal, atuando via corrente sanguínea, perfundindo o hipotálamo (NEARY; BATTERHAM, 2009). Por sua vez, a grelina é o peptídeo responsável pelo estímulo à ingestão alimentar. Em estado de jejum, por exemplo, ela é liberada predominantemente por células gástricas no estômago e após sofrer uma acilação com ácido graxo de cadeia média, atravessa a barreira hemato-encefálica para ligar-se ao seu receptor no hipotálamo (PATTERSON; BLOOM; GARDINER, 2011). Sendo assim, os níveis de grelina acilada e de PYY₃₋₃₆ têm sido utilizados como marcadores sensíveis a ingestão alimentar.

Enquanto sabe-se que a restrição alimentar provoca um efeito compensatório na ingestão alimentar (KING et al., 2011), após uma sessão de exercício esse efeito parece não ocorrer, sendo que após uma sessão de exercício aeróbio a energia ingerida relativa (energia consumida subtraída da despendida) é menor quando comparada à situação sem o exercício (SCHUBERT et al., 2013), acompanhada de diminuição da grelina acilada e aumento do PYY₃₋₃₆ na corrente sanguínea (SCHUBERT et al., 2014). Além disso, essas respostas podem ser acompanhadas da diminuição na sensação de fome pós-exercício,

obtida via escala analógica visual (BROOM et al., 2007; CHENG et al., 2009; KING et al., 2010).

Contudo, recentemente foram publicados estudos demonstrando que a magnitude dessas respostas foi distinta após exercícios realizados em diferentes intensidades (DEIGHTON et al., 2013a), uma vez que uma sessão de exercício de maior intensidade pode provocar maiores efeitos na supressão do apetite quando comparada à sessão realizada com menor intensidade (SIM et al., 2014). Embora o tema ainda seja controverso, um fator limitante na interpretação desses resultados é a estimativa do gasto calórico proveniente do exercício intermitente de alta intensidade (DEIGHTON et al., 2013a, 2013b; MARTINS et al., 2015; SIM et al., 2014), dado que os métodos utilizados pelos estudos recentes calcularam o gasto energético do exercício sem considerar o consumo de oxigênio durante todo o exercício (DEIGHTON et al., 2013a; MARTINS et al., 2015), o que pode subestimar o gasto energético da sessão de exercício e, por consequência, alterar o cálculo da energia ingerida relativa pós-exercício. Além disso, outro fator que também limita a compreensão dos achados é a ausência de equiparação do volume de trabalho realizado entre os tipos de exercícios (DEIGHTON et al., 2013a) e a análise do efeito da intensidade sem considerar o gasto calórico proveniente dos exercícios (SIM et al., 2015).

Além da intensidade do exercício, outro aspecto que parece afetar essas respostas é o dimorfismo sexual, pois mulheres podem apresentar comportamento compensatório superior aos homens na ingestão alimentar, acompanhado de menor resposta insulínica (hormônio considerado anorexígeno) e maior resposta da grelina acilada (HAGOBIAN et al., 2009). No entanto, até o presente momento não foram conduzidos estudos comparando essas respostas entre homens e mulheres, utilizando exercício realizado em intensidades moderada e alta, com equiparação do trabalho total realizado, com a medida do consumo de oxigênio durante todos os exercícios e com o cálculo da contribuição dos sistemas anaeróbios de modo que se obtenha melhor estimativa possível do gasto energético total.

Dado que o conhecimento da magnitude da resposta do apetite e da ingestão alimentar pós-exercício em homens e mulheres em virtude da intensidade pode ser de extrema importância para indivíduos engajados em programas de atividade física com intuito de controlar ou reduzir a massa corporal, o presente estudo teve como objetivo avaliar a ingestão alimentar, a percepção de fome e as respostas de hormônios (grelina acilada, PYY3-36, insulina e cortisol) e metabólicos (glicose, ácidos graxos, triacilglicerol

e colesterol) relacionados ao controle do apetite em homens e mulheres frente a sessões de exercícios realizados em diferentes intensidades.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Avaliação do apetite e da ingestão alimentar

O apetite pode ser definido como sensações (necessidades fisiológicas ou desejos/vontades) que promovem a ingestão alimentar (BLUNDELL et al., 2010). A análise do apetite e da ingestão alimentar se dá normalmente em três fases: avaliação da fome e outras sensações que antecedem a ingestão alimentar, da saciação e da saciedade. A fome envolve sensações que promovem a ingestão alimentar, sendo que com o início da refeição ela é substituída pela saciação, definida como a sensação que controla a quantidade e duração da refeição e que passa a ser dominante. A saciação aumenta até a cessação da alimentação e inicia-se um processo de abstinência. A sensação que determina esse período de abstinência entre as refeições é a saciedade.

As ferramentas mais utilizadas para a avaliação do apetite são escalas subjetivas envolvendo questionamentos quanto à sensação de fome, desejo de comer, consumo prospectivo e plenitude gástrica; respostas hormonais e metabólicas envolvidas no controle do apetite e ingestão alimentar; e a ingestão alimentar propriamente dita, incluindo tanto a quantidade de energia ingerida como a proporção de macronutrientes e densidade dos alimentos (BLUNDELL et al., 2010). Dessa forma, a avaliação do apetite é uma construção subjetiva e pode ser avaliada de diversas maneiras. Até o presente momento diversos estudos foram conduzidos com intuito de avaliar o apetite pós-exercício, utilizando as ferramentas acima relacionadas (KING et al., 2010; 2011; BROOM et al., 2007, 2009; SCHUBERT et al., 2013, 2014). Portanto, os tópicos que seguem abaixo visam abordar três variáveis utilizadas para avaliação do apetite, sendo elas as respostas hormonais e metabólicas que atuam no controle do apetite, a fome sentida, e a ingestão alimentar, assim como o efeito do exercício sobre elas e, complementarmente, o impacto da intensidade do exercício e a resposta entre homens e mulheres.

2.1.1 Respostas hormonais e metabólicas envolvidas no controle do apetite e ingestão alimentar

O controle do apetite e da ingestão alimentar se dá em dois níveis: o controle homeostático, no qual as informações ou aferências do estado nutricional ou energético que chegam ao sistema nervoso central, são provenientes do tecido adiposo, estômago, intestino delgado e grosso, do pâncreas e do fígado, e o controle hedonístico, no qual o

sistema nervoso faz uma avaliação das informações periféricas e também de outras áreas encefálicas, incluindo informações visuais, olfatórias e gustatórias (SAPER et al., 2002). Como o presente estudo tem como objetivo avaliar variáveis relacionadas aos mecanismos homeostáticos, serão explorados somente esses aspectos.

Portanto, do ponto de vista homeostático, sabe-se atualmente que existem conexões entre o sistema nervoso central (SNC) e a periferia, que informa sobre o estado nutricional imediato ou sobre a quantidade nutricional ingerida. Dessa maneira, o controle da ingestão alimentar tem um eixo com alças aferentes entre tecidos periféricos e os neurônios alvo no SNC, assim como existem alças humorais constituídas por peptídeos e hormônios que são liberados por esses tecidos que ganham a corrente sanguínea e chegam a regiões do SNC responsáveis pelo controle da ingestão alimentar (SCHWARTZ et al. 2000) (Figura 1).

Figura 1: Representação esquemática de hormônios e aferências provenientes de diversos tecidos e órgãos periféricos que atuam no sistema nervoso central inibindo ou estimulando a ingestão alimentar.

O núcleo arqueado no hipotálamo tem papel essencial nas integrações desses sinais no qual duas populações de neurônios estão envolvidas. Um circuito neuronal inibe a ingestão alimentar via expressão dos neuropeptídeos pró-ópio-melanocortina (POMC) e transcritos relacionados à anfetamina e cocaína (CART), que em segunda ordem expressam receptores precursores de diversos hormônios, incluindo o alfa-melanócito (alfa-MSH), que se liga a outros receptores de melanocortina como os do tipo 3 e 4 (MCR3 e MCR4) e tem papel anorexígeno, e outros que estimulam a ingestão alimentar via expressão do neuropeptídeo Y (NPY) e do peptídeo relacionado ao *agouti* (AgRP) (FUQUA; ROGOL; 2013).

Vale ressaltar que o NPY é o neuropeptídeo mais abundante e interage com diversos peptídeos que podem estimular ou inibir sua ação orexígena, sendo que a deleção de neurônios que expressam NPY resultam em anorexia pronunciada demonstrando a importância e a ligação desse neuropeptídeo com o controle do balanço energético e da massa corporal (MERCER et al., 2011).

Sinais tônicos e episódicos provenientes do tecido adiposo e de outros órgãos atuam no controle da ingestão alimentar e da massa corporal a longo prazo. Os principais hormônios tônicos envolvidos nesse processo são a insulina e a leptina, ambos hormônios considerados anorexígenos (SCHWARTZ et al., 2000). A leptina é um hormônio produzido principalmente pelos adipócitos e liberado na corrente sanguínea proporcionalmente à quantidade do tecido adiposo. Após sua liberação na corrente sanguínea, já no hipotálamo, ela se liga ao seu receptor Ob-R exercendo seu efeito anorexígeno através da inibição de neurônios que expressam NPY/AgRP (orexígenos) e estimulando neurônios que expressam POMC/CART (anorexígenos), enquanto nos tecidos periféricos atua aumentando o gasto energético. Sua deficiência pode levar à hiperfagia e à diminuição do gasto energético, que pode ser corrigida através da administração de leptina. Por outro lado, a administração de leptina para aqueles que não possuem essa deficiência não leva à hipofagia (COLL, FAROOQI e O'RAHILLY, 2007). Além disso, o quadro de obesidade pode levar a uma hiperleptinemia, que por sua vez pode gerar uma resistência hipotalâmica a esse hormônio (BLUHER; MANTZOROS, 2011), o que pode enfraquecer seus efeitos no controle do balanço energético (DÂMASO et al., 2011).

Já a insulina é secretada pelas células beta do pâncreas e atravessa a barreira hemato-encefálica e se liga ao seu receptor (IR) no SNC e atua da mesma maneira que a leptina. Tanto a leptina como a insulina também atuam de forma periférica; no tecido adiposo a leptina estimula a lipólise e a insulina a lipogênese. Conhecido como eixo adipo-insular a leptina exerce um *feedback* negativo na secreção de insulina para diminuir a lipogênese e a insulina, por sua vez, estimula a produção de leptina no tecido adiposo para estimular a lipólise (BOGUSZEWSKI; PAZ-FILHO; VELOSO, 2010).

Embora a insulina tenha seu papel na regulação da massa corporal, pois sua ação central no hipotálamo é similar à da leptina, ela também é sensível a modificações agudas no metabolismo energético. A insulina estimula a captação de glicose por tecidos dependentes desse nutriente, como cérebro, tecido adiposo e músculo esquelético, e

também atua estimulando a síntese de glicogênio e triglicerídeos (SCHWARTZ et al., 1992).

O efeito agudo dos níveis insulínicos na ingestão alimentar foi analisado em meta-análise publicada por Flint et al. (2007), na qual foi demonstrado que o aumento da insulina pós-prandial foi associado com diminuição da fome, aumento da saciedade e diminuição da ingestão alimentar subsequente, indicando que a insulina pode ser um importante sinalizador anorexígeno que atua de forma aguda. No entanto, seu papel anorexígeno em resposta ao exercício ainda não está relatado na literatura.

Por sua vez, os sinais episódicos (mais agudos) estão bem relacionados com a ingestão alimentar em si, sendo liberados pelo sistema gastrointestinal de acordo com a quantidade de alimento ingerido refeição a refeição. Os principais peptídeos envolvidos nesse sistema são a grelina e o peptídeo YY (SCHWARTZ et al., 2000).

A grelina é um peptídeo orexígeno de 28 aminoácidos descoberto por Kojima et al. (1999), que tem a origem da palavra Ghre que significa *growth hormone release* devido à descoberta de sua primeira função (ligação ao receptor do hormônio do crescimento GHR-S1) e estimulação de sua liberação. No entanto, seu papel na regulação da massa corporal é mais proeminente do que seu papel na secreção do hormônio do crescimento (PATTERSON; BLOOM; GARDINER, 2011). A grelina é sintetizada principalmente na mucosa do estômago e em menores quantidades no intestino, pâncreas e outros órgãos periféricos e pode ser encontrada sob duas formas: acilada e não-acilada. A acilação do peptídeo é essencial para a passagem da barreira hemato-encefálica e o desempenho das funções endócrinas, enquanto a grelina não-acilada não está totalmente inativa e desempenha outras funções não endócrinas (VAN DER LELY et al, 2004).

A grelina exerce seu efeito primário no núcleo arqueado no hipotálamo, estimulando o NPY e o AgRP e, conseqüentemente, a ingestão alimentar. Em adição, a grelina acilada pode também atuar inibindo neurônios anorexígenos (FUQUA; ROGOL; 2013) (Figura 2). Em jejum, por exemplo, ou quando há baixos níveis de glicose e insulina, os níveis de grelina acilada aumentam na circulação e diminuem após uma refeição (MURPHY; BLOOM, 2006). O papel orexígeno da grelina acilada já foi comprovado por diversos estudos demonstrando que a administração de grelina acilada aumenta a ingestão alimentar de maneira aguda e pode, a longo prazo, ocasionar aumento da massa corporal (ASAKAWA et al., 2003; WREN et al., 2001).

Se por um lado a grelina acilada é um peptídeo que pode atuar no aumento da ingestão alimentar, por outro lado, um dos principais hormônios envolvidos no processo de inibição da ingestão alimentar é o peptídeo YY (PYY), que também pode ser encontrado sob duas formas, o PYY₁₋₃₆ e o PYY₃₋₃₆, sendo que o PYY₃₋₃₆ é predominante na circulação e tem maiores efeitos no apetite. O PYY é um peptídeo com 36 aminoácidos, sintetizado e liberado por células L na parte distal do trato gastrointestinal, atuando via corrente sanguínea, chegando ao hipotálamo e inibindo neurônios NPY/AgRP (NEARY; BATTERHAM, 2009) (Figura 2).

Em jejum os níveis de PYY são baixos e podem aumentar rapidamente em resposta à ingestão alimentar. Batterham et al. (2002) reportaram que injeções intraperitoniais de PYY₃₋₃₆ resultaram em diminuição da ingestão alimentar em ratos, sendo que em humanos eutróficos a infusão periférica de PYY₃₋₃₆ reduziu o apetite e a ingestão alimentar por 24 horas. Sendo assim, os níveis de grelina acilada e do PYY₃₋₃₆ têm sido utilizados como mediadores da ingestão alimentar (MURPHY; BLOOM, 2006).

Figura 2: Representação esquemática do efeito dos hormônios gastrointestinais nos receptores do núcleo arqueado do hipotálamo (Adaptado de FUQUA ; ROGOL, 2013).

Nota: TGI: trato gastrointestinal; PYY: peptídeo YY; NPY: neuropeptídeo Y; AgRP: peptídeo relacionado ao agouti; POMC: neuropeptídeos pró-ópio-melanocortina; CART: neuropeptídeo transcrito relacionado à amfetamina e cocaína; αMSH: alfa-melanócito; MC3/4R: receptores de melanocortina do tipo 3 e 4.

Com relação ao impacto do exercício nos hormônios gastrointestinais, diversos estudos têm sido conduzidos (BALAGUERA-CORTEZ et al., 2011; BROOM et al., 2007; BROOM et al., 2009; DEIGHTON et al., 2013a; 2013b; HAGOBIAN et al., 2013; KING et al., 2011; SHORTEN; WALLMAN; GUELGI, 2009; UEDA et al., 2009). Geralmente os estudos apontam para alterações desses hormônios pós-exercício no sentido de gerar resposta anorexígena (BROOM et al., 2009, DEIGHTON et al., 2013). No entanto, também é possível encontrar na literatura estudos mostrando resultados contrários (BALAGUERA-CORTEZ et al., 2011; UEDA et al., 2009).

Recentemente foi publicada uma meta-análise (SCHUBERT et al., 2014) analisando o efeito do exercício sobre a resposta da grelina acilada, do PYY total e de outros hormônios anorexígenos (o polipeptídeo pancreático – PP - e o peptídeo semelhante ao glucagon – GLP-1). Para tanto, foi considerada a área sob a curva frente a situações com e sem exercício. O cálculo da área sob a curva é um método frequentemente usado para observação de modificações em alguma variável (ex. hormônio) ao longo de um período de tempo, que inclui em uma única medida informações contidas em medidas repetidas. O cálculo da área sob a curva permite ao pesquisador simplificar a análise estatística e aumentar o poder do teste sem sacrificar a informação contida em múltiplas medidas (PRUESSNER et al, 2003).

Nessa meta-análise foram incluídos um total 20 estudos (28 sessões experimentais), sendo que 18 estudos analisaram grelina acilada (25 sessões experimentais), nove estudos analisaram PYY (14 sessões experimentais), cinco estudos analisaram GLP-1 (oito sessões experimentais) e quatro analisaram PP (cinco sessões experimentais). As variáveis moderadoras incluídas foram: tipo de exercício, sexo, estado alimentar, método de análise dos hormônios (ELISA, radioimunoensaio e multiplex), gasto energético proveniente do exercício, duração e intensidade do exercício, índice de massa corporal dos participantes, tempo de análise da área sob a curva e $\dot{V}O_2\text{máx}$. O número de participantes envolvidos totalizou 241, sendo destes 187 homens, com índice de massa corporal entre 19,8 e 32,5 kg.m^{-2} (mediana de 23,4 kg.m^{-2}), $\dot{V}O_2\text{máx}$ entre 34 e 63 $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (mediana de 56,9 $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$). A duração dos protocolos com exercício aeróbio variou entre 30 e 120 min (mediana de 60 min), com intensidade entre 45 a 75% do $\dot{V}O_2\text{máx}$ (mediana de 70% do $\dot{V}O_2\text{máx}$) e incluiu estudos com exercício de força, com duração entre 45 a 90 min e intensidade correspondente a 10-12 repetições máximas. Comparando a área sob a curva das situações com exercício com as situações controle, para a grelina acilada observou-se efeito do exercício ($p = 0,024$) com redução de 16,5%, sem influência das variáveis moderadoras. Para o PYY, GLP-1 e PP também observou-se efeito do exercício ($p = 0,044$; $p = 0,019$; e $p = 0,011$; respectivamente) com aumento da área sob a curva de 9%, 13% e 15%, respectivamente. Assim como para a grelina acilada, nenhuma variável moderadora exerceu influência sobre esses hormônios.

De fato, a partir dos dados presentes na literatura é possível afirmar que após uma sessão de exercício (principalmente os de caráter aeróbio), a grelina acilada (orexígena)

pode ser suprimida, e peptídeos anorexígenos como PYY, GLP-1 e PP podem ser estimulados temporariamente.

Para além das respostas dos hormônios gastrointestinais o controle da ingestão alimentar pode ainda ser modulado pela ativação ou inibição do eixo hipotálamo-pituitário-adrenal (HPA). A ativação do eixo inicia-se com a expressão do hormônio liberador de corticotropina (CRH do inglês para *corticotropin release hormone*), o qual é secretado por neurônios do núcleo paraventricular do hipotálamo. O CRH é direcionado para a região anterior da pituitária, estimulando a secreção do hormônio adrenocorticotrópico (ACTH do inglês para *adreno corticotropic hormone*). Seguindo a ativação do eixo, o ACTH estimula a produção de glicocorticóides na glândula adrenal. O CRH tem potente ação anorexígena, pois interage com o neuropeptídeo Y no hipotálamo (MANIAN; MORRIS; 2012).

Digno de nota, o quadro de hipercortisolemia favorece a retroalimentação negativa do eixo, no qual o cortisol atua nos núcleos paraventriculares do hipotálamo e na glândula pituitária, inibindo a secreção de CRH e ACTH. Por consequência, a ingestão alimentar é estimulada pela ativação dos núcleos arqueados e pela inibição da secreção de CRH nos núcleos paraventriculares do hipotálamo (BEGG; WOODS, 2013). Essa hiperativação do eixo HPA em situações crônicas, como por exemplo, em indivíduos cronicamente estressados, pode ocasionar aumento da ingestão alimentar, da massa corporal, da gordura abdominal, da morbidade por doença cardiovascular e mortalidade. Atualmente o estresse tem sido apontado como um fator que contribui para a obesidade através do aumento da ingestão alimentar via interação com componentes endócrinos e neurais (MELIN; PINHÃO; CORREIA, 2012).

De forma aguda o eixo HPA também pode atuar de maneira bimodal, pois geralmente estresses físicos como choque elétrico não levam ao estímulo da ingestão alimentar, podendo até inibi-la, ao passo que estresses psicológicos como a impossibilidade de conseguir realizar uma tarefa ou exposição pública podem levar ao aumento da ingestão alimentar (HEATHERTON; HERMAN; POLIVY, 1991). Colocar uma das mãos em um balde de gelo pode gerar aumento no cortisol concomitantemente com a diminuição da fome sentida e da ingestão alimentar (GELIEBETER et al., 2012). Portanto, a ativação desse eixo pode tanto inibir como aumentar a ingestão alimentar por interações hipotalâmicas como, por exemplo, com o NPY.

Assim, situações que estimulam ou inibem o eixo HPA promovem alterações significativas no comportamento alimentar e no metabolismo energético. Durante o

exercício, a ativação do eixo HPA ocasiona o aumento das concentrações de cortisol, que promove aumento na disponibilidade de glicose, bem como processos de gliconeogênese e lipólise, potencializando a manutenção do trabalho (LEAL-CERRO et al., 2003). Portanto, em situações envolvendo exercício, embora saiba-se que o cortisol pode aumentar, o aumento da ingestão alimentar parece não ocorrer, sugerindo que, de fato, a ativação do eixo HPA em situações com exercício assim como em outros estresses físicos pode ter seu papel anorexígeno.

Em estudo utilizando modelo animal (KAWAGUCHI et al. 2005), ratos foram submetidos a um protocolo de corrida (*running wheel*) durante quatro semanas e foi observada diminuição na ingestão alimentar e na massa corporal, concomitantemente ao aumento significativo na expressão gênica de CRH no dorso medial do hipotálamo. Além disso, quando os ratos receberam uma injeção de antagonista de CRH no hipotálamo o efeito do exercício na ingestão alimentar e na massa corporal foi atenuado, sugerindo que o CRH tem papel importante na anorexia induzida pelo exercício (KAWAGUCHI et al., 2005). No entanto, é incipiente o conhecimento desta regulação em humanos, principalmente em modelos envolvendo exercício físico.

Outros tipos de sinais que podem atuar no controle da ingestão alimentar são os nutrientes. A glicose sanguínea é o nutriente que tem sua relação com o apetite mais investigada (FLINT et al., 2007). No entanto, tanto o aumento da glicose, como de outros nutrientes como ácidos graxos e o lactato são postulados como sinais anorexígenos, pois acredita-se que esses nutrientes sejam detectados por receptores no hipotálamo (FRIEDMAN, 1995; BEGG; WOODS, 2013). O aumento da glicose sanguínea também pode modular apetite e ingestão alimentar ativando receptores sensíveis a glicose no fígado (veia porta) reduzindo o apetite e ingestão alimentar por via aferente (LANGHANS et al., 1996). Adicionalmente os níveis de glicose no sangue também podem alterar a liberação de hormônios ligados ao apetite e ingestão alimentar como a insulina e a grelina (SHIYA et al., 2002; SCHWARTZ et al., 1992). Porém essa relação ainda é questionável dado que o aumento de glicose na circulação não leva obrigatoriamente à inibição da ingestão alimentar (FLINT et al., 2007).

Antigamente (década de 1990) acreditava-se que os níveis sanguíneos desses nutrientes eram os principais responsáveis pela modulação do apetite (FRIEDMAN, 1995; SCHEURINK et al., 1991), no entanto, com o descobrimento do papel dos hormônios nessa regulação, passou-se a dar menor importância ao papel desses nutrientes.

Durante o exercício as concentrações sanguíneas de glicose e ácidos graxos podem aumentar como aporte energético para a transferência de energia (SPRIET et al., 2014). Portanto, embora os estudos tenham incluído a análise da glicemia e dos ácidos graxos em estudos envolvendo exercício e apetite pouco tem sido debatido sobre a relação dos níveis desses nutrientes na corrente sanguínea e o efeito anorexígeno do exercício. Essa relação é suportada em estudo demonstrando maiores aumentos da glicemia e do lactato pós-exercício concomitantemente com maior redução da energia ingerida ao comparar dois protocolos de exercício (SIM et al., 2014), ao passo que nem sempre o exercício é capaz de alterar os níveis circulantes desses nutrientes, embora seu efeito anorexígeno tenha ocorrido (HALSE; WALLMAN; GUELF, 2011; SHORTEN WALLMAN, GUELF, 2009). Portanto, considerando que o exercício pode aumentar os níveis sanguíneos desses substratos e seu poder anorexígeno, é plausível que a concentração desses nutrientes possa ter o seu papel no controle do apetite e da ingestão alimentar pós-exercício.

Contudo, pode-se observar que diversas variáveis sanguíneas estão envolvidas no controle homeostático do apetite e da ingestão alimentar, e que o exercício pode de fato influenciar essas variáveis no sentido de gerar uma resposta anorexígena, mas não se sabe com exatidão qual o peso que cada uma dessas respostas hormonais e metabólicas tem na magnitude das alterações no apetite e na ingestão alimentar frente a uma sessão de exercício.

2.1.2 Escala Analógica Visual

Um método bastante utilizado para a avaliação das sensações subjetivas relacionadas ao apetite é a escala analógica visual (EAV) que é composta por uma linha horizontal de 100 ou 150 milímetros, na qual uma das extremidades representa o máximo da percepção de uma variável (p. ex. fome) e na outra extremidade o mínimo de percepção. Os participantes são orientados a marcar uma linha vertical no ponto em que a sua sensação de fome ou outro tipo de percepção se apresenta. O ponto marcado é medido com auxílio de uma régua, da extremidade esquerda (pontuação mínima 0 mm) para direita (pontuação máxima 100/150 mm), para determinação dos escores (BLUNDELL et al., 2010; FLINT et al., 2000). Geralmente essas escalas são aplicadas antes e após o consumo alimentar em diversos intervalos de tempos (FLINT et al., 2000).

Flint et al. (2000) testaram a reprodutibilidade da escala analógica visual (100mm) na avaliação das sensações relacionadas com o apetite. Em duas ocasiões idênticas, as

escalas foram utilizadas para avaliar a fome, saciedade, e o desejo de comer algo gorduroso, salgado, doce ou saboroso, antes do café da manhã padronizado; condição em que os participantes se encontravam em jejum, e 4,5 h após o café da manhã. A cada 30 min foram aplicadas as escalas e, subsequentemente, foi oferecido o *buffet ad libitum*, e a ingestão alimentar computada. Com relação à reprodutibilidade dos escores de apetite não foi observada diferença entre os dias na condição de jejum nem no período subsequente ao café da manhã (média das 4,5 h) tampouco houve diferença no desejo de comer alimentos específicos. Também não foi observada diferença entre a energia ingerida em ambos os dias.

Sadou et al. (2014) analisaram a relação entre os escores de sensações ligadas ao apetite (fome, vontade de comer e prospecção alimentar) e a ingestão alimentar subsequente. Foram incluídos no estudo 23 trabalhos controlados e randomizados que incluíram 403 mulheres e 146 homens com média 43 anos de idade, 73 kg de massa corporal, 171 cm de altura e índice de massa corporal de 25 kg.m^{-2} . O escore de fome foi o melhor índice relacionado com a ingestão alimentar ($r^2 = 0,915$). Portanto, essa variável foi utilizada para validação cruzada que incluiu, idade, sexo, massa corporal e taxa metabólica basal estimada para construir um modelo para prever a ingestão alimentar. Todas essas variáveis juntas explicaram 25% da variação na ingestão alimentar ($p < 0,001$), enquanto que somente a fome explicou 19% ($p < 0,001$). Além disso, foi analisada a mínima diferença nos escores de fome para alterar a energia ingerida e foi detectado que 15 mm (escala de 100mm) foi suficiente para impactar a ingestão alimentar.

Apesar das escalas se mostrarem reprodutíveis e poderem de fato estarem relacionadas com as alterações na ingestão alimentar, até o presente momento não foram encontrados estudos avaliando a reprodutibilidade da escala após uma sessão de exercício. No entanto, a maioria dos estudos a utiliza para verificar diversas sensações ligadas ao apetite (fome, saciedade etc.) antes e após uma sessão de exercício. Diversos estudos têm demonstrado que o exercício altera o apetite de maneira transiente no sentido de inibir as percepções ligadas a ele (p. ex., fome, vontade de comer), quando comparado com uma situação sem exercício (BROOM et al., 2007, 2009; KING et al., 2010, 2011).

Portanto, embora a reprodutibilidade das escalas analógicas visuais envolvendo sensações ligadas ao apetite não tenham sido testadas em situações envolvendo exercício (FLINT et al., 2000) muitos estudos a tem utilizado para verificar o efeito do exercício

sobre elas e o exercício tem se mostrado capaz de alterar essas percepções no sentido de suprimir o apetite.

2.1.3 Ingestão alimentar

A ingestão alimentar pós-exercício de fato é uma das principais variáveis que pode ser analisada, pois reflete se o exercício exerceu ou não algum efeito no balanço energético de forma aguda. Para avaliar a ingestão alimentar, os estudos utilizaram protocolos envolvendo o oferecimento de algum tipo de alimentação (*buffet*) para que os voluntários se servissem à vontade (*ad libitum*) (SCHUBERT et al., 2013). Independentemente do tipo de alimentação que é oferecida, são computadas as calorias consumidas e determinada a energia ingerida absoluta (EIA). Para verificar se o exercício influenciou ou não a quantidade de calorias consumidas é calculada a energia ingerida relativa (EIR), que representa a energia ingerida em relação ao gasto energético proveniente do exercício (i.e., energia consumida menos a despendida).

Como a ingestão alimentar pode variar diariamente em termos de quantidade e seleção de nutrientes intra-indivíduo, dado que o comportamento alimentar pode ser afetado por aspectos sensoriais (visão, paladar e olfato), aspectos emocionais e situações sociais (BLUNDEL et al., 2010) existe preocupação com o grau de consistência dessa medida adquirida em condições laboratoriais.

Com intuito de verificar a reprodutibilidade da medida da ingestão alimentar *ad libitum*, Gregersen et al. (2008) avaliaram a ingestão alimentar *ad libitum* (macarrão) em 55 homens eutróficos divididos em dois grupos: sem e com alimentação padronizada prévia (dieta padronizada nos dois dias que antecederam cada teste). Para isso, foi oferecido aos participantes um café da manhã padronizado (com valor energético de 2000 kJ para todos os participantes) e após 4,5 h o *buffet ad libitum* em dois dias separados, em situações idênticas. Houve correlação entre a ingestão alimentar nos dois dias de testes ($r = 0,861$; $R^2 = 0,752$; $p < 0,001$) para o grupo com dieta padronizada e para o grupo sem dieta prévia padronizada ($r = 0,654$; $R^2 = 0,428$; $p < 0,001$), com coeficiente de variação de 8,9% e 14,5%, e com coeficiente de confiança (BLAND; ALTMAN, 1986) dentro dos limites de concordância, demonstrando que a ingestão alimentar foi reprodutível. Não houve efeito na reprodutibilidade da ingestão alimentar *ad libitum* em virtude da dieta prévia; no entanto, a dieta prévia exerceu aumento na ingestão alimentar.

Nair et al. (2009), além de demonstrarem a reprodutibilidade da ingestão alimentar *ad libitum* (pães, frios, vegetais, frutas, doces, café e etc.) com coeficiente de correlação intraclasse (r_i) de 0,9, também demonstraram a reprodutibilidade de ingestão dos macronutrientes: proteína ($r_i = 0,77$), gordura ($r_i = 0,68$) e carboidrato ($r_i = 0,54$) em três visitas ao laboratório em 15 homens eutróficos. Além disso, o esvaziamento gástrico, as respostas insulínicas e glicêmicas também demonstraram serem medidas reprodutíveis ($r_i = 0,90$; $r_i = 0,72$; $r_i = 0,88$; respectivamente).

Testando a reprodutibilidade da ingestão alimentar após sessões incluindo exercício existe somente um estudo disponível na literatura, no qual Laan et al. (2010) submeteram 19 participantes (homens e mulheres), eutróficos, fisicamente ativos, a: (1) exercício aeróbio (35 min pedalando a 70% da frequência cardíaca de reserva); (2) exercícios de força (35 min, 3 séries de 5 exercícios a 70% de 1RM); (3) situação controle. Todas as sessões foram realizadas em duplicata. Após 30 min do final de cada exercício e na situação controle, uma refeição *ad libitum* foi oferecida (salada de macarrão e água). A energia ingerida absoluta foi altamente associada com o tratamento para sessão aeróbia, força e controle ($r = 0,85$, $r = 0,81$, $r = 0,75$; $p < 0,0001$). Os índices de correlação intraclasse tiveram bons níveis de reprodutibilidade ($r_i = 0,89$ após aeróbio; $r_i = 0,89$ após exercício de força; e $r_i = 0,85$ após controle) e a plotagem de *Bland e Altman* não indicou viés sistemático, demonstrando que a análise da ingestão alimentar por *buffet ad libitum* parece ser uma medida reprodutível incluindo as situações nas quais há intervenção com exercício.

Outrora, Mayer, Roy e Mitra (1956) já haviam levantado o questionamento sobre o exercício como gerador de um efeito compensatório na ingestão alimentar, aumentando a fome e, conseqüentemente, a ingestão alimentar. No entanto, a partir da década de 1990 muitos estudos começaram a ser realizados e, atualmente, diversos pesquisadores estão engajados em analisar o efeito do exercício na ingestão alimentar *ad libitum* (DEIGHTON et al., 2013a, 2013b; GEORGE; MORGAINSTEN, 2003; ERDMAN et al., 2007; HAGOBIAN et al., 2009; KING; BURLEY; BLUNDELL, 1994; KING; BLUNDELL, 1995; IMBEAUT et al., 1997; POMELEAU et al., 2004; MARTINS et al., 2015).

Recentemente, foi publicada meta-análise (SCHUBERT et al., 2013) que incluiu como variáveis analisadas a EIA e EIR pós-exercício de 30 estudos (51 sessões experimentais), totalizando 584 participantes, sendo 359 do sexo masculino. Esses participantes tinham consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$) entre 34 e 63 $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$; (mediana de 49,7 $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e índice de massa corporal entre 19,8 e 37,2 kg.m^{-2} .

(mediana de $22,8 \text{ kg.m}^{-2}$). A duração do exercício nesses estudos variou entre 30 e 120 min, com intensidade entre 36 e 81% do $\dot{V}O_2\text{máx}$ (mediana de 60 min e 70% $\dot{V}O_2\text{máx}$), sendo que durante as sessões experimentais a análise do consumo alimentar foi realizada de 2 a 14 h e as refeições *ad libitum* oferecidas entre 0 e 2 h após o exercício. O gasto energético proveniente das sessões com exercício variou entre 335 e 6500 kJ (mediana de 1890 kJ). As variáveis moderadoras utilizadas por esse estudo incluíram o tipo de exercício, sexo, estado alimentar (jejum ou alimentado), nível de atividade física, gasto energético proveniente do exercício, duração e intensidade do exercício, índice de massa corporal dos participantes e número de refeições pós-exercício. Para a EIA os resultados não indicaram efeito do exercício ($p = 0,059$), sendo que a única variável moderadora que influenciou a EIA pós-exercício foi o estado de treinamento, sendo que os sujeitos com baixo e moderado níveis de atividade física tiveram o tamanho do efeito negativo (supressão da energia ingerida) e os sujeitos com maior nível de atividade física tiveram o efeito oposto. Utilizando os valores de $\dot{V}O_2\text{máx}$, a meta regressão mostrou uma relação positiva entre o $\dot{V}O_2\text{máx}$ e o tamanho do efeito, indicando que valores mais altos de $\dot{V}O_2\text{máx}$ modificam a curva para valores positivos (aumento da energia ingerida). Para EIR, a meta-análise revelou efeito do exercício na supressão da ingestão alimentar ($p < 0,001$) e nenhuma variável moderadora exerceu influência nos resultados.

O fato da quantidade de energia gasta durante a realização do exercício não exercer nenhum efeito sobre a ingestão alimentar é ressaltado pelos pesquisadores (SCHUBERT et al., 2013), demonstrando que os trabalhos com exercício e ingestão alimentar podem estar subestimando ou superestimando o gasto calórico medido durante o exercício. Assim, isso pode ser um problema na análise do efeito do exercício na ingestão alimentar, dado que o gasto calórico influencia na EIR, que é uma variável de extrema importância. Da mesma forma que pode estar havendo uma subestimação ou superestimação do gasto calórico no exercício, algo similar pode estar ocorrendo para a EIR, principalmente quando há mais de uma intervenção envolvendo exercício.

Muitos estudos não utilizaram calorimetria indireta para estimar o gasto calórico, sendo que diferentes métodos foram utilizados para essa estimativa, como equações baseadas no consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) mensurado durante o teste máximo (DEIGHTON et al., 2013a; PORMELEAU et al., 2004;), e equações baseadas na frequência cardíaca do teste máximo (GEORGE; MORGANSTEIN, 2003; MARAKI et al., 2005). Efetivamente,

esse aspecto é um problema, pois pode confundir os achados, além de ocasionar uma quantificação equivocada da EIR.

Embora existam muitos estudos demonstrando que o exercício exerce influência na EIR, essas modificações não alteram a proporção dos tipos de macronutrientes (carboidratos, proteínas e gorduras) ingeridos (DEIGHTON et al., 2013a; KING et al., 2010; LARSON-MEYER et al., 2012; MARTINS et al., 2015). Adicionalmente, Shorten, Wallman e Guelfi (2009) demonstraram não haver efeito do exercício na escolha por alimentos sólidos ou líquidos.

Portanto, é possível concluir que o exercício é capaz de criar um déficit energético comparado a uma situação controle (sem realização de exercício), sem modificações na proporção do tipo de macronutrientes ingeridos.

2.2 Efeito do exercício de alta intensidade no apetite e na ingestão alimentar

O efeito da intensidade do exercício na ingestão alimentar tem sido alvo de diversos estudos publicados recentemente (ALKATANI et al., 2014; BAILEY et al., 2015; DEIGHTON et al., 2013a; 2013b, MARTINS et al., 2015; SIM et al., 2014). De acordo com a meta-análise realizada por Schubert et al. (2013), que objetivou analisar a ingestão alimentar relativa, e Schubert et al., (2014) que objetivaram analisar hormônios relacionados ao comportamento alimentar, a intensidade não exerceu efeito para ambas as variáveis ($p = 0,212$ para a energia relativa ingerida; $p = 0,133$ para a grelina acilada; $p = 0,682$ para o PYY). Contudo, essas meta-análises não incluíram estudos mais recentes que utilizaram exercício intermitente de alta intensidade (superior a 85% $\dot{V}O_{2\text{máx}}$) (ALKATANI et al., 2014; BAILEY et al., 2015; DEIGHTON et al., 2013b, MARTINS et al., 2015; SIM et al., 2014).

Um aspecto que deve ser considerado no tocante aos efeitos do exercício de alta intensidade é a zona de intensidade na qual os estudos observaram o efeito no apetite e ingestão alimentar. O exercício intermitente de alta intensidade é composto por períodos de esforço ($\sim$ acima de 90% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$), seguido de um período de pausa ativa (exercício de baixa intensidade) ou passiva (repouso), dado que não é possível manter essa intensidade de esforço por longos períodos de tempo. Esses períodos de esforço são realizados sucessivamente, ou seja, nesse tipo de exercício podem ocorrer diversas combinações de tempo de esforço e pausa assim como da relação entre elas (GLAISTER, 2005). Os estudos utilizando protocolos de alta intensidade estão apresentados no Quadro 1.

Autor	Amostra	Situações Experimentais	Equalização	Alimentação pré	Alimentação pós
Deighton et al. (2013a)	12 homens fisicamente ativos, eutróficos	1) 60 min a 65% $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ 2) 6 x 30s a 7,5% massa corporal (<i>all out</i>) 3) Controle	Não houve	Pão, margarina, geleia, banana e suco de morango - 30% da ETDR	Cardápio variado
Deighton et al. (2013b)	12 homens, fisicamente ativos, eutróficos	1) 60min a 60% $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ 2) 10 x 4:2min a 85-95% $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ 3) Controle	Trabalho 527 kJ Gasto calórico 2451 kJ	Pão, margarina, geleia, banana e suco de morango 30% da ETDR	Cardápio variado
Sim et al. (2014)	17 homens, sedentários, obesos	60% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ 60:240s (100 e 50% do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$) 15:60s (170 e 32% do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$) Controle	Trabalho 228 kJ	Jejum	Aveia e leite
Martins et al. (2015)	5 homens e 7 mulheres com sobre peso e obesos sedentários	70% $FC_{\text{máx}}$ 250kcal 8s:12s 85-90 $FC_{\text{máx}}$ 250kcal 8s:12s 85-90 $FC_{\text{máx}}$ 125kcal	Gasto calórico 250 kcal e 125 kcal	Pão, suco de laranja, leite, queijo e presunto (600 kcal)	Sanduíche (queijo, presunto, salame e patês), iogurte e batata frita
Akatani et al., (2014)	12 homens sobrepeso e obesos, sedentários	1) 6 x 5 min acima e baixo da $FAT_{\text{máx}}$ 2) 15s (85% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$) : 15s (25% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$)	Trabalho ~1490 W	Jejum	Não foi analisada
Bailey et al., (2015)	12 homens, eutróficos, fisicamente ativos	1) 50 min a 70% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ 2) 6 x 3min (90% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$): 3min (50% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$)	Gasto calórico (~820 kcal)	Leite desnatado e cereal, 30% da ETDR	Não foi analisada

As recentes investigações com exercício intermitente de alta intensidade devem-se principalmente aos resultados de estudos longitudinais que demonstraram que pessoas que realizaram esse tipo de treinamento alcançaram reduções significativas na massa corporal (HEYDARI et al., 2012; TRAPP et al., 2008). Além disso, quando comparado a um programa com exercício de intensidade moderada, o treinamento em alta intensidade resultou em maiores impactos na redução da massa gorda (TRAPP et al., 2008). Frente a isso, foram levantadas suposições de que esse efeito possa ter ocorrido em decorrência de maior inibição no apetite após o exercício de alta intensidade (TRAPP et al., 2008).

Especificamente, Trapp et al. (2008) demonstraram que um programa de 15 semanas de exercício intermitente de alta intensidade (60 sequências de 8 s de esforço por 12 s de recuperação passiva com a carga de 0,5kg) em cicloergômetro na máxima intensidade (*all out*), foi mais eficaz na perda de massa e redução do percentual de gordura abdominal ($- 2,5 \pm 0,83$ kg; $- 0,15 \pm 0,07$ kg) quando comparado ao grupo que realizou programa de treinamento contínuo com intensidade moderada (60% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$) ($+ 0,44 \pm 0,88$ kg; $+ 0,11 \pm 0,08$ kg;) e ao grupo controle ($+ 0,33 \pm 0,47$ kg ; $+ 0,03 \pm 0,04$ kg).

A partir desse trabalho foram conduzidos outros estudos avaliando se, de fato, o exercício intermitente de alta intensidade seria capaz de ocasionar maiores efeitos na supressão do apetite (DEIGHTON et al., 2013a; 2013b; MARTINS et al., 2015; SIM et al., 2014). Deighton et al. (2013a) objetivaram comparar o comportamento alimentar em homens eutróficos, saudáveis, após exercício supramáximo de menor volume (143 ± 13 kJ) e gasto energético (594 ± 50 kJ), com exercício contínuo de intensidade moderada de maior volume (556 ± 121 kJ) e gasto energético (2640 ± 418 kJ). As sessões experimentais tiveram duração de 8 h, sendo que o exercício foi iniciado às 2,25 h do experimento e os participantes tiveram acesso ao *buffet ad libitum* às 3,5 e às 7 h do experimento. A percepção de fome foi menor logo após o término do exercício, mas a *posteriori* foi maior no exercício de maior intensidade comparado ao controle ($p < 0,05$). Foi observado que o consumo energético relativo foi menor após o exercício moderado (10908 ± 3238 kJ) comparado ao controle (12941 ± 3113 kJ, diferença de 15,7%), e tendência de consumo energético relativo inferior no exercício moderado comparado com o intenso (11,5%; $p = 0,082$), porém não houve diferença entre o controle e o exercício de maior intensidade ($p = 0,221$; 12326 ± 2987 kJ). Também ocorreram maiores elevações de grelina acilada no controle comparado com os exercícios moderado ($p = 0,024$) e intenso ($p < 0,0005$); logo após o exercício, e 0,75 h após, a grelina acilada estava mais suprimida no exercício de maior intensidade comparado ao controle ($p < 0,002$). A área sob a curva da grelina acilada

foi menor nos exercícios de alta e moderada intensidades, comparado ao controle (intervalo de 1,75-3,5 h e 1,75-8 h; todos com $p < 0,05$). Além disso, a área sob a curva foi menor no exercício intenso quando comparado ao controle no intervalo de 3,5-8 h ($p < 0,001$). Por sua vez, o PYY apresentou-se mais elevado imediatamente após o exercício de intensidade moderada quando comparado com o controle ($p < 0,05$).

Posteriormente, o mesmo grupo de pesquisadores (DEIGHTON et al., 2013b), conduziram outro estudo totalizando 8 horas de experimento e duas refeições *ad libitum* (às 3,75 e 7 h), investigando, em homens eutróficos e saudáveis, o efeito do exercício de alta e moderada intensidades, no entanto, adicionando a equalização do trabalho e gasto energético, realizados entre 2-3 h do experimento. Para a energia ingerida relativa houve somente diferença entre as sessões de exercício de alta e moderada intensidades e o controle, sendo a energia ingerida relativa 44 e 50% menor após o exercício intenso e moderado comparado ao controle ($p < 0,05$ para ambos), não havendo efeito da intensidade ($p = 0,625$) (controle: 4759 ± 1238 kJ; moderado: 2362 ± 1224 kJ; intenso: 2523 ± 1402 kJ). Para as concentrações do PYY₃₋₃₆, a área sob a curva (0 a 3,5 h) foi maior para a situação com exercício de menor intensidade ($11,2 \pm 8,4$ pg/ml) em comparação com a situação controle ($4,7 \pm 2,9$ pg/ml; $p = 0,027$), no entanto a área sob a curva (3,5-8 h e 0-8 h) apresentou-se mais elevada na situação com exercício de maior intensidade ($20,1 \pm 13,5$; $16,6 \pm 11,9$ pg/ml) em comparação com a situação controle ($11,2 \pm 9,6$; $p = 0,05$; $8,2 \pm 5,9$ pg/ml; $p = 0,026$; respectivamente). A fome durante e imediatamente após o exercício foi suprimida no exercício mais intenso comparado com o controle.

Por sua vez, Martins et al. (2015) não identificaram efeito da intensidade nem nos hormônios ligados ao apetite, tampouco na percepção de fome e na energia consumida relativa em si. Esse grupo de pesquisadores submeteu indivíduos sedentários, obesos e com sobrepeso, a três condições experimentais: duas situações com gasto energético equivalente (250 kcal, intensidades alta e moderada) e outra com gasto energético menor (125 kcal, intensidade alta), em experimento com duração de 3 h. Houve redução da área sob a curva da grelina acilada nas situações com dispêndio de 250 kcal (exercício moderado: 9889 ± 3175 pg/ml*min; exercício intenso 9945 ± 3658 pg/ml*min) quando comparado com a situação controle (11764 ± 3955 pg/ml*min; $p = 0,020$; $p = 0,037$, respectivamente), mas não houve diferença do controle com o exercício com gasto energético de 125 kcal (10595 ± 179 pg/ml*min). Não houve efeito para o PYY₃₋₃₆ tampouco para o tipo de macronutriente ingerido entre as condições. Comparado com o controle (115 ± 196 kcal), a energia ingerida relativa foi menor em todas as situações com exercício (exercício moderado: -141 ± 171

kcal, $p < 0,001$; exercício intenso: -87 ± 174 kcal, $p = 0,002$; exercício intenso com gasto energético menor: -27 ± 142 , $p = 0,001$); e após exercício com moderada intensidade (250 kcal), a energia ingerida relativa foi menor que após exercício intenso (125 kcal; $p < 0,001$). Não houve efeito das condições experimentais para a sensação de fome.

Em contrapartida, Sim et al. (2014) investigaram, em homens com sobrepeso e sedentários, o efeito da intensidade em três protocolos considerados de intensidades moderada, intensa e muito intensa. Houve equalização do trabalho e o experimento total teve duração de 2 h, no qual os participantes se exercitaram em jejum. Logo após o exercício ou a situação controle os voluntários receberam uma bebida padrão (350ml totalizando 1120 kJ) e após 70 min puderam se alimentar à vontade (leite e aveia). Após essa refeição foi contabilizada a energia ingerida durante 24 h por meio do registro do diário alimentar. Não houve efeito na sensação de fome entre as situações. A concentração de lactato no exercício muito intenso foi maior e permaneceu elevada após 35 min quando comparada com os exercícios intenso, moderado e controle ($p < 0,015$), e a mesma permaneceu elevada aos 65 min após exercício muito intenso quando comparada ao controle ($p = 0,046$). Adicionalmente, a glicose sanguínea logo após o exercício muito intenso apresentou-se mais elevada ($p < 0,015$) comparado com as outras situações. Houve menor concentração da grelina acilada imediatamente após, em resposta ao exercício muito intenso quando comparado com todas as outras situações ($p < 0,05$), porém não houve efeito para a PP, PYY e insulina. A energia ingerida (incluindo os registros, a refeição padrão e a refeição *ad libitum*) após os exercícios muito intenso (2488 ± 1202 kJ) e intenso (2602 ± 1086 kJ) foi menor quando comparada ao controle (3199 ± 1642 kJ; $p = 0,004$; $p=0,038$, respectivamente) e a energia ingerida após o exercício muito intenso foi menor que a do exercício moderado (2974 ± 1370 kJ; $p = 0,028$). Contudo é necessário advertir que este estudo não reportou se a energia ingerida era relativa ao gasto calórico proveniente do exercício ou não.

O estudo supracitado demonstrou que o exercício mais intenso ocasionou maior supressão da ingestão alimentar concomitantemente com maior supressão da grelina e aumento das concentrações de glicose e de lactato sanguíneo pós-exercício. De fato, o aumento dos níveis de glicose sanguínea pode contribuir para a supressão da grelina acilada e, consequentemente, para a diminuição da ingestão alimentar. Shiya et al. (2002), por exemplo, demonstraram que a infusão de glicose diminuiu as concentrações plasmáticas de grelina alcançando uma redução de 68% após 15 minutos da infusão. Outros estudos têm demonstrado que os níveis de glicose e outros substratos (ácidos graxos e aminoácidos),

incluindo o lactato (LAM et al., 2008), também podem interagir com o sistema nervoso central para atuarem no controle da ingestão alimentar (FRIEDMAN, 1995).

Outros dois estudos publicados envolvendo intensidade foram os de Alkatani et al., (2014) e Bailey et al., (2015). No estudo de Alkatani et al., (2014) não foram detectadas alterações nas sensações ligadas ao apetite entre diferentes intensidades, tampouco no estudo de Bailey et al., (2015), que além de não detectar diferenças nessas sensações não observou efeito na grelina acilada e no GLP-1, ao passo que o PYY foi superior no exercício de maior intensidade (115 ± 17 pg/ml) após o exercício comparado com o exercício de moderada intensidade (98 ± 12 pg/ml).

Os aspectos metodológicos que impedem um desfecho categórico quanto à magnitude das respostas relacionadas ao apetite e ingestão alimentar em função da intensidade do exercício estão relacionados ao tipo de população estudada (homens e mulheres, massa corporal, estado de treinamento), ao tipo de alimentação oferecida (alimentos quentes, frios, cardápio variado, só um tipo de alimento), e ao estado alimentar (jejum ou alimentado).

Por exemplo, no estudo de Sim et al. (2013), os voluntários se exercitaram em jejum, estado que pode estimular a ingestão energética pós-exercício quando comparado à realização de exercício em estado pós-prandial (DEIGHTON; ZAHRA; STENSEL, 2012). Outro aspecto a ser ressaltado é que no estudo de Martins et al. (2015) foram analisados homens e mulheres em conjunto, os quais podem responder diferentemente em termos de ingestão alimentar (HAGOBIAN et al., 2009), sendo essas diferenças intensificadas pela ausência do controle do período menstrual das mulheres que participaram do estudo. Nos estudos de Alkatani et al., (2014) e Bailey et al., (2015) não foram utilizadas situação controle, o que limita a interpretação dos achados, pois não é possível saber se as alterações foram decorrentes do exercício.

As diferentes características dos alimentos oferecidos por Sim et al. (2014) também merecem destaque, pois alguns aspectos relacionados aos alimentos podem influenciar a saciação (processo responsável pela finalização da ingestão alimentar no momento no qual está ocorrendo a alimentação), tais como a densidade dos alimentos, sendo que, alimentos com menor densidade (menos calorias por grama) são ingeridos em maiores quantidades do que alimentos com maior densidade, bem como a textura dos alimentos, uma vez que a alimentação líquida parece ser consumida em maior quantidade quando conjuntamente são oferecidos alimentos sólidos (BLUNDELL et al., 2010). Há evidências também que *buffet* com cardápio variado pode atrasar a saciação comparado com *buffet* com apenas um tipo de

alimento (HERTHERINGTON; FOSTER; NEWMAN, 2006). Outro ponto negativo na aplicação dos achados desses estudos é que o gasto energético proveniente do exercício intermitente de alta intensidade não foi estimado pelo $\dot{V}O_2$ medido durante toda a realização do exercício e isso pode subestimar ou superestimar o cálculo comprometendo o cálculo da energia ingerida relativa.

Sobretudo, é plausível que exercícios com diferentes intensidades possam influenciar diferentemente o comportamento alimentar, dado que exercícios com diferentes intensidades podem requerer respostas agudas (metabólicas e hormonais) distintas (BOUTCHER et al., 2011).

2.3 Efeito do exercício em virtude do sexo no apetite e ingestão alimentar

Diversos estudos têm demonstrado o efeito anorexígeno do exercício tanto em homens (DEIGHTON et al., 2012a; UEDA et al., 2009) quanto em mulheres (KISSIELF et al., 1990; PORMELEAU et al., 2004). No entanto, estudos comparando o apetite e ingestão alimentar em virtude do sexo ainda são escassos e apresentam resultados contraditórios (CADIEUX et al., 2014; EBRAHINI et al., 2013; HAGOBIAN et al., 2009; HAGOBIAN et al., 2013).

Hagobian et al. (2009) avaliaram hormônios relacionados ao comportamento alimentar em nove homens e nove mulheres (sete das nove mulheres estavam fazendo uso de contraceptivo e todas foram avaliadas na fase folicular - um a quatro dias após a menstruação), obesos/com sobrepeso em três condições: 1) controle; 2) exercício com déficit energético (energia ingerida menor que a energia dispendida no exercício - DEF); 3) exercício com balanço energético (energia ingerida balanceada com o gasto energético - BAL). O exercício consistiu em pedalar (50 a 65% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$) até atingir o gasto calórico equivalente a 30% da energia requerida total para o dia. Para os homens, a área sob a curva da grelina acilada não diferiu entre as condições. Para as mulheres, a área sob a curva da grelina acilada foi maior após DEF (+32%) e BAL (+25%), e as mudanças a partir do controle foram maiores do que nos homens ($p < 0,05$). Para a insulina, os homens apresentaram redução (-17%) após DEF, enquanto nas mulheres a área sob a curva foi menor após DEF (-28%) e BAL (-15%). Portanto, esses resultados indicaram que as mulheres tiveram respostas hormonais na direção de estimular o consumo energético. No entanto, é importante ressaltar que, nesse estudo, a energia ingerida foi controlada rigidamente e não foi considerada como uma variável dependente.

Corroborando com Hagobian et al. (2009), Ebrahimi et al. (2013) submeteram oito homens e oito mulheres (nenhuma das mulheres estava tomando anticoncepcional e o protocolo foi iniciado após o sexto dia de menstruação), jovens, saudáveis, sedentários e eutróficos a cinco dias de exercício (45 min por dia na intensidade de 55% da frequência cardíaca de reserva) e cinco dias sem exercício. Foram feitas análises no sexto dia após período de controle e de exercício. A energia ingerida foi verificada por diário alimentar. Os resultados demonstraram que as mulheres compensaram 22,92% da energia gasta no exercício pelo aumento da energia ingerida, enquanto o gasto energético não levou à compensação da energia ingerida nos homens (-10,21%). Observou-se redução na energia ingerida somente para os homens ($p = 0,018$). Adicionalmente, a concentração de insulina diminuiu após exercício somente para as mulheres ($p = 0,007$). Para percepção de fome e vontade de comer não houve diferença entre homens e mulheres.

Em contrapartida, Hagobian et al. (2013) demonstraram que, para ambos os sexos (11 homens e dez mulheres - tomavam anticoncepcional e encontravam-se na fase folicular de 1 a 4 dias após menstruação - eutróficos e fisicamente ativos), a energia ingerida relativa pós-exercício (70% do VO_2pico até completarem 30% da energia requerida diária total) foi menor que a situação controle ($p < 0,05$). Os níveis de PYY_{3-36} encontraram-se superiores após o fim do exercício ($1,49 \pm 0,56$ ng/ml) e após 15 min ($1,50 \pm 0,51$ ng/ml) em comparação aos valores pré-exercício somente nas mulheres ($p < 0,05$). Não houve diferença para as concentrações de insulina e grelina acilada, tampouco para a área sob a curva dos três hormônios. Não houve diferença entre os sexos para a percepção de fome. Adicionalmente, não houve correlações da energia ingerida com os hormônios e com a percepção de fome.

Apesar de ainda haver pouca informação acerca do dimorfismo sexual no comportamento alimentar pós-exercício e do fato que os resultados ainda serem contraditórios, nota-se que as mulheres podem apresentar maior efeito compensatório que os homens (energia ingerida). Adicionalmente, em dois estudos a resposta insulínica foi menor nas mulheres frente ao exercício de curto prazo (HAGOBIAN et al., 2009; EBHRAHINI et al., 2013). Como dito anteriormente, a insulina é um hormônio tônico que pode regular o balanço energético e a massa corporal, mas também é capaz de interagir de forma aguda com sistemas centrais e periféricos, sendo seu aumento na corrente sanguínea considerado como efeito anorexígeno (SCHWARTZ et al., 1992).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Investigar o efeito da intensidade do exercício aeróbio no apetite e ingestão alimentar pós-exercício em homens e mulheres.

3.2 Objetivos específicos

- 1) Verificar a resposta de hormônios envolvidos no controle da ingestão alimentar (grelina acilada, PYY₃₋₃₆, insulina e cortisol);
- 2) Verificar a resposta pós-exercício de parâmetros metabólicos por meio das concentrações plasmáticas de glicose, colesterol total, triacilglicerol e ácidos graxos;
- 3) Verificar a sensação de fome por meio de escala analógica visual;
- 4) Verificar a quantidade de calorias ingeridas, assim como a proporção dos macronutrientes ingeridos;
- 5) Comparar as variáveis acima mencionada em virtude da condição: exercício contínuo de intensidade moderada, intermitente de alta intensidade, intermitente de alta intensidade realizado na máxima intensidade (*all out*), e controle (sem exercício) em homens e mulheres.

4 MÉTODOS

4.1 Tipo de pesquisa

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa experimental, dado que há manipulação de uma variável na tentativa de estabelecer relações de causa e efeito, apresentando delineamento cruzado e balanceado. O estudo teve como variáveis dependentes o consumo alimentar, percepções de fome e as respostas hormonais e metabólicas, como variável independente o exercício e como variável categórica o sexo.

4.2 Participantes

Participaram desse estudo 11 homens e nove mulheres. Esse número amostral foi suficiente para encontrar diferença na energia ingerida relativa entre condições experimentais e o sexo com poder de teste superior a 90% e alfa igual a 5%. Para calcular o poder foi utilizado o tamanho do efeito dos dados adquiridos no presente estudo (*GPower* 3.1.9.2).

4.2.1 Critérios de seleção dos sujeitos

Todos os participantes concordaram em participar voluntariamente desse estudo após leitura e assinatura de um termo de consentimento informado, aprovado pelo comitê de ética local (2012/133.609).

Os participantes deveriam ter idade entre 18 e 35 anos, ser fisicamente ativos, saudáveis, com massa corporal estável nos últimos seis meses, sem envolvimento em nenhum tipo de tratamento farmacológico e em quaisquer tipos de dietas restritivas. No grupo de mulheres os testes foram realizados na fase folicular (até dez dias após o início da menstruação); para tanto, a participante foi orientada a comparecer ao laboratório assim que acontecesse a amenorreia. Das nove mulheres que participaram do estudo seis faziam uso de contraceptivos orais.

A dosagem do hormônio luteinizante (LH) foi realizada para assegurar que as mulheres se encontravam na fase folicular, ou seja, antes da ovulação (surto de LH). De acordo com os valores de referência apresentados pelo *kit* utilizado, essas mulheres deveriam ter as concentrações de LH entre 0,5 e 10,5 mIU/ml. Todas as mulheres em todas as situações apresentaram valores dentro dessa variação. A tabela 1 apresenta os valores individuais das mulheres nas diferentes situações.

Tabela 1: Valores individuais da concentração de LH (mIU/ml) das mulheres nas diferentes condições experimentais (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*).

Participante	Controle	ECMI	EIAI	EIAI-A
1	5,98	5,98	6,77	5,98
2	2,86	1,71	3,24	1,71
3	8,37	2,09	10,00	5,58
4	0,95	1,71	4,02	3,24
5	4,41	1,33	1,71	1,71
6	5,58	5,58	3,63	5,58
7	2,09	4,80	5,58	4,02
8	2,09	5,19	4,99	5,98
Média $\pm$ DP	4,0 $\pm$ 2,5	3,6 $\pm$ 2,0	5,0 $\pm$ 2,5	4,2 $\pm$ 1,8

Nota: DP: desvio padrão; ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade).

4.3 Delineamento

Os participantes foram submetidos a seis sessões, sendo uma sessão para a coleta de dados antropométricos e para a determinação da potência aeróbia máxima e do consumo de oxigênio pico ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$) através de um teste progressivo em cicloergômetro. Na segunda sessão os participantes foram submetidos a um protocolo de exercício para determinar o trabalho total executado (kJ) que foi utilizado para equalização das sessões de exercício subsequentes; posteriormente ao teste foi realizada uma familiarização com o *buffet*, na qual os participantes puderam se alimentar *ad libitum*. As sessões restantes foram protocolos experimentais, sendo uma sessão de exercício contínuo de intensidade moderada, uma de exercício intermitente de alta intensidade realizado na capacidade máxima suportada (*all out*) e uma de exercício intermitente de alta intensidade com intensidade fixa, todas seguidas de uma refeição *ad libitum*; e uma sessão controle na qual o participante não realizou nenhum tipo de exercício (Figura 3). Todas as sessões experimentais foram realizadas aleatoriamente.

Figura 3: Representação esquemática do delineamento experimental.

4.4 Teste para determinação do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e da potência pico

Os participantes foram submetidos a um teste progressivo na bicicleta Excalibur (Lode, Holanda) até a exaustão voluntária conduzido mediante a presença de um médico. Cada estágio foi composto de um minuto de exercício. A carga inicial foi de 70 watts com manutenção de 70 rpm e o incremento de 15 watts por estágio para mulheres e 25 watts para homens. A potência aeróbia máxima foi considerada a maior potência atingida durante o teste. Quando o participante não finalizou o estágio de 1 minuto, a potência foi relativizada de acordo com o tempo de permanência nesse último estágio (tempo de permanência no último estágio multiplicados pelo incremento aplicado no estágio [15 W para mulheres ou 25 watts para homens] – divididos pela duração do estágio [60s]) e foi somada a potência atingida no último estágio incompleto. O consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) foi mensurado através do analisador de gases MetaMax®3B (Cortex, Alemanha) durante o teste e a maior média obtida com uma sequência de 15 segundos do teste foi definida como $\dot{V}O_{2\text{pico}}$. Ao final de cada estágio os participantes informaram a percepção subjetiva de esforço (PSE), utilizando a escala de Borg 6-20 (BORG, 2000). Em adição, a frequência cardíaca foi monitorada usando um transmissor (Polar T-31; Finlândia), integrado ao sistema de análise de gases.

4.5 Antropometria

A determinação da massa corporal foi realizada em balança eletrônica com precisão de 0,01 kg. A estatura foi medida utilizando um estadiômetro com escala métrica com base fixada no solo. Para o cálculo da composição corporal foi utilizada a equação proposta por Drinkwater e Ross (1980), que envolveu a medida de dobras cutâneas (tríceps, subescapular, abdominal, suprailíaca, frontal da coxa e medial da perna), utilizando compasso Harpenden com precisão de 0,2 mm (John Bull Instruments, Inglaterra), diâmetros ósseos (biepícondilos femoral, e umeral, ântero- posterior do tórax, transverso do tórax, bi-acromial, e bi-ileocristal) utilizando paquímetro (Sanny, Brasil) e circunferências (braço, antebraço, punho, tórax, coxa proximal, perna medial e tornozelo), utilizando a fita métrica (Sanny, Brasil).

4.6 Protocolos experimentais

Cada protocolo experimental foi iniciado aproximadamente às 8h da manhã com a chegada do participante em jejum de 10 horas. Ainda em jejum foi realizada a primeira coleta de sangue (momento - jejum), subsequentemente o participante recebeu uma refeição padrão (refeição 1 – café da manhã). O participante então descansou durante uma hora e meia. Após esse período foi realizada a segunda coleta de sangue (momento- 2,0 h) e questionamentos quanto a percepção de fome, seguida da uma sessão de exercício (exceto na situação controle na qual eles permaneceram em repouso). Ao final do exercício ou repouso, foram realizadas mais três coletas de sangue e questionamento quanto a percepção de fome nos momentos: 2,5 horas (imediatamente pós-exercício), 3,25 horas (45 minutos pós-exercício) e 4 horas (90 minutos pós-exercício). Às 4 horas de experimento os participantes receberam uma refeição *ad libitum* (refeição 2) (Figura 4). Na sessão controle aconteceram os mesmos procedimentos e intervalos, no entanto não houve a realização do exercício. Em todos os intervalos de recuperação entre as coletas os participantes permaneceram no laboratório podendo tomar banho, ler ou utilizar o computador.

Figura 4: Representação esquemática das diferentes coletas a serem conduzidas em cada um dos protocolos experimentais.

4.6.1 Equalização do trabalho realizado nos exercícios

Para que os resultados obtidos fossem referentes ao estímulo que os respectivos tipos de exercício podem ocasionar e não às diferenças do volume de exercício entre as diferentes situações, o trabalho total executado - expresso em kJ - foi equalizado entre os diferentes exercícios. Para isso, após a primeira sessão de testes os participantes foram submetidos a uma sessão utilizada para definição do trabalho total realizado, e a partir desse valor foi calculado o volume de exercício que os participantes realizariam nas sessões experimentais. O exercício utilizado nessa sessão de referência foi um protocolo de exercício intermitente *all out* (esforço máximo em um período de tempo previamente estabelecido) que consistiu em 60 estímulos de 8 segundos de esforço separados por 12 segundos de recuperação passiva (similar ao utilizado por TRAPP et al., 2008). Em cada estímulo foi calculado o trabalho realizado (tempo x potência gerada em W) e a somatória dos estímulos considerada como o trabalho total realizado.

Portanto, o volume realizado na sessão *all out* de referência foi utilizado como o volume fixo a ser atendido para as sessões experimentais envolvendo exercício: exercício contínuo de moderada intensidade - ECMI; exercício intermitente de alta intensidade - EIAI; e intermitente de alta intensidade *all out* - EIAI-A. Para o ECMI e EIAI com o volume e a carga pré-determinados foi calculado o tempo de exercício necessário para atingir esse volume. Contudo, na sessão no EIAI-A das sessões experimentais o volume não pôde ser controlado, dada a natureza da atividade. Portanto, na sessão experimental EIAI-A

foi registrado o volume total realizado para confirmação de que, de fato, todas as sessões fossem equalizadas quanto ao volume.

Os dados que seguem apresentam o volume na sessão *all out* dos homens ($n = 9$) e mulheres ($n = 8$), não há o registro de 1 mulher e 2 homens, pois houve um problema com o *software* ao final do teste, impossibilitando o arquivamento do mesmo. Com base no teste t de *Student* para dados pareados verificou-se que não houve diferença entre a sessão *all out* de referência (79 ± 12 kJ) e a sessão experimental (81 ± 13 kJ; $t = 2,44$; $p = 0,199$) para as mulheres ($n = 8$), com coeficiente de correlação intraclass de 0,969 e limites de concordância de -8 a 6 kJ, sendo [limites de concordância = $(1,96 \times \text{desvio padrão}) \pm \text{média das diferenças}$]. Para os homens ($n = 9$) também não houve diferença entre a sessão *all out* de referência (149 ± 23 kJ) e a sessão experimental (151 ± 20 kJ; $t = 2,30$; $p = 0,522$), com coeficiente de correlação intraclass de 0,952 e limites de concordância de -11 a 11 kJ (BLAND; ALTMAN, 1986; figura 5), demonstrando que não houve viés sistemático.

Figura 5: Plotagem de Bland e Altman (1986) apresentando a diferença entre o trabalho realizado nas duas sessões na quais os participantes realizaram exercício intermitente em alta intensidade (*all out*).

4.6.2 Exercício contínuo de moderada intensidade

O exercício contínuo consistiu em pedalar a 60% da intensidade correspondente à potência aeróbia máxima, com duração definida de acordo com o trabalho total que o participante deveria realizar. Os participantes mantiveram a cadência em 70 rpm, e antes de iniciar o exercício realizaram aquecimento de 5 minutos a 50% da intensidade correspondente à potência aeróbia máxima, seguido de um intervalo de 2 minutos até o início do exercício. Exemplo: considerando que um participante alcançou 200 W no teste

máximo e realizou 120 kJ na sessão *all out* de referência e sabendo que ao pedalar em 70 rpm a 60% de sua potência aeróbia máxima (100 W) ele fará 6 kJ/min, esse indivíduo terá que pedalar por 20 minutos para atingir 120 kJ. O tempo gasto para essa sessão foi de 19 ± 2 minutos ($n = 20$).

4.6.3 Exercício intermitente de alta intensidade (*all out*)

O exercício intermitente de alta intensidade foi o mesmo utilizado na sessão para equalização do trabalho total entre os exercícios (60 tiros de 8 segundos de esforço separado por 12 segundos de recuperação passiva). Os participantes não necessitaram manter nenhuma cadência, e antes de iniciar o exercício realizaram aquecimento de 5 minutos a 50% da intensidade correspondente à potência aeróbia máxima, seguido de intervalo de 2 minutos até o início do exercício. A carga utilizada para esse exercício foi baseada na massa corporal de cada participante, sendo de 4% para homens e 2,5 % para mulheres. O tempo gasto para essa sessão foi de 20 ± 0 minutos ($n = 20$).

4.6.4 Exercício intermitente de alta intensidade

O exercício intermitente de alta intensidade com intensidade fixa consistiu de períodos de esforço de 1 minuto a 100% da intensidade correspondente à potência aeróbia máxima, separado por 1 minuto de recuperação passiva. A quantidade de tiros foi determinada de acordo com o trabalho total que o participante deveria realizar. Os participantes mantiveram a cadência em 70 rpm, e antes de iniciar o exercício realizaram aquecimento de 5 minutos a 50% da intensidade correspondente à potência aeróbia máxima, seguido de intervalo de 2 minutos entre o aquecimento e o início do exercício. Exemplo: considerando que um participante alcançou 200 W no teste máximo e realizou 120 kJ na sessão *all out* de referência e sabendo que ao pedalar em 70 rpm a 100% de sua potência aeróbia máxima (200 W) ele fará 12 kJ/min, esse indivíduo terá que pedalar por 10 minutos (10 tiros), totalizando 20 minutos de sessão para atingir 120 kJ. O tempo gasto para essa sessão foi de 18 ± 2 minutos ($n = 20$).

4.7 Controle Dietético

Na primeira sessão os participantes receberam a orientação para que mantivessem seus hábitos alimentares no período em que estivessem participando do estudo. Além disso, os participantes receberam um diário alimentar (Anexo I) e foram orientados a registrarem todos os alimentos que fossem ingeridos no dia anterior à participação no estudo. Foi

solicitado aos participantes que evitassem o consumo de bebidas alcoólicas, e a prática de exercício nas 24 horas antecedentes às visitas ao laboratório. A energia fornecida pela refeição 1 foi baseada em uma fórmula para cálculo da necessidade diária energética que envolve a massa corporal, altura, idade e nível de atividade física (MIFFIN et al., 1990). A partir deste valor, 25% da necessidade energética diária total foi destinada para essa refeição. O cardápio dessa refeição foi composto de queijo tipo polengue, torrada e iogurte de morango. O consumo energético para os homens nessa refeição foi de 2371 ± 108 kJ; sendo $12 \pm 0\%$ de proteína, $35 \pm 1\%$ de gordura e $52 \pm 1\%$ de carboidratos (4 ± 1 torradas; 2 ± 0 polengues e 2 ± 0 iogurtes de morango) e para as mulheres foi de 1696 ± 155 kcal; sendo $13 \pm 0\%$ de proteína, $38 \pm 1\%$ de gordura e $48 \pm 1\%$ de carboidratos (4 ± 1 torradas; 2 ± 0 polengues e 1 ± 0 iogurtes de morango).

4.8 Ingestão alimentar

Conforme citado anteriormente, após a realização do exercício e na sessão controle os participantes puderam se alimentar em um *buffet ad libitum*, com cardápio variado (anexo II). Para isso, houve explicação para o voluntário que ele poderia comer a vontade. Essa refeição aconteceu em uma sala reservada, onde os participantes se alimentaram sem a presença de outras pessoas. Todos os alimentos oferecidos foram colocados em uma mesa obedecendo a mesma quantidade e disposição em todas as sessões. Para controle da ingestão alimentar todos os componentes do *buffet* foram pesados em balança digital com precisão de 0,001 kg (Toledo®, modelo Prix 3, Mettler-Toledo, Inc., de Columbus, Ohio, EUA) antes e após a refeição e anotados em uma planilha para posterior análise no software Creative Nutri® 4.0 (Skopein Sistemas, Brasil).

Para verificação da ingestão energética e comparação entre as situações, nas sessões que houve exercício foi calculada a energia relativa ingerida (energia ingerida menos a energia despendida no exercício), que foi comparada à energia ingerida na sessão controle (sem exercício). Adicionalmente, foi realizado o cálculo do déficit energético com o intuito de verificar se houve ou não compensação do gasto energético proveniente do exercício, ou seja, o cálculo da diferença entre a energia ingerida na situação controle e a energia relativa ingerida nas situações com exercício.

4.9 Análises sanguíneas

Para a coleta do sangue a veia braquial do voluntário foi puncionada e colocado um acesso por meio do qual foram retiradas amostras de sangue para todas as coletas. Em cada

coleta foram retirados 16 ml de sangue, sendo dois tubos de 4 ml para plasma e dois tubos de 4 ml para soro. Após coleta as amostras foram centrifugadas por 15 minutos a 3000 rpm e 4°C e armazenadas em freezer -80°C. Para dosagem de PYY₃₋₃₆ foram utilizados kits Millipore com método de radioimunoensaio. Para grelina acilada foram utilizados kits Millipore, para cortisol e insulina os kits Monobind, hormônio luteinizante foi dosado através do kit Cayman, todos com método *enzyme-linked immunoabsorbent assay* (ELISA) de captura. Para determinação das respostas metabólicas, verificou-se as concentrações plasmáticas de glicose, colesterol total, triacilglicerol e ácidos graxos, por método colorimétrico, em espectrofotômetro BIOPLUS 2000® e kits comerciais Labtest®. Para eliminar variação entre os ensaios cada participante foi analisado na mesma placa.

4.10 Escala analógica visual de fome

A sensação de fome foi obtida via uso de uma escala analógica visual (EAV), composta por uma linha horizontal de 100 milímetros, na qual uma das extremidades representa o máximo da sensação de fome que o indivíduo pode apresentar e na outra extremidade o mínimo de sensação. Os participantes foram orientados a marcar uma linha vertical no ponto referente ao qual a sua sensação de fome se apresentar. O ponto marcado foi medido com auxílio de uma régua, da extremidade esquerda (pontuação mínima 0 mm) para direita (pontuação máxima 100 mm) para determinação dos escores de fome (Anexo II).

4.11 Estimativa do gasto calórico total

Para a estimativa do gasto calórico total, foi utilizada a somatória da contribuição dos sistemas aeróbio, anaeróbio láctico e anaeróbio alático utilizando-se do $\dot{V}O_2$ durante a atividade, o delta da concentração sanguínea de lactato e a fase rápida do excesso do $\dot{V}O_2$ pós-exercício (EPOC_{rápida}), respectivamente.

O sistema aeróbio foi estimado por meio do $\dot{V}O_2$ medido durante todo o período do exercício. Os valores foram expressos subtraindo os valores de repouso esperado para este período (linha de base). Os valores do $\dot{V}O_2$ respiração a respiração foram interpolados a cada um segundo e calculada a integral da área utilizando-se do programa *Origin 9.1* (Microcal Software Inc., Massachusetts, Estados Unidos da América). Este procedimento foi utilizado em estudos que analisaram o comportamento cinético do $\dot{V}O_2$ devido à natureza desta variável (CAMPOS MELLO, 2009). Para realizar esta conversão foi assumido que cada litro de O₂ consumido é equivalente a 20,92 kJ (GASTIN, 2001).

A participação do sistema anaeróbio láctico foi calculada através do delta da [La] (valor pico subtraído do valor de repouso), assumindo que o acúmulo de 1 mmol.L^{-1} equivale a $3 \text{ mL O}_2.\text{kg}^{-1}$ (DI PRAMPERO; FERRETTI, 1999). A [La] foi mensurada antes, imediatamente, um, três e cinco minutos após cada exercício.

A $\text{EPOC}_{\text{rápida}}$ foi utilizada para estimar a contribuição do sistema ATP-CP. Antes de iniciar os cálculos foi verificado a existência de diferenças entre as modelagens matemáticas mono-exponencial e bi-exponencial para a queda do $\dot{\text{V}}\text{O}_2$ durante o período de recuperação. Ao transformar o primeiro processo exponencial de uma das equações em um modelo logarítmico linear, foi possível estabelecer a área referente a $\text{EPOC}_{\text{rápida}}$ localizando-se o ponto de estabilização da resposta *off* do O_2 . Para estabelecer o melhor tipo de modelagem que representa a recuperação foi utilizado o teste *F* comparando os resíduos dos dois ajustes matemáticos, conforme utilizado em outros trabalhos (CAMPOS MELO et al., 2009; CAMPOS et al., 2012). Para cada sujeito, foi considerado o ajuste que melhor descrever os dados, isto é, se o melhor ajuste fosse o bi-exponencial, foi utilizado para o cálculo da $\text{EPOC}_{\text{rápida}}$ a integral da área que se refere ao primeiro processo exponencial. Porém, se o melhor ajuste fosse o mono-exponencial o cálculo foi realizado pela integral da área estabelecida entre o fim da tarefa e o primeiro momento da estabilização do O_2 .

4.11.1 Análise de lactato

As coletas de sangue para dosagem do lactato sanguíneo foram realizadas em repouso, imediatamente, 1, 3 e 5 minutos após o término de cada protocolo de exercício para o cálculo da contribuição anaeróbia láctica. Foram coletados $25 \mu\text{L}$ de sangue do lóbulo da orelha, armazenados em tubos do tipo *eppendorf* contendo $50 \mu\text{L}$ de fluoreto de sódio a 1% e analisados posteriormente no lactímetro Yellow Springs 1500 Sport.

4.12 Análise estatística

As análises descritivas de todas as variáveis analisadas foram apresentadas em médias e desvio padrão. Todas as variáveis foram verificadas quanto ao pressuposto de normalidade, através do teste de Shapiro-Wilk e de esfericidade de Mauchly, caso os dados não apresentassem esfericidade foi utilizado o fator de correção de Greenhouse-Geisser. Para a comparação das características gerais, do desempenho nos testes máximos e do trabalho total e relativo à massa corporal no exercício *all out* de referência entre homens e mulheres foi conduzido o teste *t* de *Student* para amostras independentes. Para a comparação do consumo de oxigênio, gasto calórico, da energia ingerida absoluta e relativa

total, foi realizada uma análise de variância a dois fatores (grupo e condição) com medidas repetidas no segundo fator. Para comparação do consumo de cada macronutriente (carboidratos, gorduras e proteínas) foi realizada uma análise de variância a três fatores (grupo, tipo de macronutriente e condição), com medidas repetidas no terceiro fator. Para escores de fome e das análises sanguíneas (PYY₃₋₃₆, grelina acilada, insulina, cortisol, triacilglicerol, glicose, ácidos graxos e colesterol), foi realizada uma análise de variância a três fatores (grupo, condição e momento), com medidas repetidas no segundo e terceiro fator. Além disso, para as análises sanguíneas foi realizado o cálculo da área sob a curva através do método trapezoidal, e realizada uma análise de variância a dois fatores (grupo e situação) com medidas repetidas no segundo fator. Quando observada diferença significativa, foi realizado o *post-hoc* de Bonferroni. A magnitude do efeito (*effect size*) foi calculada via eta ao quadrado (η^2) e adotado o critério de classificação proposto por Cohen (1969) (< 0,2 = pequeno; entre 0,2 e 0,8 = moderado; > 0,8 = grande). Em todas as análises foi utilizado o nível de significância a 5% ($p < 0,05$) (ZAR, 1999). Os dados foram analisados utilizando os programas *Statistical Package for Social Sciences* 15.0 (SPSS Inc., Chicago, Estados Unidos da América) e *Statistica* 12.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, Estados Unidos da América).

Foram coletados dados de 20 voluntários (11 homens e nove mulheres), no entanto um homem teve seu consumo alimentar caracterizado como *outlier* e seus dados de ingestão alimentar foram excluídos. Uma mulher apresentou perdas de amostras sanguíneas por problemas durante as punções (dificuldade em acessar os vasos ou de manter o acesso), e por isso suas análises sanguíneas foram excluídas.

5. RESULTADOS

Característica gerais e respostas ao exercício

A Tabela 2 apresenta as características gerais dos participantes e o desempenho no teste máximo.

Tabela 2 – Características gerais dos participantes e desempenho no teste máximo em cicloergômetro para membros inferiores.

	Homens (n =11)	Mulheres (n = 9)
Idade (anos)	27 ± 3	27 ± 3
Massa corporal (kg)	78,0 ± 7,8 *	61,8 ± 7,6
Estatura (cm)	178,2 ± 7,5*	163,6 ± 7,5
Gordura (%)	14,5 ± 2,7 *	20,9 ± 3,7
Potência aeróbia máxima (W)	285 ± 50 *	187 ± 22
$\dot{V}O_{2\text{pico}}$ (l.min ⁻¹)	3,3 ± 0,6 *	2,2 ± 0,3

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; * = diferente das mulheres (p < 0,05).

Para as características gerais não houve efeito para idade (t = -0,72; p = 0,476; η^2 = 0,01; efeito pequeno), entretanto, os homens apresentaram valores superiores para massa corporal (t = -4,56; p = 0,001; η^2 = 0,539, efeito moderado), estatura (t = -4,34; p = 0,001; η^2 = 0,519, efeito moderado), potência aeróbia máxima (t = -5,54; p < 0,001; η^2 = 0,617, efeito moderado) e $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ (t = -5,26; p < 0,001; η^2 = 0,316, efeito moderado) e inferiores para percentual de gordura (t = 4,39; p = 0,001; η^2 = 0,509, efeito moderado) em relação àqueles apresentados pelas mulheres.

A Tabela 3 apresenta o trabalho total realizado na sessão *all out* de referência em homens e mulheres.

Tabela 3 – Trabalho total realizado absoluto (kJ) e relativo à massa corporal (kJ/kg) no exercício intermitente de alta intensidade *all out*.

	Homens (n =11)	Mulheres (n = 9)
Trabalho total absoluto (kJ)	145,6 ± 25,5 *	82,0 ± 12,3
Trabalho total relativo (kJ/kg)	1,9 ± 0,2 *	1,3 ± 0,1

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; * = diferente das mulheres (p < 0,001); exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade).

Para o trabalho total absoluto ($t = -6,82$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,739$, efeito moderado) e relativo à massa corporal ($t = 6,35$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,637$, efeito moderado) os homens apresentaram valores superiores àqueles apresentados pelas mulheres.

A Tabela 4 apresenta os valores do consumo de oxigênio médio, absoluto e de forma percentual ao consumo de oxigênio pico em homens e mulheres durante os diferentes tipos de exercícios.

Tabela 4 – Consumo de oxigênio médio absoluto ($\dot{V}O_2$) e em percentual do consumo de oxigênio pico (% do VO_{2pico}) em homens e mulheres nos diferentes tipos de exercício (contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*).

	ECMI	EIAI	EIAI-A*
Homens (n = 11)			
$\dot{V}O_2$ médio ($l \cdot min^{-1}$) [#]	$2,3 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,5$
$\dot{V}O_2$ médio (% do VO_{2pico})	$68,4 \pm 8,1$	$64,7 \pm 5,9$	$73,5 \pm 6,9$
Mulheres (n = 9)			
$\dot{V}O_2$ médio ($l \cdot min^{-1}$)	$1,4 \pm 0,2$	$1,4 \pm 0,2$	$1,7 \pm 0,4$
$\dot{V}O_2$ médio (% do VO_{2pico})	$63,2 \pm 9,3$	$64,4 \pm 3,9$	$74,8 \pm 13,3$

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; * = diferente do EIAI e ECMI para ambas as variáveis ($p < 0,05$); # = diferente das mulheres ($p = 0,001$); ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade).

Para o $\dot{V}O_2$ médio absoluto durante os exercícios, houve efeito para tipo de exercício ($F_{2,36} = 10,46$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,367$, efeito moderado), sendo que o exercício EIAI-A gerou valores superiores àqueles observados no EIAI ($p < 0,001$) e ECMI ($p = 0,002$). Houve efeito também para sexo ($F_{1,18} = 49,39$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,732$, efeito moderado), sendo que os homens apresentaram valores superiores àqueles observados nas mulheres ($p < 0,001$). Não houve efeito de interação sexo e tipo de exercício ($F_{2,36} = 0,65$; $p = 0,525$; $\eta^2 = 0,035$, efeito pequeno).

Para o $\dot{V}O_2$ relativo ao consumo de oxigênio pico houve efeito para tipo de exercício ($F_{2,36} = 10,06$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,358$, efeito moderado), sendo que o EIAI-A gerou valores superiores àqueles observados nos EIAI ($p < 0,001$) e ECMI ($p = 0,003$). Não houve efeito

para sexo ($F_{1,18} = 0,30$; $p = 0,589$; $\eta^2 = 0,016$, efeito pequeno), tampouco houve efeito de interação dos fatores sexo e tipo de exercício ($F_{1,18} = 1,05$; $p = 0,359$; $\eta^2 = 0,055$, efeito pequeno).

A Figura 6 apresenta os valores de $\dot{V}O_2$ de um participante durante os diferentes tipos de exercício.

Figura 6: Representação gráfica do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) de um participante durante os diferentes exercícios.

Nota: ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade).

A Tabela 5 apresenta o gasto energético total e relativo a massa corporal em homens e mulheres durante a realização dos diferentes tipos de exercícios.

Tabela 5 - Gasto energético absoluto (kJ) e relativo à massa corporal (kJ/kg) em homens e mulheres nos diferentes tipos de exercícios (contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*).

	ECMI	EIAI	EIAI-A*
Homens (n = 11)			
Gasto energético (kJ) [#]	828 ± 147	889 ± 151	966 ± 210
Gasto energético (kJ/Kg) [#]	11 ± 2	9 ± 2	12 ± 2
Mulheres (n = 9)			
Gasto energético (kJ)	470 ± 57	469 ± 56	650 ± 165
Gasto energético (kJ/Kg)	8 ± 1	8 ± 1	10 ± 2

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; * = diferente do ECMI e EIAI ($p < 0,001$); [#] = diferente das mulheres ($p < 0,01$); ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade).

Para o gasto calórico houve efeito do tipo de exercício ($F_{2,36} = 14,75$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,450$, efeito moderado), sendo que o gasto calórico no EIAI-A foi superior àquele observado no EIAI ($p < 0,001$) e ECMI ($p < 0,001$). Houve efeito também para sexo ($F_{1,18} = 52,76$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,745$, efeito moderado), sendo que os homens tiveram gasto calórico superior àquele observado nas mulheres ($p < 0,001$). Não houve interação sexo e tipo de exercício ($F_{2,36} = 0,77$; $p = 0,466$; $\eta^2 = 0,041$, efeito pequeno).

Para o gasto energético relativo à massa corporal houve efeito do tipo de exercício ($F_{2,36} = 23,90$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,570$, efeito moderado), sendo que o gasto calórico no EIAI-A foi superior àquele observado no EIAI ($p < 0,001$) e ECMI ($p < 0,001$). Houve efeito também para sexo ($F_{1,18} = 11,73$; $p = 0,003$; $\eta^2 = 0,394$, efeito moderado), sendo que os homens tiveram gasto calórico superior àquele observado nas mulheres ($p < 0,001$). Não houve interação sexo e tipo de exercício ($F_{2,36} = 1,84$; $p = 0,172$; $\eta^2 = 0,093$, efeito pequeno).

Percepção de fome via escala analógica visual

A Figura 7 apresenta a percepção de fome mensurada por meio da escala analógica visual em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Figura 7: Percepção de fome (cm) em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*), e momentos (2, 2,5, 3,25 e 4 horas de experimento).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; † = diferente do EIAI-A e EIAI ($p < 0,001$); * = diferente de 3,25 e 4 horas ($p < 0,05$); # = diferente de 4 horas ($p < 0,05$); ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade); 2h: pré-exercício; 2,5h: imediatamente após o exercício; 3,25h: 45 minutos pós-exercício; 4h: 120 minutos pós exercício; exceto na situação controle que não houve exercício mas que as coletas foram realizadas nos mesmos momentos.

Para a percepção da fome houve efeito da condição ($F_{2,3;42,0} = 4,74$; $p = 0,010$; $\eta^2 = 0,208$; efeito moderado), sendo que a percepção de fome no controle foi superior àquela observada no EIAI ($p = 0,034$) e EIAI-A ($p = 0,043$). Adicionalmente, houve efeito para o momento ($F_{2,02; 39,73} = 76,65$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,809$; efeito moderado), sendo que às 2 h a sensação de fome foi inferior àquela observada às 3,25 ($p < 0,001$) e 4 h ($p < 0,001$); às 2,5 h inferior àquela observada após 3,25 ($p < 0,001$) e 4 h ($p < 0,001$) e às 3,25 h inferior àquela observada após 4 h ($p < 0,001$). Houve interação momento e sexo ($F_{3,54} = 4,10$; $p = 0,010$; $\eta^2 = 0,185$; efeito pequeno), mas o *post hoc* de Bonferroni não apontou diferenças. Não houve efeito do sexo ($F_{1,18} = 0,001$; $p = 0,944$; $\eta^2 = 0,001$; efeito pequeno), nem interação condição e sexo ($F_{3,54} = 0,470$; $p = 0,702$; $\eta^2 = 0,025$; efeito pequeno), tampouco entre condição e momento ($F_{4,74; 85,3} = 1,91$; $p = 0,053$; $\eta^2 = 0,09$; efeito insignificante) e interação condição, momento e sexo ($F_{9,162} = 1,01$; $p = 0,427$; $\eta^2 = 0,053$; efeito pequeno).

A figura 8 apresenta a área sob a curva da percepção de fome mensurada por meio da escala analógica visual em homens e mulheres nas diferentes situações experimentais.

Figura 8: Área sob a curva da percepção de fome (cm*min) em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; * = diferente do EIAI e EIAI-A ($p < 0,05$); ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbica máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbica máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade).

Para a área sob a curva da percepção de fome, não houve efeito para sexo ($F_{1,18} = 0,010$; $p = 0,919$; $\eta^2 = 0,005$; efeito pequeno) e interação condição e sexo ($F_{3,54} = 0,58$; $p = 0,699$; $\eta^2 = 0,031$; efeito pequeno). Entretanto, houve efeito para a condição ($F_{2,02; 36,51} =$

4,30; $p = 0,020$; $\eta^2 = 0,228$; efeito moderado), sendo que a percepção de fome no controle foi superior àquela observada no EIAI ($p = 0,023$) e no EIAI-A ($p = 0,038$).

Ingestão alimentar

A Tabela 6 apresenta a energia ingerida de maneira absoluta e relativa em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Tabela 6 – Energia ingerida (kJ) absoluta e relativa ao gasto calórico proveniente do exercício em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*).

		Controle	ECMI	EIAI	EIAI-A
Absoluta (kJ)	Homens (n = 10) #	4913 ± 1826	4948 ± 1621	4582 ± 1850	5155 ± 1642
	Mulheres (n = 9)	3221 ± 770	3109 ± 986	3593 ± 935	3432 ± 1016
	Todos (n = 19)	4111 ± 1638	4077 ± 1624	4113 ± 1535	4339 ± 1608
Relativa (kJ)	Homens (n = 10)	4913 ± 1826	4087 ± 1679	3767 ± 1902	4210 ± 1747
	Mulheres (n = 9)	3221 ± 770	2636 ± 999	3126 ± 926	2782 ± 1041
	Todos (n = 19)	4111 ± 1638*	3400 ± 1551	3463 ± 1516	3533 ± 1595

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; * = diferente do ECMI, EIAI e EIAI-A; # = diferente das mulheres ($p = 0,022$); ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade); Energia ingerida relativa: energia ingerida absoluta subtraída do gasto energético proveniente do exercício.

Para a energia ingerida absoluta houve efeito para sexo ($F_{1,17} = 6,29$; $p = 0,022$; $\eta^2 = 0,270$; efeito moderado), sendo a energia ingerida absoluta superior nos homens quando comparado às mulheres ($p = 0,022$), e interação sexo e condição ($F_{3,51} = 3,01$; $p = 0,003$; $\eta^2 = 0,150$; efeito pequeno), mas o *post hoc* de Bonferroni não revelou modificações no consumo alimentar entre as situações experimentais e sexo. Não houve efeito para condição ($F_{3,51} = 1,14$; $p = 0,340$; $\eta^2 = 0,062$; efeito pequeno).

Para a energia ingerida relativa ao gasto calórico proveniente do exercício houve efeito da condição ($F_{3,45} = 7,69$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,311$; efeito moderado), sendo que a energia ingerida relativa superior na situação controle comparada àquela observada no EIAI-A ($p = 0,005$), EIAI ($p = 0,001$) e ECMI ($p < 0,001$). Houve também efeito de interação dos fatores sexo e condição ($F_{3,51} = 3,89$; $p = 0,013$; $\eta^2 = 0,186$; efeito pequeno),

mas o *post hoc* de Bonferroni não revelou modificações no consumo alimentar entre as situações experimentais e sexo. Não houve efeito do fator sexo ($F_{1,17} = 4,18$; $p = 0,056$; $\eta^2 = 0,197$; efeito pequeno).

A tabela 7 apresenta o déficit energético (em termos percentuais) nas condições envolvendo exercício em homens e mulheres.

Tabela 7: Déficit energético (energia ingerida relativa nas condições envolvendo exercício subtraída da energia ingerida da situação controle) nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*), em homens e mulheres

	ECMI	EIAI	EIAI-A
Homens (n = 10) Déficit (%)	- 17 $\pm$ 19	- 25 $\pm$ 17	- 15 $\pm$ 29
Mulheres (n = 9) Déficit (%)	- 20 $\pm$ 18	-1 $\pm$ 27	-15 $\pm$ 21
Todos (n = 19) Déficit (%)	-17 $\pm$ 18	-14 $\pm$ 25	-15 $\pm$ 20

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade).

Para o déficit energético não houve efeito para sexo ($F_{1,17} = 2,21$; $p = 0,155$; $\eta^2 = 0,115$, efeito pequeno), tampouco para condição ($F_{2,34} = 5,44$; $p = 0,134$; $\eta^2 = 0,111$, efeito pequeno). Houve interação entre sexo e condição ($F_{2,34} = 5,44$; $p = 0,008$; $\eta^2 = 0,242$, efeito moderado), mas o *post hoc* de Bonferroni não revelou modificações no consumo alimentar entre as situações experimentais e sexo.

A Tabela 8 apresenta o consumo de macronutrientes em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Tabela 8 - Consumo proteico, de carboidratos e gorduras (em kJ) em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*).

		Controle	ECMI	EIAI	EIAI-A
Proteico (Kj)	Homens (n = 10)	781 ± 249	835 ± 260	746 ± 156	843 ± 257
	Mulheres (n = 9)	457 ± 134	435 ± 121	523 ± 162	498 ± 118
	Todos (n = 19)	625 ± 258	640 ± 292	633 ± 243	670 ± 274
CHO* (Kj)	Homens (n = 10)	2522 ± 1242	2402 ± 969	2254 ± 1147	2430 ± 930
	Mulheres (n = 9)	1737 ± 341	1720 ± 495	1937 ± 407	1897 ± 492
	Todos (n = 19)	2121 ± 1010	2042 ± 861	2055 ± 900	2127 ± 823
Gorduras*# (Kj)	Homens (n = 10)	1742 ± 541	1833 ± 513	1695 ± 591	2018 ± 583
	Mulheres (n = 9)	1183 ± 450	1163 ± 460	1412 ± 363	1332 ± 351
	Todos (n = 19)	1488 ± 550	1503 ± 587	1535 ± 518	1689 ± 624

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; * = diferente do consumo proteico ($p < 0,001$); # = diferente do consumo de carboidratos ($p < 0,001$); ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade); CHO: carboidratos.

Para o consumo proteico, de carboidratos e gordura ingeridos (em kJ), houve efeito para tipo de macronutriente consumido ($F_{1,35; 22,97} = 73,6$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,812$; efeito), sendo que o consumo proteico foi inferior ao consumo de carboidratos ($p < 0,001$) e gorduras ($p < 0,001$) e o consumo de gorduras foi inferior ao consumo de carboidratos ($p < 0,001$). Houve também efeito do sexo ($F_{1,17} = 6,34$; $p = 0,022$; $\eta^2 = 0,271$; efeito moderado), sendo que os homens tiveram ingestão energética superior à das mulheres ($p = 0,022$). Não houve efeito para interação de macronutriente e sexo ($F_{2,34} = 1,02$; $p = 0,369$; $\eta^2 = 0,056$; efeito pequeno); condição ($F_{3,51} = 1,13$; $p = 0,343$; $\eta^2 = 0,062$; efeito pequeno), interação condição e sexo ($F_{3,51} = 3,04$; $p = 0,056$; $\eta^2 = 0,057$; efeito pequeno), tipo de macronutriente e condição ($F_{3,32; 56,56} = 0,70$; $p = 0,567$; $\eta^2 = 0,039$; efeito pequeno), tampouco interação

sexo, tipo de macronutriente e condição ($F_{6,102} = 01,31$; $p = 0,258$; $\eta^2 = 0,071$; efeito pequeno).

A Tabela 9 apresenta o consumo de macronutrientes relativo ao consumo energético total em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais

Tabela 9 - Consumo proteico, de carboidratos e gorduras relativo ao consumo energético total em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*).

		Controle	ECMI	EIAI	EIAI-A
Proteico (%)	Homens (n = 10)	17 ± 3	17 ± 3	17 ± 2	17 ± 2
	Mulheres (n = 9)	15 ± 4	15 ± 4	15 ± 4	15 ± 4
	Todos (n = 19)	15 ± 3	16 ± 3	16 ± 3	16 ± 3
CHO* (%)	Homens (n = 10)	47 ± 13	47 ± 9	47 ± 9	46 ± 8
	Mulheres (n = 9)	49 ± 13	48 ± 12	47 ± 11	46 ± 11
	Todos (n = 19)	51 ± 11	50 ± 8	49 ± 7	49 ± 7
Gorduras*# (%)	Homens (n = 10)	37 ± 10	38 ± 7	39 ± 8	40 ± 6
	Mulheres (n = 9)	35 ± 10	35 ± 9	36 ± 9	37 ± 9
	Todos (n = 19)	37 ± 9	37 ± 6	38 ± 6	38 ± 5

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; * = diferente do consumo proteico ($p < 0,001$); # = diferente do consumo de carboidratos ($p < 0,001$); ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade); CHO: carboidratos.

Para o consumo proteico, de carboidratos e gordura ingeridos percentual ao consumo total (Tabela 9), houve efeito para tipo de macronutriente consumido ($F_{1,17; 19,96} = 136,1$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,889$; efeito grande), sendo que o consumo proteico foi inferior ao consumo de carboidratos ($p < 0,001$) e gorduras ($p < 0,001$) e o consumo de gorduras foi inferior ao consumo de carboidratos ($p < 0,001$). Não houve efeito de interação dos fatores tipo de macronutriente e sexo ($F_{2,34} = 1,95$; $p = 0,158$; $\eta^2 = 0,103$; efeito pequeno). Não houve efeito do sexo ($F_{1,17} = 0,31$; $p = 0,582$; $\eta^2 = 0,018$; efeito pequeno), condição ($F_{1,45; 24,66} = 0,33$; $p = 0,647$; $\eta^2 = 0,020$; efeito pequeno), interação condição e sexo ($F_{3,51} = 0,47$; p

= 0,702; $\eta^2 = 0,027$; efeito pequeno), tipo de macronutriente e condição ($F_{2,35; 40,02} = 0,60$; $p = 0,574$; $\eta^2 = 0,035$; efeito pequeno), tampouco interação sexo, tipo de macronutriente e condição ($F_{6,102} = 0,44$; $p = 0,845$; $\eta^2 = 0,026$; efeito pequeno).

Análises sanguíneas

A Figura 9 apresenta os valores de grelina acilada das diferentes condições, em homens e mulheres.

Figura 9: Concentração de grelina acilada (ng/ml) em homens e mulheres em diferentes situações (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*) e momentos (0, 2, 2,5, 3,25, e 4 horas de experimento).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; * = diferente do momento 2, 2,5 e 3,25 horas ($p < 0,001$); # = diferente de 4 horas ($p < 0,05$); ‡ = diferente de 3,25 e 4 horas ($p < 0,05$); ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade); 0: jejum, 2h: pré-exercício; 2,5h: imediatamente após o exercício; 3,25h: 45 minutos pós-exercício; 4h: 120 minutos pós exercício; exceto na situação controle que não houve exercício mas que as coletas foram realizadas nos mesmos momentos.

Para a concentração de grelina acilada, houve somente efeito para o momento ($F_{4,68} = 24,35$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,588$; efeito moderado), sendo os valores observados no jejum superiores àqueles observados às 2; 2,5; e 3,25 h ($p < 0,001$; respectivamente), às 2 h inferiores àqueles observados após 4 h de experimento ($p < 0,001$), e às 2,5 h inferiores àqueles observados após 3,25 ($p = 0,034$) e 4 h ($p < 0,001$); não havendo efeito do sexo ($F_{1,17} = 0,006$; $p = 0,934$; $\eta^2 = 0,001$; efeito pequeno), condição ($F_{3,51} = 2,52$; $p = 0,067$; $\eta^2 = 0,129$; efeito pequeno) interação condição e sexo ($F_{3,51} = 1,35$; $p = 0,268$; $\eta^2 = 0,070$; efeito pequeno), momento e sexo ($F_{4,68} = 0,07$; $p = 0,989$; $\eta^2 = 0,004$; efeito pequeno), interação condição e momento ($F_{12,204} = 1,29$; $p = 0,221$; $\eta^2 = 0,070$; efeito pequeno) e interação condição, momento e sexo ($F_{12,204} = 0,56$; $p = 0,869$; $\eta^2 = 0,032$; efeito pequeno).

A figura 10 apresenta a área sob a curva da grelina acilada em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Figura 10: Área sob a curva da concentração de grelina acilada (ng/ml*min) em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; *: diferente do EIAI-A ($p < 0,05$); ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade).

Para a área sob a curva da grelina acilada houve efeito para condição ($F_{1,59} = 27,04$; $p = 0,020$; $\eta^2 = 0,182$; efeito pequeno), sendo que a área sob a curva no EIAI-A foi inferior àquela observada no controle ($p = 0,029$). Não houve efeito para sexo ($F_{1,17} = 0,05$; $p = 0,822$; $\eta^2 = 0,001$; efeito pequeno), tampouco interação sexo e condição ($F_{3,51} = 1,43$; $p = 0,243$; $\eta^2 = 0,077$; efeito pequeno).

A Figura 11 apresenta os valores de insulina em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Figura 11 - Concentração de insulina ($\mu\text{U/ml}$) em homens e mulheres em diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*) e momentos (0, 2, 2,5, 3,25, e 4 horas de experimento).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; * = diferente do momento 0; 2,5; 3,25 e 4 horas ($p < 0,05$); # = diferente de 2,5 e 3,25 horas ($p < 0,05$); † = interação entre condição e momento; diferente do EIAI-A às 3,25h e do ECMI às 2,5h ($p < 0,05$); ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade); 0: jejum, 2h: pré-exercício; 2,5h: imediatamente após o exercício; 3,25h: 45 minutos pós-exercício; 4h: 120 minutos pós exercício; exceto na situação controle que não houve exercício mas que as coletas foram realizadas nos mesmos momentos.

Para a insulina houve efeito do momento ($F_{2,55} = 22,44$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,569$; efeito moderado), sendo os valores observados no jejum inferiores àqueles observados às 2 ($p < 0,001$) e 3,25 h ($p = 0,013$), às 2 h superiores aos valores após 2,5, 3,25 e 4 h ($p < 0,001$; respectivamente); às 2,5 superiores às 4 h ($p = 0,026$) e às 3,25 superiores aos valores após 4 h ($p = 0,026$). Houve efeito de interação momento e condição ($F_{4,97;84,85} = 1,98$; $p = 0,027$; $\eta^2 = 0,104$; efeito pequeno), sendo os valores observados no EIAI-A às 3,25 h superiores àqueles observados na situação controle no mesmo momento ($p = 0,019$) e às 2,5 h na situação controle inferior ao ECMI no mesmo momento ($p = 0,007$). Houve efeito também de interação condição e sexo ($F_{3,51} = 5,44$; $p = 0,002$; $\eta^2 = 0,242$; efeito moderado), no entanto o *post hoc* de Bonferroni não revelou diferenças entre sexo e condição. Não houve efeito para sexo ($F_{1,17} = 0,74$; $p = 0,399$; $\eta^2 = 0,042$; efeito pequeno), condição ($F_{3,51} = 1,23$; $p = 0,306$; $\eta^2 = 0,067$; efeito pequeno), interação momento e sexo ($F_{4,68} = 0,95$; $p = 0,438$; $\eta^2 = 0,053$; efeito pequeno), tampouco interação condição, momento e sexo ($F_{12,204} = 0,85$; $p = 0,597$; $\eta^2 = 0,047$; efeito pequeno).

A Figura 12 apresenta a área sob a curva da insulina em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Figura 12: Área sob a curva da concentração de insulina (uU/ml*min) em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade).

Para a área sob a curva da insulina não houve efeito para sexo ($F_{1,17} = 0,85$; $p = 0,368$; $\eta^2 = 0,047$; efeito pequeno) nem para condição ($F_{3,51} = 1,20$; $p = 0,319$; $\eta^2 = 0,065$; efeito pequeno). Houve efeito de interação sexo e condição ($F_{4,11} = 3,93$; $p = 0,010$; $\eta^2 = 0,194$; efeito pequeno), mas o *post hoc* de Bonferroni não revelou diferenças entre condição e sexo.

A Figura 13 apresenta os valores de PYY₃₋₃₆ em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Figura 13 - Concentração de PYY₃₋₃₆ (pg/ml) em homens e mulheres em diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*) e momentos (0, 2, 2,5, 3,25, e 4 horas de experimento).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; ‡ = diferente das mulheres ($p < 0,05$); ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade); 0: jejum, 2h: pré-exercício; 2,5h: imediatamente após o exercício; 3,25h: 45 minutos pós-exercício; 4h: 120 minutos pós exercício; exceto na situação controle que não houve exercício mas que as coletas foram realizadas nos mesmos momentos.

Para o PYY₃₋₃₆ houve efeito para sexo ($F_{1,16} = 8,55$; $p = 0,009$; $\eta^2 = 0,348$; efeito moderado), sendo que os homens apresentaram valores superiores àqueles apresentados pelas mulheres ($p = 0,009$). Não houve efeito para momento ($F_{2,15, 34,46} = 2,48$; $p = 0,094$; $\eta^2 = 0,134$; efeito pequeno), condição ($F_{3,48} = 0,17$; $p = 0,910$; $\eta^2 = 0,010$; efeito pequeno), interação sexo e condição ($F_{3,48} = 3,52$; $p = 0,021$; $\eta^2 = 0,180$; efeito pequeno) e condição e momento ($F_{12,192} = 0,87$; $p = 0,571$; $\eta^2 = 0,051$; efeito pequeno), interação momento e sexo ($F_{4,64} = 0,84$; $p = 0,499$; $\eta^2 = 0,050$; efeito pequeno), e interação condição, momento e sexo ($F_{12,192} = 0,49$; $p = 0,930$; $\eta^2 = 0,028$; efeito pequeno).

A figura 14 apresenta a área sob a curva do PYY₃₋₃₆ em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Figura 14: Área sob a curva da concentração do PYY₃₋₃₆ (pg/ml*min) em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; ‡ = diferente das mulheres ($p < 0,05$); ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade).

Para a área sob a curva do PYY₃₋₃₆ houve efeito para sexo ($F_{1,16} = 6,18$; $p = 0,024$; $\eta^2 = 0,270$; efeito moderado), sendo que os homens apresentaram valores superiores àqueles observados pelas mulheres ($p = 0,024$). Não houve efeito para condição ($F_{3,48} = 0,32$; $p = 0,806$; $\eta^2 = 0,019$; efeito pequeno) ou interação condição e sexo ($F_{1,48} = 2,46$; $p = 0,076$; $\eta^2 = 0,131$; efeito pequeno).

A Figura 15 apresenta os valores de glicose em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Figura 15 - Concentração de glicose (mg/dl) em homens e mulheres em diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*) e momentos (0, 2,5, 3,25 e 4 horas de experimento).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; * = diferente de 2,5 horas ($p < 0,05$); # = diferente de 2,5 e 3,25 horas ($p < 0,05$); ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade); 0: jejum, 2h: pré-exercício; 2,5h: imediatamente após o exercício; 3,25h: 45 minutos pós-exercício; 4h: 120 minutos pós exercício; exceto na situação controle que não houve exercício mas que as coletas foram realizadas nos mesmos momentos.

Para a glicose houve somente efeito para o momento ($F_{2,43,41,35} = 8,63$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,336$; efeito moderado), sendo os valores observados em jejum inferiores àqueles observados após 2,5h ($p < 0,001$), e às 2h inferiores àqueles observados após 2,5 e 3,25h ($p < 0,001$). Não houve efeito para sexo ($F_{1,17} = 2,32$; $p = 0,145$; $\eta^2 = 0,120$; efeito pequeno), condição ($F_{3,51} = 1,76$; $p = 0,165$; $\eta^2 = 0,087$; efeito pequeno); interação condição e sexo

($F_{3,51} = 0,16$; $p = 0,941$; $\eta^2 = 0,007$; efeito pequeno), interação momento e sexo ($F_{4,68} = 0,16$; $p = 0,958$; $\eta^2 = 0,009$; efeito pequeno); interação condição e momento ($F_{4,86;82,77} = 1,40$; $p = 0,164$; $\eta^2 = 0,007$; efeito pequeno); e interação condição, momento e sexo ($F_{12,204} = 0,84$; $p = 0,608$; $\eta^2 = 0,047$; efeito pequeno).

A figura 16 apresenta a área sob a curva da glicose em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Figura 16: Área sob a curva da glicose (mg/dl*min) em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade, ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade).

Para a área sob a curva da glicose não houve efeito condição ($F_{3,51} = 1,76$; $p = 0,164$; $\eta^2 = 0,094$; efeito pequeno), sexo ($F_{1,17} = 1,88$; $p = 0,187$; $\eta^2 = 0,099$; efeito pequeno) ou interação sexo e condição ($F_{3,51} = 0,22$; $p = 0,880$; $\eta^2 = 0,129$; efeito pequeno).

A Figura 17 apresenta os valores de triacilglicerol em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Figura 17 - Concentração de triacilglicerol (mg/dl) em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*) e momentos (0, 2, 2,5, 3,25, e 4 horas de experimento).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade); 0: jejum; 2h: pré exercício; 2,5h: imediatamente após o exercício; 3,15h: 45 minutos pós-exercício; 4h: 120 minutos pós exercício; exceto na situação controle que não houve exercício mas que as coletas foram realizadas nos mesmos momentos.

Para o triacilglicerol não houve efeito para momento ($F_{4,68} = 1,53$; $p = 0,202$; $\eta^2 = 0,082$; efeito pequeno), sexo ($F_{1,17} = 0,65$; $p = 0,429$; $\eta^2 = 0,037$; efeito pequeno), condição ($F_{3,51} = 0,63$; $p = 0,597$; $\eta^2 = 0,035$; efeito pequeno), interação condição e sexo ($F_{3,51} = 0,88$; $p = 0,453$; $\eta^2 = 0,049$; efeito pequeno), interação momento e sexo ($F_{4,68} = 1,20$; $p = 0,318$;

$\eta^2 = 0,065$; efeito pequeno), interação condição e momento ($F_{12,204} = 20,19$; $p = 0,064$; $\eta^2 = 0,114$; efeito pequeno) ou interação condição, momento e sexo ($F_{12,204} = 1,79$; $p = 0,051$; $\eta^2 = 0,095$; efeito pequeno).

A Figura 18 apresenta área sob a curva das concentrações de triacilglicerol em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Figura 18: Área sob a curva do triacilglicerol (mg/dl*min) em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade).

Para a área sob a curva do triacilglicerol não houve efeito para condição ($F_{3,51} = 0,67$; $p = 0,571$; $\eta^2 = 0,038$; efeito pequeno), sexo ($F_{1,17} = 0,59$; $p = 0,452$; $\eta^2 = 0,033$; efeito pequeno) ou para interação sexo e condição ($F_{3,51} = 0,91$; $p = 0,438$; $\eta^2 = 0,051$; efeito pequeno).

A Figura 19 apresenta os valores de colesterol em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Figura 19 - Concentração de colesterol em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*) e momentos (0, 2, 2,5, 3,25, e 4 horas de experimento).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade); 0: jejum; 2h: pré exercício; 2,5h: imediatamente após o exercício; 3,15h: 45 minutos pós-exercício; 4h: 120 minutos pós exercício; exceto na situação controle que não houve exercício mas que as coletas foram realizadas nos mesmos momentos.

Para o colesterol não houve efeito para sexo ($F_{1,17} = 3,86$; $p = 0,065$; $\eta^2 = 0,185$; efeito moderado), condição ($F_{3,51} = 0,95$; $p = 0,422$; $\eta^2 = 0,053$; efeito pequeno), momento ($F_{4,68} = 0,43$; $p = 0,781$; $\eta^2 = 0,025$; efeito pequeno), interação condição e sexo ($F_{3,51} = 0,51$; $p = 0,675$; $\eta^2 = 0,029$; efeito pequeno), interação momento e sexo ($F_{4,68} = 0,88$; $p = 0,475$; $\eta^2 = 0,049$; efeito pequeno), interação condição e momento ($F_{12,204} = 1,09$; $p = 0,369$; $\eta^2 =$

0,060; efeito pequeno) ou interação condição, momento e sexo ($F_{12,204} = 1,15$; $p = 0,318$; $\eta^2 = 0,063$; efeito pequeno).

A Figura 20 apresenta área sob a curva do colesterol em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Figura 20: Área sob a curva do colesterol (mg/dl*min) em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade).

Para a área sob a curva do colesterol não houve efeito para condição ($F_{3,17} = 0,67$; $p = 0,571$; $\eta^2 = 0,038$; efeito pequeno), sexo ($F_{1,17} = 0,59$; $p = 0,452$; $\eta^2 = 0,033$; efeito pequeno) ou para interação sexo e condição ($F_{3,17} = 0,92$; $p = 0,438$; $\eta^2 = 0,051$; efeito pequeno).

A Figura 21 apresenta os valores de cortisol em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Figura 21 - Concentração de cortisol (pg/ml) em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*) e momentos (0, 2, 2,5, 3,25, e 4 horas de experimento).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; * = diferente de 2, 2,5, 3,25 e 4 horas ($p < 0,05$); # = EIAI-A diferente de controle ($p < 0,05$); ‡ = diferente das mulheres ($p < 0,05$); ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade); 0: jejum; 2h: pré exercício; 2,5h: imediatamente após o exercício; 3,15h: 45 minutos pós-exercício; 4h: 120 minutos pós exercício; exceto na situação controle que não houve exercício mas que as coletas foram realizadas nos mesmos momentos.

Para o cortisol houve efeito para sexo ($F_{1,17} = 13,86$; $p = 0,001$; $\eta^2 = 0,449$; efeito moderado), sendo que as mulheres apresentaram os valores superiores àqueles apresentados pelos homens ($p = 0,001$). Foi detectado efeito do momento ($F_{4,68} = 8,83$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,341$; efeito moderado), sendo os valores observados no jejum superiores àqueles observados nos momentos 2 ($p = 0,001$), 3,25 ($p = 0,001$) e 4 h de experimento ($p < 0,001$). Houve também efeito de interação momento e condição ($F_{12,204} = 2,62$; $p = 0,002$; $\eta^2 =$

0,133; efeito pequeno), sendo os valores observados na condição controle às 2,5 h inferiores no EIAI-A no mesmo momento ($p = 0,019$). Não houve efeito para condição ($F_{3,51} = 1,94$; $p = 0,133$; $\eta^2 = 0,102$; efeito pequeno), interação condição e sexo ($F_{3,51} = 0,91$; $p = 0,440$; $\eta^2 = 0,051$; efeito pequeno), interação momento e sexo ($F_{4,68} = 1,44$; $p = 0,229$; $\eta^2 = 0,078$; efeito pequeno) ou interação condição, momento e sexo ($F_{12,204} = 1,52$; $p = 0,117$; $\eta^2 = 0,082$; efeito pequeno).

A Figura 22 apresenta a área sob a curva do cortisol em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Figura 22: Área sob a curva da concentração de cortisol (pg/ml*min) em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; ‡ = diferente das mulheres ($p < 0,05$); ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade).

Para a área sob a curva do cortisol houve efeito para sexo ($F_{1,17} = 14,68$; $p = 0,001$; $\eta^2 = 0,463$; efeito moderado), sendo os valores observados nas mulheres superiores àqueles observado nos homens ($p = 0,001$). Não houve efeito para condição ($F_{3,17} = 1,76$; $p = 0,166$; $\eta^2 = 0,093$; efeito pequeno), nem interação sexo e condição ($F_{3,51} = 0,74$; $p = 0,529$; $\eta^2 = 0,042$; efeito pequeno).

A Figura 23 apresenta os valores de ácidos graxos livres em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais

Figura 23 - Concentração de ácidos graxos livres (mg/dl) em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*) e momentos (0 2, 2,5, 3,25, e 4 horas de experimento).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão; ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade); 0: jejum; 2h: pré exercício; 2,5h: imediatamente após o exercício; 3,15h: 45 minutos pós-exercício; 4h: 120 minutos pós exercício; exceto na situação controle que não houve exercício mas que as coletas foram realizadas nos mesmos momentos.

Para os ácidos graxos livres não houve efeito para sexo ($F_{1,17} = 1,96$; $p = 0,180$; $\eta^2 = 0,109$; efeito pequeno), condição ($F_{3,51} = 0,53$; $p = 0,659$; $\eta^2 = 0,032$; efeito pequeno), momento ($F_{4,68} = 1,37$; $p = 0,251$; $\eta^2 = 0,079$; efeito pequeno), interação condição e sexo ($F_{3,51} = 0,13$; $p = 0,937$; $\eta^2 = 0,008$), interação momento e sexo ($F_{4,68} = 0,16$; $p = 0,176$; $\eta^2 =$

0,092; efeito pequeno), interação condição e momento ($F_{12,204} = 0,49$; $p = 0,917$; $\eta^2 = 0,029$; efeito pequeno) ou e interação condição, momento e sexo ($F_{12,204} = 0,57$; $p = 0,859$; $\eta^2 = 0,034$; efeito pequeno).

A Figura 24 apresenta a área sob a curva dos ácidos graxos livres em homens e mulheres nas diferentes condições experimentais.

Figura 24: Área sob a curva da concentração de ácidos graxos livres (mg/dl*min) em homens e mulheres nas diferentes condições (controle, exercício contínuo de moderada intensidade, intermitente de alta intensidade e intermitente de alta intensidade *all out*).

Nota: dados apresentados em média e desvio padrão. ECMI: exercício contínuo de moderada intensidade (60% da potência aeróbia máxima até atingir trabalho pré-fixado); EIAI: exercício intermitente de alta intensidade (100% da potência aeróbia máxima com relação esforço pausa de 60s:60s até atingir trabalho pré-fixado); EIAI-A: exercício intermitente de alta intensidade *all out* (60 tiros com relação esforço pausa de 8s:12s na máxima intensidade).

Para a área sob a curva dos ácidos graxos livres (Figura 24) não houve efeito para sexo ($F_{1,17} = 1,96$; $p = 0,180$; $\eta^2 = 0,109$; efeito pequeno), condição ($F_{3,17} = 0,48$; $p = 0,697$; $\eta^2 = 0,029$; efeito pequeno), nem interação sexo e condição ($F_{3,51} = 0,17$; $p = 0,913$; $\eta^2 = 0,010$; efeito pequeno).

Correlações

Na condição EIAI-A houve correlação da área sob a curva da fome com energia ingerida absoluta ($r = 0,504$; $p = 0,033$) e relativa ($r = 0,534$; $p = 0,023$) na mesma condição. Na condição EIAI também houve correlação da área sob a curva da fome com a energia ingerida absoluta ($r = 0,532$; $p = 0,023$) e relativa ($r = 0,601$; $p = 0,008$) na mesma condição. O mesmo ocorreu para o ECMI, sendo a área sob a curva da fome correlacionada com a energia ingerida absoluta ($r = 0,493$; $p = 0,038$) e relativa na mesma condição ($r = 0,541$; $p = 0,020$).

6. DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi que a energia relativa ingerida nas condições envolvendo exercício foi menor em relação à situação controle, sem diferença entre os diferentes tipos de exercícios e entre os sexos. Por outro lado, os escores de fome foram reduzidos apenas nos exercícios realizados em alta intensidade (EIAI e EIAI-A) em relação à situação controle. Adicionalmente, a área sob a curva da grelina acilada foi inferior no EIAI-A quando comparada com o controle, e a insulina e o cortisol apresentaram valores superiores após o exercício no EIAI-A comparado com o controle, sendo que essas diferenças hormonais não sofreram influência do sexo. Em conjunto, os dados demonstram que, embora a energia relativa ingerida não tenha diferido entre os três tipos de exercício, modificações no sentido de suprimir o apetite foram mais pronunciadas nos exercícios realizados em alta intensidade.

Ainda que o volume dos três tipos de exercício tenha sido equalizado pelo trabalho mecânico, o gasto energético entre os exercícios foi distinto, sendo os valores observados no EIAI-A superiores aos valores do EIAI e do ECMI. Ou seja, sessões de exercícios executados em intensidades distintas, porém com o mesmo volume, resultaram em gasto energético diferente. O gasto energético mais elevado no EIAI-A pode ser explicado pela constatação de que os valores médios do $\dot{V}O_2$ dessa sessão foram superiores aos valores observados nos outros exercícios.

Ao iniciar um esforço há um aumento exponencial do $\dot{V}O_2$ na tentativa de atingir a demanda energética imposta pelo exercício de modo que essa demanda seja mantida predominantemente pelo metabolismo aeróbio. Esse aumento exponencial do $\dot{V}O_2$ é conhecido como cinética *on* e, por sua vez, a redução do $\dot{V}O_2$ após o esforço compreende a cinética *off* do $\dot{V}O_2$. Em exercícios realizados em intensidade moderada (abaixo da máxima fase estável do lactato sanguíneo) a cinética *on* ocorre até a obtenção de valores estáveis do consumo de oxigênio (OZNEYER et al., 2001). No entanto, durante o exercício intermitente de alta intensidade, que é composto por diversos períodos de esforço e pausa, o comportamento do consumo de oxigênio tem caráter dinâmico, ocorrendo diversas repetições de aumento e diminuição (PANISSA et al., 2014). Considerando que no EIAI-A os períodos de recuperação foram curtos (12s), é provável que esse tempo não tenha sido suficiente para promover uma queda nos valores do consumo de oxigênio que foram atingidos durante os períodos de esforço. Como consequência, esse tipo de exercício resultou em valores elevados do $\dot{V}O_2$ não apenas durante o esforço, para atender a alta demanda energética, como também na pausa, pois o período curto de recuperação não

possibilitou sua redução, o que permitiu que os valores se mantivessem elevados durante todo o exercício.

Em estudo conduzido por nosso grupo (FRANCHINI; PANISSA; JULIO, 2013) também foi constatado que protocolo de exercício intermitente de alta intensidade composto por período de esforço/pausa curtos, realizado de maneira *all out*, utilizando técnicas de judô (18 x 10s:10s), propiciaram valores mais elevados de $\dot{V}O_2$ quando comparados com protocolos compostos por períodos de esforço/pausa mais longos (6 x 30s:30s). Christmass, Dawson e Arthur (1999) também observaram valores mais elevados do $\dot{V}O_2$ e gasto energético em protocolo com período esforço/pausa curtos (6s:9s) comparado com protocolo mais longo (24:36), realizados a 109% da velocidade correspondente ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, equalizados pelo tempo (40 minutos).

Portanto, a diferença no gasto energético, a qual pode ocorrer em função do protocolo de exercício executado, demonstra a importância de realizar medidas fisiológicas que possibilitem estimar o gasto energético, em conjunto com a determinação do trabalho mecânico realizado. Considerando que o cálculo da energia ingerida relativa é decorrente do gasto energético do exercício, é de extrema relevância que a estimativa dessa variável seja realizada a partir de métodos que utilizem em seus cálculos variáveis fisiológicas obtidas com a execução do exercício e não estimadas a partir de outros testes.

Tomando por exemplo o estudo publicado por Deigthon et al. (2013b), que utilizou protocolo de exercício intermitente de alta intensidade composto por 10 esforços de 4 min intercalados por 2 min de recuperação, no qual o $\dot{V}O_2$ foi medido apenas no último minuto dos esforços 1, 3, 5, 8, e 10, para assegurar que a intensidade de 85% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ fosse atingida, como também para o cálculo do gasto energético da sessão. Portanto, pode haver um viés na estimativa, pois não foi computado todo o período de esforço, considerando que essa variável se manteve em estado estável durante os 4 minutos de esforço, ou seja não foi considerada a cinética *on*. Tampouco fica claro como foi, e se foi contemplado o $\dot{V}O_2$ dos períodos de pausa/repouso entre os esforços (cinética *off*).

Dessa maneira, o cálculo do gasto energético proveniente do exercício, especialmente durante o exercício intermitente, deve ser realizado a partir de variáveis fisiológicas que foram mensuradas durante a realização do exercício propriamente dito, tanto nos períodos de esforço como nos períodos de pausa. Além disso, essa quantificação deve ser realizada, se possível, considerando os três sistemas de transferência de energia para que se obtenha a melhor estimativa possível, principalmente quando mais de um protocolo de exercício for comparado. Essa recomendação deve ser seguida essencialmente

para o cálculo da energia ingerida relativa, evitando a subestimação ou superestimação dos valores dessa variável. A utilização de métodos impróprios para o cálculo do gasto energético explicaria a grande variação do gasto energético observada (335 a 6500 kJ) por Schubert et al. (2013) nos estudos revisados em sua meta-análise.

Contudo, o que se pode observar é que os valores mais elevados no EIAI-A no presente estudo apontam para uma vantagem desse tipo de exercício em aumentar o gasto energético da sessão. A utilização desse tipo de exercício pode, portanto, ser uma boa opção para aqueles que visam à redução da massa corporal.

Com relação às respostas do apetite e ingestão alimentar em virtude de exercício realizados em alta e moderada intensidade, até o presente momento poucos estudos foram conduzidos. O estudo que teve protocolo e amostra mais similares aos do presente estudo foi publicado por Deigthon et al. (2013b). Nesse estudo foram utilizados protocolos equalizados pelo gasto calórico estimado, sendo um protocolo de intensidade moderada (60 min a 60% do $\dot{V}O_{2max}$) e um protocolo de exercício intermitente de alta intensidade (10 x 4 min:2 min a 85-95% do $\dot{V}O_{2max}$), além de uma situação controle. Os autores demonstraram que o exercício de alta intensidade teve efeito mais pronunciado na supressão do apetite (fome, satisfação e prospecção ao consumo alimentar). Essas variáveis foram suprimidas imediatamente após o exercício comparado com o controle e houve uma tendência ($p = 0,06$) para os mesmos resultados quando observada a área sob a curva da duração total do experimento (8 h). Além disso, a área sob a curva do PYY foi maior no exercício de alta intensidade, considerando o tempo total de experimento (8 h) comparado com a situação controle. A energia ingerida relativa foi menor nos exercícios comparado com o controle, porém sem diferença entre os exercícios. Portanto, esses achados se assemelham bastante aos achados do presente estudo, dado que modificações no sentido de suprimir o apetite (sensação de fome e PYY) foram mais pronunciadas no exercício de maior intensidade.

No entanto, Deigthon et al. (2013b) não analisaram a grelina acilada e no presente estudo não foram observadas modificações no PYY_{3-36} . Um aspecto que deve ser considerado é que o protocolo utilizado por Deigthon et al. (2013b) foi três vezes maior em termos de trabalho externo, gasto energético e tempo de exercício do que o presente estudo, e ainda não se sabe como essas variáveis podem ter efeito no comportamento dos hormônios, da sensação de fome e da energia ingerida.

Outros estudos utilizando indivíduos obesos e com sobrepeso encontraram resultados distintos (MARTINS et al., 2015; SIM et al., 2014). Sim et al. (2014)

submeteram homens sedentários ao exercício de intensidade moderada (60% do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$), alta intensidade (60s a 100% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$:240s a 50% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$) e muito alta intensidade (15s a 170% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$:60s a 32% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$) equalizados pelo trabalho total e uma condição controle. Na condição do exercício muito intenso comparado com as outras condições não foi observado efeito nos escores de fome, mas a grelina acilada foi inferior, e a glicose e o lactato superiores. Adicionalmente, a energia total ingerida nas 24 horas que sucederam o exercício (incluindo a soma da energia ingerida no buffet *ad libitum* oferecido no laboratório com a energia ingerida acessada por diário alimentar) foi menor no exercício muito intenso comparado com o de intensidade moderada, porém sem constatação de alterações no PYY, no peptídeo polipâncreático e na insulina.

Por outro lado, Martins et al. (2015) não observaram efeito da intensidade do exercício na grelina acilada, PYY₃₋₃₆, peptídeo poliancreático, escores de fome e na energia ingerida relativa quando dois protocolos equalizados pelo gasto energético (250 kcal) foram comparados (70% da frequência cardíaca máxima e 85-95% da frequência cardíaca máxima realizado de forma intermitente - 8s:12s). Outro estudo que não detectou diferenças na percepção de fome e no desejo de comer, em homens com sobrepeso e obesos, entre exercícios realizados em diferentes intensidades, porém equalizados pelo trabalho total gerado foi o de Alkahtani et al. (2014), que observou somente uma tendência a maior supressão da fome gerada pelo exercício de alta intensidade.

Entretanto, é importante considerar que no estudo de Sim et al. (2014) o exercício foi realizado em jejum e uma bebida padronizada foi oferecida imediatamente após o exercício. Além disso, a refeição *ad libitum* foi composta por alimentos pouco usuais (leite e aveia), a energia ingerida durante 24 horas foi acessada via diário alimentar e não há informações se a energia ingerida computada foi a absoluta ou relativa ao gasto energético do exercício. Esses aspectos dificultam o entendimento do real efeito da intensidade sobre o apetite e a ingestão alimentar.

Além disso, Sim et al. (2014) e Martins et al. (2015) conduziram estudo com indivíduos com sobrepeso e obesos, e embora poucos estudos tenham se preocupado em analisar a influência do índice de massa corporal, indivíduos com excesso de peso podem apresentar comportamento compensatório da ingesta alimentar superior quando comparados com indivíduos eutróficos (GEORGE; MORGASTEIN, 2003). Outro indício de que pessoas com excesso de peso podem apresentar diferentes respostas relacionadas ao apetite em decorrência do exercício é a menor resposta da grelina acilada, pois em situação envolvendo exercício ela está diminuída quando comparada com situação controle em

eutróficos, mas isso não ocorre em obesos (HEDEN, et al., 2013). Atualmente não há estudos indicando se a intensidade pode exercer diferentes efeitos em populações com diferentes índices de massa corporal.

Com relação ao tipo de macronutriente ingerido não houve efeito para condição e sexo, até o presente momento nenhum estudo reportou alteração na composição da ingestão em virtude da intensidade ou sexo (DEIGHTON et al., 2013a, 2013b; HAGOBIAN et al., 2013; MARTINS et al., 2015; SIM et al., 2014), sendo essa uma variável que tem se mostrado bastante consistente mesmo quando há modificação na quantidade de energia ingerida.

No presente estudo a área sob a curva da grelina acilada foi menor no EIAI-A em relação à condição controle e essa alteração não foi observada no ECMI e no EIAI. Isso pode ter ocorrido em função do EIAI-A ter sido realizado em intensidade mais alta e ter gerado gasto energético mais elevado quando comparado com os outros protocolos. Como mencionado anteriormente, o efeito da quantidade de energia gasta durante o exercício ainda é desconhecido, pois não há estudos que tenham verificado se existe relação entre gasto energético, ingestão alimentar e variáveis relacionadas ao apetite. No entanto, o fato do EIAI-A ter sido realizado em maior intensidade poderia explicar o porquê dos valores da grelina acilada apresentarem-se inferiores quando comparados ao controle, porém não diferirem quando os outros protocolos (EIAI e ECMI) foram comparados com o controle, dado que outros estudos também verificaram essa resposta (DEIGHTON et al., 2013a; 2013b).

Em adição, houve aumento pronunciado do cortisol no EIAI-A em 2,5 h de experimento (imediatamente pós-exercício) em relação à situação controle. É conhecido que durante o exercício o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA) é estimulado e isso pode ser observado pelo aumento da concentração de cortisol pós-exercício. A ativação do eixo HPA leva à produção de CRH (do inglês *corticotropin release hormone*) no hipotálamo, que estimula a produção de ACTH (do inglês *adrenocorticotrophic hormone*) na glândula pituitária, levando à produção de cortisol pelas glândulas adrenais. Esse aumento do cortisol age em diversos locais como músculo, fígado e tecido adiposo estimulando a lipólise, glicogenólise e gliconeogênese, aumentando assim a disponibilidade de ácidos graxos livres e glicose para atender à demanda energética do exercício (LEAL-CERRO et al., 2003).

Exercícios realizados em intensidade mais elevada geram valores mais elevados de cortisol maior elevação do cortisol o que indicaria maior ativação do eixo HPA

(HACKNEY; PREMO; McMURRAY, 1995). Nós especulamos que a liberação do CRH no hipotálamo pode, em parte, estar envolvida com a supressão do apetite, dado que o CRH tem potente ação anorexígena, pois age em circuitos neurais no hipotálamo, que controlam o apetite e a ingestão alimentar através, por exemplo, da inibição de peptídeos anorexígenos como o neuropeptídeo Y (MANIAN; MORRIS, 2012). Tendo em vista que esse eixo está intimamente ligado à modulação do apetite, nota-se que ainda são necessários mais estudos para entender o seu papel no efeito anorexígeno provocado pelo exercício.

A menor resposta insulínica nas mulheres em comparação aos homens, como reportado por estudos envolvendo exercício de curto prazo (HAGOBIAN et al., 2009; EBRAHINI et al., 2013), que observaram maior resposta compensatória na ingestão alimentar nas mulheres concomitantemente com menor resposta insulínica, não foi confirmada pelo presente estudo. No entanto, assim como ocorreu com a grelina acilada e o cortisol, as concentrações plasmáticas de insulina encontraram-se modificadas entre as condições experimentais. Portanto, embora a medida da insulina no presente estudo tenha sido realizada com intuito de verificar possíveis efeitos no dimorfismo sexual sua alteração em função do exercício merece debate.

Como dito anteriormente, com o início do exercício há um aumento da demanda energética no músculo ativo e assim uma ativação do sistema nervoso simpático, ativação do eixo HPA, liberação de catecolaminas e glucagon, concomitantemente com a supressão da liberação de insulina. A insulina é reduzida durante o exercício porque é contrarreguladora dos hormônios catabólicos e inibidora da glicólise e da lipólise. Durante o exercício a captação de glicose plasmática se dá independentemente da insulina, sendo seu transporte para o interior da célula muscular ocorrendo por difusão facilitada através do GLUT-4, presente na membrana celular (RITCHER; HARGREAVES, 2013). A resposta insulínica no presente estudo ocorreu de maneira esperada: com valores mais baixos no jejum, aumentando pós-café da manhã (pré-exercício), diminuindo pós-exercício e voltando a aumentar após 45 min do final do exercício.

No entanto, houve aumento expressivo da insulina 45 min pós-exercício no EIAI-A quando comparado com o controle. O aumento da insulina pós-exercício deve-se principalmente à síntese de glicogênio muscular decorrente da depleção que ocorre durante o exercício. Essa síntese tem um padrão de comportamento, com uma fase inicial independente da insulina, seguida de uma fase dependente da insulina, na qual há o transporte de glicose para o interior da célula, e posteriormente a síntese de glicogênio (JENTJEN e JEUKENDRUP, 2003). Portanto, é possível que esse aumento mais

pronunciado da insulina após o EIAI-A tenha ocorrido em função da maior depleção do glicogênio muscular durante esse tipo de exercício, dado que exercícios mais intensos podem apresentar maior depleção desse substrato (VAN LONN et al., 2001).

Esse aumento da insulina poderia ser mais um indício de que o EIAI-A gerou resposta anorexígena mais expressiva. No entanto, ainda não é possível fazer tal afirmação, pois não se sabe o real papel da insulina na anorexia induzida pelo exercício de forma aguda, pois sabe-se que ela é um hormônio anorexígeno, mas sua relação com o apetite e ingestão alimentar está melhor definida em situações sem exercício (FLINT et al., 2007). Ao observarmos aumento das concentrações de cortisol após exercício (dito anorexígeno via CRH), e 45 min depois observamos aumento das concentrações de insulina (dito anorexígeno); e menor área sob a curva (4h) da grelina acilada (dito orexígeno) podemos especular que este sincronismo possa contribuir de maneira significativa para permanência da inibição do apetite por caminhos distintos, porém mais estudos são necessários para melhor compreensão dos mecanismos envolvidos.

Embora alterações na fome, na grelina acilada, cortisol e insulina tenham ocorrido em decorrência do tipo de exercício, a energia ingerida relativa não foi afetada, ou seja, as respostas ocorreram de forma dissociada. Essa dissociação entre fome, respostas hormonais e energia ingerida também foi relatada em outros estudos (DEIGHTON; BATTERHAM; STENSEL, 2014; KAWANO et al., 2013; KING; BUELRY; BLUNDELL, 1994; KING; BLUNDELL 1995).

Deighton, Batterham e Stensel (2014) compararam três protocolos: 1) controle; 2) déficit induzido pelo ~1469kJ exercício (30 min pedalando a 65% do $VO_{2máx}$); 3) déficit induzido por redução de ingestão alimentar de ~1478 kJ. Para indução do déficit energético o protocolo adotado consistiu em realizar o exercício em jejum (aproximadamente às 8 h) e oferecer duas refeições padronizadas (café da manhã, aproximadamente às 9 h, e almoço, aproximadamente ao meio dia), ambas as refeições com diferentes quantidades energéticas (de acordo com o protocolo) e uma terceira refeição (aproximadamente às 15 horas) *ad libitum*. Os escores de apetite foram superiores no protocolo de déficit energético induzido por redução da ingestão alimentar, entretanto a energia ingerida não diferiu entre os protocolos, o que resultou em um balanço energético menor no exercício e no déficit induzido por alimentação comparado com o controle. A grelina acilada não sofreu alterações entre os protocolos, ao passo que o PYY₃₋₃₆ foi superior no exercício em relação ao déficit por ingestão alimentar e negativamente correlacionado com mudanças no apetite.

Outro estudo que demonstrou dissociação dessas respostas foi publicado por Kawano et al. (2013), os quais compararam 3 séries de 10 min com 5 min de intervalo ($\sim 64\% \dot{V}O_{2\max}$) realizados em exercício em cicloergômetro e em movimento de pular corda equalizando os protocolos pelo gasto calórico ($\sim 290\text{kcal}$) e observaram que imediatamente após as duas situações com exercício comparadas à situação controle os escores de fome e a grelina acilada foram suprimidos e o PYY aumentou, sem alterações no GLP-1. No entanto, a supressão da sensação de fome após o movimento de pular corda foi maior do que após exercício em cicloergômetro, mas não houve diferença entre os tipos de exercício quanto às alterações na grelina acilada e no PYY.

Portanto, os estudos supracitados em consonância com os resultados do presente estudo reforçam que as alterações hormonais e perceptivas nem sempre correspondem em magnitude com a energia ingerida. Um dos motivos para a ausência dessas associações pode estar no oferecimento da refeição *ad libitum* ocorrer a posteriori da modificação mais expressiva desses hormônios (BROOM et al. 2007; KING et al., 2010; KING et al., 2015), embora essa possibilidade não tenha sido testada.

Os valores mais elevados de cortisol, e os menores valores de grelina acilada e dos escores de fome foram observados imediatamente após o término do exercício, porém a refeição *ad libitum* ocorreu somente 90 minutos após a realização do exercício. Esse intervalo de tempo poderia explicar a ausência de efeitos na ingestão alimentar entre os protocolos, uma vez que o oferecimento da refeição *ad libitum* ocorrer a posteriori das modificações mais expressivas desses hormônios, pois as alterações mais pronunciadas ocorrem imediatamente após o exercício (BROOM et al. 2007; KING et al., 2010; KING et al., 2015, MARTINS et al., 2015). Os estudos da área seguem uma ordem de eventos, iniciando com o indivíduo em jejum e fazendo uma refeição padrão (café da manhã) no laboratório. Após algum período de repouso os participantes são submetidos a uma sessão de exercício e por fim, após mais um período de repouso, recebem refeição *ad libitum*. Contudo, o horário da realização do exercício e da refeição *ad libitum* pode variar bastante entre os estudos (zero a duas horas). Esse intervalo de tempo pode ser importante para verificar como essas alterações de fato influenciam a ingestão alimentar. A hipótese de que o intervalo entre o término do exercício e o oferecimento da refeição é importante, é reforçada pelo estudo desenvolvido por King, Wasse e Stensel, (2013), no qual foi verificado que o exercício alterou a latência da ingestão alimentar. Nesse estudo os participantes se exercitaram em horário fixo e puderam se alimentar livremente (horário autoselecionado); na situação com exercício os participantes postergaram a alimentação em

35 min quando comparada com a situação controle (sem exercício), embora a energia ingerida não tenha diferido entre as situações.

Embora esteja evidente na literatura que o exercício é capaz de alterar respostas hormonais e percepções subjetivas da fome no sentido de suprimir o apetite concomitantemente com a diminuição da energia ingerida relativa, a relação dos níveis desses hormônios circulantes e da fome sentida com a energia ingerida pós-exercício ainda é questionável, dado que a magnitude de alterações no apetite (fome e respostas metabólicas/hormonais) nem sempre podem se correlacionar a ingestão alimentar pós-exercício. De fato, a energia ingerida absoluta e relativa foi correlacionada com a área sob a curva da fome nas situações envolvendo exercício ao passo que não houve correlação com outras variáveis.

Com relação às concentrações sanguíneas de glicose, triacilglicerol, colesterol e ácidos graxos não foram observados efeito da condição ou do sexo. Somente o estudo de Sim et al. (2014) reportou maiores concentrações de glicose no protocolo de maior intensidade, concomitantemente com menor ingestão alimentar. A análise do perfil lipídico e da glicemia no presente estudo deveu-se a possíveis relações entre modificações na ingestão alimentar e os níveis sanguíneos desses marcadores do metabolismo energético (FRIEDMAN, 1995), principalmente em função da intensidade, a qual pode alterar - em diferentes magnitudes - suas concentrações sanguíneas (SIM et al., 2014). No entanto, pequenas flutuações da glicemia (como ocorrido no presente estudo) parecem não serem capazes de exercer efeitos no apetite e na ingestão alimentar (GROSSMAN et al., 1986).

No que concerne às comparações entre homens e mulheres, foram observadas diferenças apenas nas concentrações de cortisol e PYY₃₋₃₆, independentemente da condição. Nossos resultados corroboram com Hagobian et al. (2013) e Cadieux et al. (2014), que não demonstraram diferenças entre homens e mulheres quanto à ingestão alimentar pós-exercício. Adicionalmente, Hagobian et al. (2013) não encontraram diferenças nas respostas hormonais ao passo que Cadieux et al. (2014) não realizaram nenhuma medida fisiológica. Portanto, tomados em conjunto, esses dados indicam que mulheres não compensam o gasto energético do exercício mais do que homens, ao menos nesse tipo de população (eutróficas e fisicamente ativas) e condição (fase folicular).

A hipótese de que as mulheres podem ser mais compensadoras na ingestão alimentar quando comparadas aos homens foi baseada principalmente em estudos longitudinais nos quais as mulheres tiveram menor redução da massa corporal que os homens (DONNELLY et al., 2003; WESTERTERP et al., 1992). Os estudos que observaram aumento em

marcadores que estimulam o apetite (EBRAHINI et al., 2013; HAGOBIAN et al., 2009) utilizaram programa de treinamento de curto prazo (4 e 5 dias consecutivos de exercício) e observaram respostas mais pronunciadas nas mulheres no sentido de compensar a energia gasta no exercício, tais como diminuição da resposta insulínica (HAGOBIAN et al., 2009), aumento da grelina acilada (HAGOBIAN et al., 2009; EBRAHINI et al. 2013) e aumento da ingestão alimentar (EBRAHINI et al., 2013) quando comparadas com as respostas dos homens. É importante ressaltar que esses estudos analisaram as respostas a curto prazo, diferentemente dos estudos agudos que não observaram diferenças. Além disso, Hagobian et al. (2009) analisaram mulheres com sobrepeso e obesas e Hagobian et al. (2013) analisaram mulheres eutróficas, o que mais uma vez pode ser um aspecto que pode confundir os achados, pois já se sabe que essas repostas podem diferir entre eutróficos e indivíduos com excesso de peso (GEORGE; MORGASTEIN, 2003; HEDEN, et al., 2013).

Outro aspecto digno de ressalva é que os estudos agudos conduziram as sessões experimentais na fase folicular, fase na qual o padrão alimentar é mais estável. Isso porque na fase lútea a ingestão alimentar, o consumo e o desejo por alimentos doces pode estar aumentado quando comparada com a fase folicular (DYE e BLUNDEL, 1997). De forma genérica, durante a fase folicular (desenvolvimento do folículo) há um aumento crescente de estrogênio, sendo que na metade do ciclo (~ 14 dias) este hormônio estimula um pico de LH (hormônio luteinizante) para que ocorra a ovulação. Após a ovulação inicia-se a fase lútea, na qual o folículo não fecundado se forma em corpo lúteo, um órgão endócrino secretor de progesterona e em menor grau de estrógeno (MOLINA, 2014). Os efeitos dessas flutuações hormonais sobre o apetite ainda não estão bem definidos, mas estudos realizados em modelo animal demonstraram que o estrógeno pode interagir com mediadores do apetite centrais (agindo diretamente no hipotálamo) e periféricos (agindo na liberação de colecistocinina e da grelina) (ASARIAN; GEARY, 2006). Contudo, apesar do uso do contraceptivo oral amenizar essas flutuações hormonais (KLIPPLING et al., 2008), a ocorrência das alterações no apetite e ingestão alimentar parecem não diferir entre mulheres que tomam e que não tomam contraceptivos orais (TUCCI et al., 2010), visto que os efeitos no apetite e na ingestão alimentar parecem ter origem multifatorial para além das alterações das concentrações de estrógeno e progesterona, tais como alterações na secreção de serotonina (DYE; BLUNDELL, 1997).

Assim como para o efeito da intensidade, o efeito do dimorfismo sexual na ingestão alimentar também pode ter sido atenuado pelo intervalo de tempo entre as alterações mais pronunciadas dos hormônios e da percepção de fome e da ocorrência da ingestão alimentar.

Também não há estudos que tenham contemplado a avaliação do apetite pós-exercício em mulheres, considerando ambas as fases do ciclo menstrual. Isso pode ser um fator importante a ser considerado, pois o aumento compensatório na ingestão alimentar pode ocorrer de maneira diferente na fase lútea e até o presente momento não há informações na literatura de como o exercício pode afetar essa modificação do padrão alimentar que ocorre nessa fase. Portanto, ainda não podem ser descartadas diferenças no apetite e ingestão alimentar entre homens e mulheres.

Embora não tenha havido diferenças na ingestão alimentar, o PYY₃₋₃₆ apresentou-se superior nos homens em relação às mulheres. Poucos estudos examinaram os efeitos do sexo no PYY₃₋₃₆ (CAHILL et al., 2014; KIM et al., 2005; SANDSTROM; EL-SALHY, 1999). Esses estudos demonstraram diferenças em virtude do sexo nas concentrações sanguíneas de PYY. Chill et al. (2014) realizaram um estudo com 2000 homens e mulheres com diferentes índices de massa corporal, idade, peso, altura e percentual de gordura e dosaram o PYY total em jejum. Foi observado que as mulheres apresentaram concentrações de PYY basais inferiores aos homens (diferença de 9%).

Sandstrom e El-Salhy (1999) verificaram, em biópsias de células retais, que o volume nuclear de células de PYY era maior em homens do que em mulheres, enquanto o estudo de Kim et al. (2005) observou que após uma carga oral de glicose as mulheres tiveram maiores resposta do PYY quando comparadas aos homens; e finalmente Hagobian et al. (2013) não encontraram diferenças no PYY₃₋₃₆ em situação controle e com exercício. Com base na literatura disponível ainda não é possível explicar a diferença no PYY₃₋₃₆ e PYY total entre homens e mulheres, mas essas diferenças podem indicar diferenças nos mecanismos de controle do apetite e da ingestão alimentar entre homens e mulheres.

Outro hormônio que diferiu em função do sexo independentemente da condição experimental (exercícios ou controle) foi o cortisol. Os valores mais elevados de cortisol nas mulheres podem ser explicados pelo uso de contraceptivos orais pelas mulheres (BOISSENAU et al., 2011). Está bem documentado que o estradiol, contido nas pílulas anticoncepcionais, aumenta a produção de proteínas globulinas que são as transportadoras do cortisol no sangue, pois quando o cortisol está ligado a essas partículas ele está inativo e somente a fração livre tem ação biológica. Quando há um aumento dessas proteínas o cortisol que está livre no sangue se liga a essas partículas, diminuindo assim a fração livre e, por consequência, para manter a homeostase o organismo aumenta a produção de cortisol com objetivo de manter níveis adequados, o que resulta em aumento na fração total de cortisol medido no sangue (KIRCHBAUM et al., 1999). Como o *kit* utilizado no presente

estudo é sensível para o cortisol total, esse aumento foi detectado dado que a maioria das participantes faziam o uso de contraceptivo oral ($n = 6$).

Contudo, vale ressaltar que a natureza complexa da regulação do apetite envolve muitos outros mecanismos além dos homeostáticos (respostas hormonais decorrentes do tecido adiposo, sistema gastrointestinal relacionados ao aporte energético) (EVERO, et al., 2012). Os processos não homeostáticos (hedônicos) compõem um sistema de controle do apetite e da ingestão alimentar mediado por neurônios localizados no córtex da ínsula e orbitofrontal, e no hipocampo, todos fazendo parte do sistema mesolímbico (sistema de recompensa) (SAPERS et al., 2002). Por exemplo, alimentos pouco palatáveis não são consumidos em excesso, ao passo que alimentos palatáveis são muito consumidos mesmo após as necessidades energéticas terem sido atingidas (KENNY et al., 2011). Isso porque esses alimentos atingem áreas cerebrais que estimulam essa procura e motivação por comida/ingestão alimentar (sistema de recompensa). Os mecanismos hedônicos gerados pela ingestão de alimentos saborosos são tão poderosos que podem se sobrepor aos mecanismos homeostáticos (ZHENG et al., 2009).

Atualmente, através de ressonância magnética funcional, foi demonstrado que o exercício também atinge os mecanismos hedônicos de controle do apetite e ingestão alimentar, dado que foi observado que após uma sessão de exercício aeróbico regiões de recompensa do cérebro são alteradas ao visualizar imagens de alimentos. Após uma sessão de exercício aeróbico o sistema de recompensa foi inibido ao visualizar imagens de alimentos com muitas calorias ao passo que esse sistema foi estimulado ao visualizar alimentos com baixa caloria (CABTREE et al., 2014). Além disso, o exercício pode reduzir respostas neurais em regiões cerebrais que controlam o prazer e a motivação para comer (EVERO et al., 2012).

Também há suposição de que a anorexia induzida pelo exercício possa ser decorrente de alterações na motilidade gástrica (HORNER et al., 2015). Em meta-análise recente (HORNER et al., 2015) foi constatado efeito da intensidade, duração e modo do exercício no esvaziamento gástrico, sendo que exercícios mais intensos ($> 70\%$ do $VO_{2máx}$) retardaram o esvaziamento, ao passo que os menos intensos ($< 40\%$ $VO_{2máx}$) aceleraram esse esvaziamento (maior volume foi esvaziado). O esvaziamento gástrico tem papel importante no apetite pois altera a distensão gástrica e a exposição intestinal dos nutrientes, influenciando assim nos sinais de saciação e saciedade (JANSEN et al., 2011). Ainda não foram conduzidos estudos envolvendo a análise do esvaziamento gástrico em virtude do

exercício em conjunto com a percepção de fome a ingestão alimentar e os hormônios gastrointestinais.

Portanto, o controle do apetite e da ingestão alimentar tem nível de complexidade extremamente alto e é dependente de diversos mecanismos que envolvem aspectos sensoriais, juntamente com a necessidade de se alimentar, a fome sentida, assim como a disponibilidade de nutrientes e a demanda energética em situações como exercício. Todos esses aspectos envolvem os sistemas nervoso, digestório, endócrino e o tecido adiposo, que atuam de maneira interligada e em sincronia para que tudo ocorra de forma ideal. Muitos desses mecanismos ainda não estão totalmente elucidados e frente a uma sessão de exercício e as informações ainda são incipientes.

7. LIMITAÇÕES

O presente estudo tem como principais limitações a utilização de mulheres que faziam o uso de contraceptivos orais concomitantemente com mulheres que não faziam o uso. Os efeitos do ciclo menstrual no apetite e ingestão alimentar parecem não diferir em função do uso ou não do contraceptivo (TUCCI et al., 2010) por isso é possível que essa limitação tenha tido pouco efeito nos resultados. Ainda sobre as mulheres, em função das sessões ocorrerem somente na fase folicular o tempo de coleta para finalização do estudo foi prolongado, já que as mulheres fizeram somente duas ou três sessões ao mês (dois ou três meses para finalização do estudo).

Algumas limitações decorrentes dos protocolos adotados no presente estudo devem ser consideradas na interpretação e aplicação dos resultados: (a) a composição do café da manhã em termos de proporção dos macronutrientes (carboidratos, gorduras e proteínas), dado que a composição do presente estudo foi um pouco mais elevada em termos de quantidade de gordura (35% homens e 38 % mulheres) do que o recomendado (20 a 35%) (DRI, 2000). Desta forma, essa composição limita a aplicação dos resultados utilizando café da manhã com proporção de macronutrientes similar as do presente estudo, pois a composição dos macronutrientes pode influenciar os mecanismos de saciação e saciedade (CHENG et al., 2009); (b) período de observação curto (4 h), que impossibilita verificar se haveriam alterações mais prolongadas; (c) gasto energético superior no EIAI-A quando comparado com os outros protocolos de exercício, o que dificulta a compreensão quanto aos resultados serem decorrentes do maior gasto energético ou da intensidade de fato.

8. CONCLUSÕES

Em conclusão, a energia ingerida relativa foi inferior em todas as condições envolvendo exercício, mas não foi afetada pela intensidade nem pelo sexo, demonstrando que embora alterações na ingestão alimentar não tenham sido observadas em virtude da intensidade do exercício, nenhum dos exercícios gerou aumento compensatório na ingestão alimentar. No entanto, a fome sentida foi inferior nos exercícios de maior intensidade (EIAI e EIAI-A) em relação à situação controle e a grelina acilada foi inferior no exercício de maior intensidade (EIAI-A) quando comparada com o controle tanto nos homens como nas mulheres. Portanto, considerando que o presente estudo analisou apenas mecanismos homeostáticos do controle do apetite e da ingestão alimentar pode-se concluir que exercícios realizados em alta intensidade exerceram efeitos mais pronunciados no sentido de suprimir o apetite em homens e mulheres, eutróficos e fisicamente ativos. Além disso, o gasto energético mais elevado no EIAI-A demonstra que a prescrição do exercício intermitente de alta intensidade, em função da duração e intensidade do esforço e pausa, pode ser pensada de modo a maximizar essa resposta.

REFERÊNCIAS

- ALKAHTANI, S. A.; et al. Acute interval exercise intensity does not affect appetite and nutrient preferences in overweight and obese males. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v.23, n.2, p.232-238, 2014.
- ASAKAWA, A.; et al. Antagonism of the ghrelin receptor reduces food intake and body weight of mice. **Gut**, v.52, p.947-952, 2003.
- ASARIAN, L.; GEARY, N. Modulation of appetite by gonadal steroid hormones. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 361, n. 1471, p. 1251-1263, 2006.
- BALAGUERA-CORTES, L. J.; et al. Energy intake and appetite-related hormones following acute aerobic and resistance exercise. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v.36, p.958-966, 2011.
- BAILEY, D. P.; et al. Appetite and gut hormone responses to moderate-intensity continuous exercise versus high-intensity interval exercise, in normoxic and hypoxic conditions. **Appetite**, v.89, p.237-245, 2015.
- BARRY, W. et al. Fitness vs. fatness on all-cause mortality: a meta-analysis. **Progress in cardiovascular diseases**, v.56, n.4, p.382-390, 2014.
- BEGG, D.P.; WOODS SC. The endocrinology of food intake. **Nature**, v.9, p.584-597, 2013.
- BLAND, J.M.; ALTMAN, D.J. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, v.1, p.307-310, 1986.
- BLUNDELL, J.; et al. Appetite control: methodological aspects of the evaluation of foods. **Obesity Review**, v.11, p.251-270, 2010.
- BOGUSZEWSKI, C.L.; PAZ-FILHO, G.; VELLOSO, L.A. Neuroendocrine body weight regulation: integration between fat tissue, gastrointestinal tract, and the brain. **Polish Journal of Endocrinology**, v.1, n.2, p.194-206, 2010.
- BOISSEAU, N.; et al. Oral contraception but not menstrual cycle phase is associated with increased free cortisol levels and low hypothalamo-pituitary-adrenal axis reactivity. **Journal of endocrinological investigation**, v.36, n.11, p.955-964, 2013.
- BORG, G. **Escala de Borg para a Dor e o esforço Percebido**. São Paulo: Manole, 2000.
- BLUHER, S.; MANTZOROS, C.S. Leptin in humans: lessons from translational research. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.89, n.3, p.991-997S, 2011.
- BOUTCHER, S. High-intensity intermittent exercise and fat loss. **Journal of Obesity**, v.2011, p.1-10, 2011.
- BROOM, D.R.; et al. Exercise-induced suppression of acylated ghrelin in humans. **Journal of Applied Physiology**, v.102, p.2165-2171, 2007.

BROOM, D.R.; et al. Influence of resistance and aerobic exercise on hunger, circulating levels of acylated ghrelin and peptide YY in healthy males. **American Journal of Physiology Regulatory Integrative and Comparative Physiology**, v.296, p.29-35, 2009.

CRABTREE, D.R. et al. The effects of high-intensity exercise on neural responses to images of food. **The American journal of clinical nutrition**, v.99, n.2, p.258-267, 2014.

CADIEUX, S., McNEIL, J., LAPIERRE, M.P. Resistance and aerobic exercises do not affect post-exercise energy compensation in normal weight men and women. **Physiology & behavior**, v.130, p.113-119, 2014.

CAHILL, F.; et al. The Association of Serum Total Peptide YY (PYY) with Obesity and Body Fat Measures in the CODING Study. **PLoS One**. v.9, n.4, p.95235, 2014.

CAMPOS MELLO, F.; et al. Energy systems contributions in 2,000 m race simulation: a comparison among rowing ergometers and water. **European Journal of Applied Physiology**, v.107, p.615-619, 2009.

CAMPOS, F. A.; et al. Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, n.4, p.1221-1228, 2012.

CHENG, M.H.; et al.: Appetite regulation via exercise prior or subsequent to high-fat meal consumption. **Appetite**, v.52, p.193–198, 2009.

CHRISTMASS, M.A.; DAWSON, B.; ARTHUR, P.G. Effect of work and recovery duration on skeletal muscle oxygenation and fuel use during sustained intermittent exercise. **European Journal of Applied Physiology**. v.80, 436–47, 1999.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioural sciences**. New York: Academic Press, p.198, 1969.

COLL, A.P.; FAROOQI, I. S.; O'RAHILLY, S. The hormonal control of food intake. **Cell**, v.129, n.2, p.251-262, 2007.

DÂMASO, A. R.; De PIANO, A.; SANCHES, P. L.; et al. Hyperleptinemia in obese adolescents deregulates neuropeptides during weight loss. **Peptides**, v.32, n.7, p.1384-1391, 2011.

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

DEIGHTON, K.; et al. Appetite, gut hormone and energy intake responses to low volume sprint interval and traditional endurance exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.113, n.5, p.1147-56, 2013a.

DEIGHTON, K.; et al. Appetite, energy intake, and PYY3-36 responses to energy-matched continuous exercise and submaximal high-intensity exercise. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v.38, n.9, p.947-52, 2013b.

DEIGHTON, K.; BATTERHAM, R. L.; STENSEL, D. J. Appetite and gut peptide responses to exercise and calorie restriction. The effect of modest energy deficits. **Appetite**, v.81, p.52-59, 2014.

Di PRAMPERO, P. E.; FERRETTI, G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. **Respiration Physiology, Amsterdam**, v.118, n.2-3, p.103-115, 1999.

DIETARY REFERENCE INTAKE: APPLICATIONS IN DIETARY ASSESSMENT. Institute of medicine (IOM). Washington, DC: National Academy Press, 2000.

DONNELLY, JE.; et al. Effects of a 16-month randomized controlled exercise trial on body weight and composition in young, overweight men and women: the Midwest Exercise Trial. **Archives of Internal Medicine**, v.163, n.11, p.1343-1350, 2003.

DRINKWATER, D.T.; ROSS, WD. Anthropometric fractionation of body mass. In: Ostyn M, Beunen G, Simon J, editors. **Kinanthropometry II**. Baltimore: University Park Press, p.177-89, 1980

DYE, L.; BLUNDELL, J. E. Menstrual cycle and appetite control: implications for weight regulation. **Human reproduction**, v.12, n.6, p.1142-1151, 1997.

EBRAHIMI, M.; et al. Effect of short-term exercise on appetite, energy intake and energy-regulating hormones. **Iranian Journal of Basic Medicine and Science**, v.16, p.829-834, 2013.

ERDMANN, J.; et al. Plasma ghrelin levels during exercise – Effects of intensity and duration. **Regulatory Peptides**, v.143, p.127–135, 2007.

EVERO, N.; et al. Aerobic exercise reduces neuronal responses in food reward brain regions. **Journal of Applied Physiology**, v.112, n.9, p.1612-19, 2012.

FLINT, A.; et al. Associations between postprandial insulin and blood glucose responses, appetite sensations and energy intake in normal weight and overweight individuals: a meta-analysis of test meal studies. **British Journal of Nutrition**, v. 98, n. 1, p.17-25, 2007.

FLINT, A.; et al. Reproducibility, power and validity of visual analogue scales in assessment of appetite sensations in single test meal studies. **International Journal of Obesity**, v.24, p.38-48, 2000.

FOSTER-SCHUBERT, et al. Effect of Diet and Exercise, Alone or Combined, on Weight and Body Composition in Overweight-to-Obese Postmenopausal Women. **Obesity**, v.14, p.1-11, 2011.

FRANCHINI, E.; PANISSA, V. L.G.; JULIO, U.F. Physiological and performance responses to intermittent Uchi-komi in Judo. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.27, n. 4, p.1147-1155, 2013.

FRIEDMAN, M.I. Control of energy intake by energy metabolism. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.62, p.1096–1100, 1995.

FUQUA, J.S.; ROGOL, A.D. Neuroendocrine alterations in the exercising human: implications for energy homeostasis. **Metabolism**, v.62, p.911-921, 2013.

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**, v.31, n.10, p.725-741, 2001.

GELIEBTER, A.; et al.. Plasma cortisol levels in response to a cold pressor test did not predict appetite or ad libitum test meal intake in obese women. **Appetite**, v.59, n.3, p. 956-959, 2012.

GEORGE, V. A.; MORGANSTEIN, A. Effect of moderate intensity exercise on acute energy intake in normal and overweight females. **Appetite**, v.40, p.43-46, 2003.

GLAISTER, M. Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of the aerobic fitness. **Sports Medicine**, v.35, n.9, p.757-777, 2005.

GREGERSEN, N.T.; et al. Reproducibility and power of ad libitum energy intake assessed by repeated single meals. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.87, p.1277-1281, 2008.

GROSSMAN, S. P. The role of glucose, insulin and glucagon in the regulation of food intake and body weight. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**. v.10, p.295-315, 1986.

GUH, D.P, et al. The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: a systematic review and meta-analysis. **BMC Public Health**, v.9, n.1, p.88-108, 2009.

HACKNEY, A.C.; PREMO, M.C.; MCMURRAY, R.G. Influence of aerobic versus anaerobic exercise on the relationship between reproductive hormones in men. **Journal of Sports Science**, v.13, p.305-11, 1995.

HAGOBIAN, T. A.; et al. Effects of exercise on energy-regulating hormones and appetite in men and women. **American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v.296, p.233-242, 2009.

HAGOBIAN, T.A.; YAMASHIRO, M.; HINKEL-LIPSKER, J. Effects of acute exercise on appetite hormones and ad libitum energy intake in men and women. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v.38, p.66-72, 2013.

HALSE, R. E.; WALLMAN, K. E.; GUELF, K. J. Postexercise water immersion increases short-term food intake in trained men. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.43, n.4, p.632-8, 2011.

HEATHERTON, T.F.; HERMAN, C.P.; POLIVY, J. Effects of physical threat and ego threat on eating behavior. **Journal of Personality and Social Psychology**, v.60, n.1, p. 138, 1991.

HEDEN, T.D.; et al. Acute aerobic exercise differentially alters acylated ghrelin and perceived fullness in normal-weight and obese individuals. **Journal of Applied Physiology**, v.115, p.680-687, 2013.

HETHERINGTON, M.M.; FOSTER, R.; NEWMAN, T. Understanding variety: tasting different foods delays satiation. **Physiological Behavior**, v.87, p.263-271, 2006.

- HEYDARI, M; FREUND, J.; BOUTCHER, S. H. The effect of high-intensity intermittent exercise on body composition of overweight young males. **Journal of obesity**, v.2012, p.1-8, 2012.
- HORNER, K.M.; et al. Acute exercise and gastric emptying: A meta-analysis and implications for appetite control. **Sports Medicine**, v. 45, n.5, p.659-678, 2015.
- IMBEAULT, P.; et al. Acute effects of exercise on energy intake and feeding behaviour. **British Journal of Nutrition**, v.77, p.511-21, 1997.
- JANSSEN, P.; et al. Review article: the role of gastric motility in the control of food intake. **Alimentary pharmacology & therapeutics**, v.33, n.8, p.880-894, 2011.
- JENTJENS, R.; JEUKENDRUP, A.E. Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. **Sports Medicine**, v.33, n.2, p.117-144, 2003.
- KAWANO, H.; et al. Effects of different modes of exercise on appetite and appetite-regulating hormones. **Appetite**, v. 66, p.26-33, 2013.
- KAWAGUCHI, M.; et al. Dorsomedial hypothalamic corticotropin-releasing factor mediation of exercise-induced anorexia. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v.288, n.6, p.R1800-R1805, 2005.
- KENNY, P.J. Reward mechanisms in obesity: new insights and future directions. **Neuron**, v.69, n.4, p.664-679, 2011.
- KIM, B.J.; et al. Peptide YY is secreted after oral glucose administration in a gender-specific manner. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v.90, n.12, p. 6665-6671, 2005.
- KING, N. A.; BURLEY, V. J.; BLUNDELL, J. E. Exercise-induced suppression of appetite: effects on food intake and implications for energy balance. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.48, p.715–724, 1994.
- KING, N. A.; BLUNDELL, J. E. High fat foods overcome the energy expenditure induced by high intensity cycling or running. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.49, p.114–123, 1995.
- KING, J. A.; et al. Influence of brisk walking on appetite, energy intake, and plasma acylated ghrelin. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.42, p.485–492, 2010.
- KING, J. A.; et al. Differential acylated ghrelin and peptide YY3–36, appetite, and food intake responses to equivalent energy deficits created by exercise and food restriction. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v.96, p.1114–1121, 2011.
- KING, J.A.; WASSE, L.K.; STENSEL, D.J. Acute exercise increases feeding latency in healthy normal weight young males but does not alter energy intake. **Appetite**, v.61, p. 45-51, 2013.
- KING, J.A. et al. Appetite-regulatory hormone responses on the day following a prolonged bout of moderate-intensity exercise. **Physiology & behavior**, v.141, p.23-31, 2015.

KIRSCHBAUM, C.; et al. Impact of gender, menstrual cycle phase, and oral contraceptives on the activity of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis. **Psychosomatic medicine**, v.61, n.2, 154-162, 1999.

KISSIELF, H.R.; et al.. Acute effects of exercise on food intake in obese and nonobese women. **American Journal of Clinical**, v.42, p.240-245, 1990.

KLIPPING, C.; et al. Suppression of ovarian activity with a drospirenone-containing oral contraceptive in a 24/4 regimen. **Contraception**, v.78, n.1, p.16-25, 2008.

KOJIMA, M.; et al. Ghrelin is a growth-hormone releasing acylated peptide from stomach. **Nature**, v.402, p.656-660, 1990.

LAAN, D. J.; et al. Effects and reproducibility of aerobic and resistance exercise on appetite and energy intake in young, physically active adults. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v.35, p.842-847, 2010.

LAFORGIA, J.; et al. Comparison of energy expenditure elevations after submaximal and supramaximal running. **Journal of Applied Physiology**, v.82, n.2, p.661-666, 1997.

LAM, C.K.; et al. Central lactate metabolism regulates food intake. **American Journal of Physiology Endocrinology Metabolism**, v.295, p.491-496, 2008.

LANGHANS, W. Metabolic and glucostatic control of feeding. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 55, n. 1B, p. 497-515, 1996.

LARSON-MEYER, D. E.; et al. Influence of running and walking on hormonal regulators of appetite in women. **Journal of Obesity**, p.1-15, 2012.

LEAL-CERRO, A.; et al. Mechanisms underlying neuroendocrine response to physical exercise, **Journal of endocrinological investigation**, v.26, p.879-885, 2003.

LIM, S.; et al. Increasing Prevalence of Metabolic Syndrome in Korea: The Korean National Health and Nutrition Examination Survey for 1998-2007. **Diabetes Care**, v.34, n.6, p.1323-1328, 2011.

MANIAM, J.; MORRIS, M. J. The link between stress and feeding behaviour. **Neuropharmacology**, v.63, n.1, p.97-110, 2012.

MARAKI, M.; et al. Acute effects of a single exercise class on appetite, energy intake and mood. Is there a time of day effect? **Appetite**, v.45, n.3, p.272-278, 2005.

MARTINS, C.; et al. Effect of Moderate- and High-Intensity Acute Exercise on Appetite in Obese Individuals. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.47, n.1, p.40-48, 2015.

MAYER, J., ROY, P. MITRA, K. P. Relation between caloric intake, body weight, and physical work: studies in an industrial male population in West Bengal. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.4, n.169-175, 1956.

MELIM D.; PINHÃO S, CORREIA F. Stresse e sua relação com a obesidade. **Alimentação Humana**, 2013, v.19, n.3, p.74-81, 2013.

MERCER, R. E.; et al. The role of NPY in hypothalamic mediated food intake. **Frontiers in neuroendocrinology**, v.32, n.4, p.398-415, 2011.

MIFFLIN, M.D.; et al. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.51, p.241–247, 1990.

MOLINA, Patricia E. **Fisiologia Endócrina-4**. McGraw Hill Brasil, 2014.

MURPHY, K.G.; BLOOM SR. Gut hormones and the regulation of energy homeostasis. **Nature**, v.444, p.854–859, 2006.

NAIR, N.S. Reproducibility of energy intake, gastric emptying, blood glucose, plasma insulin and cholecystokinin responses in healthy young males. **British Journal of Nutrition**, v.101, n.7, p.1094–1102, 2009.

NEARY, M.T.; BATTERHAM, R.L. Peptide YY: food for thought. **Physiology & Behavior**, v.97, p.616–619, 2009.

ÖZYENER, F.; et al. Influence of exercise intensity on the on-and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. **The Journal of Physiology**, v.533, n.3, p.891-902, 2001.

PANISSA, V.L.G.; et al. Influence of the aerobic fitness on time spent at high percentage of maximal oxygen uptake during a high-intensity intermittent running. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v.54, n.6, p.708-714, 2014.

PATTERSON, M.; BLOOM, S.R.; GARDINER, J.V. Ghrelin and appetite control in humans- Potential application in the treatment of obesity. **Peptides**, v.32, n.11, p.2290-2294, 2011.

PERSELL, S.D. Prevalence of Resistant Hypertension in the United States, 2003-2008. **Hypertension**, v.57, p.1076-1080, 2011.

POMERLEAU, M.; et al. Effects of exercise intensity on food intake and appetite in women. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.80, n.5, p.1230-1236, 2004.

PRUESSNER, J.C.; et al. Two formulas for computation of the area under the curve represent measures of total hormone concentration versus time dependent change, **Psychoneuroendocrinology**, v.28, p.916–931, 2003.

RIBEIRO FILHO, F.F.; et al. Gordura visceral e síndrome metabólica: mais que uma simples associação. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo**, v.50, n.2, p.230-238, 2006.

RICHTER, E. A.; HARGREAVES, M. Exercise, GLUT4, and skeletal muscle glucose uptake. **Physiological reviews**, v.93, n.3, p.993-1017, 2013.

SADOUL, B.C. et al. The relationship between appetite scores and subsequent energy intake: An analysis based on 23 randomized controlled studies. **Appetite**, v.83, p.153-159, 2014.

SANDSTROM, O.; EL-SALHY, M. Human rectal endocrine cells and aging. **Mech Ageing Dev**, v.8, n.3, p.219-26, 1999.

SAPER, C.B.; CHOU, T.C.; ELMQUIST, J.K. The need to feed, homeostatic and hedonic control of eating. **Neuron**, v.36, p.199-211, 2002.

SCHEURINK, A.J.W.; et al. Exercise and the regulation of energy intake. **International Journal of Obesity**, v. 23, p. S1-S6, 1999.

SCHUBERT, M.M.; et al. Acute exercise and subsequent energy intake. A meta-analysis. **Appetite**. v.63, p.92-104, 2013.

SCHUBERT, M.M.; et al. Acute exercise and hormones related to appetite regulation: a meta-analysis. **Sports Medicine**, v.44, n.3, p.387-403, 2014.

SCHWARTZ, MICHAEL W. et al. Insulin in the Brain: A Hormonal Regulator of Energy Balance. **Endocrine Reviews**, v. 13, n. 3, p. 387-414, 1992.

SCHWARTZ, M. W., WOODS, S. C., PORTE, D.; et al. Central nervous system control of food intake. **Nature**, v.404, p.661–671, 2000.

SHIYA, T.; et al. Plasma ghrelin levels in lean and obese humans and the effect of glucose on ghrelin secretion. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 87, n.1, p.240-244, 2002.

SHORTEN, A. L.; WALLMAN, K. E.; GUELF, K. J. Acute effect of environmental temperature during exercise on subsequent energy intake in active men. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.90, p.1215–1221, 2009.

SIM, A.Y.; et al. High-intensity intermittent exercise attenuates ad-libitum energy intake. **International Journal of Obesity**, v.38, n.3, p.417-22, 2014.

SPRIET, L L. New insights into the interaction of carbohydrate and fat metabolism during exercise. **Sports Medicine**, v.44, n.1, p. 87-96, 2014.

THOROGOOD, A.; et al. Isolated aerobic exercise and weight loss: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **The American Journal of Medicine**, v.124, n.8, p.747-55, 2011.

TRAPP, E.G.; et al. The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. **International Journal of Obesity**, v.32, p.684–691, 2008.

TREMBLAY, A.; SIMONEAU, J.; BOUCHARD, C. Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. **Metabolism**, v.43, n.7, p.814-818, 1994.

TUCCI, S. A. et al. Oral contraceptive effects on food choice during the follicular and luteal phases of the menstrual cycle. A laboratory based study. **Appetite**, v.55, n.3, p. 388-392, 2010.

UEDA, S.; et al. Comparable effects of moderate intensity exercise on changes in anorectic gut hormone levels and energy intake to high intensity exercise. **Journal of Endocrinology**, v.203, p.357–364, 2009.

VAN DER LELY, A.J.; et al. Biological, physiological, pathophysiological, and pharmacological aspects of ghrelin. **Endocrinology Review**, v.25, n.3, p.426-457, 2004.

VAN LOON, J.C.; et al. The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans. **The Journal of Physiology**, v. 536, n.1, p.295-304, 2001.

WESTERTERP, K.R. et al. Long-term effect of physical activity on energy balance and body composition. **British Journal of Nutrition**, v. 68, n.1, p. 21-30, 1992.

WREN, A.M.; et al. Ghrelin enhances appetite and increases food intake in humans. **Journal of Clinical Endocrinology Metabolism**, v.86, p.5992–5995, 2001.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

ZHENG, H.; et al. Appetite control and energy balance regulation in the modern world: reward-driven brain overrides repletion signals. **International journal of Obesity**, v. 33, p. S8-S13, 2009

APÊNDICES

ANEXO I – DIÁRIO ALIMENTAR

Nome _____ Data _____ Dia semana _____

Local e horário	Alimento	Descrição / tipo (se necessário)	Quantidade

Orientações para o preenchimento do diário alimentar

1. Registrar todos os alimentos e líquidos ingeridos;
2. Não deixar de preencher o cabeçalho da folha, com o nome e a data correspondente ao dia do registro;
3. Para não haver esquecimento, o registro deve ser feito imediatamente após o consumo ou o mais rápido possível;
4. Na primeira coluna, anotar a refeição (café da manhã, lanche, almoço ou jantar), o local e o horário;
5. Na segunda coluna anotar o alimento;
6. Na terceira coluna, se necessário, descrever o alimento ou a forma de preparo;
7. Na quarta coluna descrever a quantidade. Especificar as unidades consumidas e, quando for o caso, descrever em medidas caseiras (xícara de chá, xícara de café, copo de requeijão, copo americano, colher de sopa, colher de chá, pires, prato de sobremesa, concha, escumadeira, etc...).

ANEXO II – REFEIÇÃO *AD LIBITUM*

Data:

Condição:

Alimento	Medida	Antes	Depois
Torrada	peso		
Pão branco	peso		
Pão integral	peso		
Polenguinho	peso		
Danette	peso		
Chocolate preto	peso		
Chocolate branco	peso		
Batata frita	peso		
Presunto	peso		
Queijo	peso		
Patê atum	peso		
Maionese	peso		
Alface	peso		
Tomate	peso		
Cenoura	peso		
Maça	peso		
Coca-cola normal	peso		
Coca-cola zero	peso		
Suco uva	peso		
Suco laranja	peso		

ANEXO III - ESCALA ANALÓGICA VISUAL DE FOME

Através dessa escala queremos saber quanta fome você está sentindo nesse momento. A primeira barra (lado esquerdo) representa o mínimo de sensação da sua fome, e a outra extremidade (lado direito) representa o máximo da sensação da sua fome. Você deve fazer uma marca vertical na barra abaixo, dependendo da intensidade da fome que está sentindo.

Com quanta fome você está?