


Karolynne das Neves Bastos



**ANÁLISE DO GASTO ENERGÉTICO E COMPOSIÇÃO CORPORAL DE
ADOLESCENTES OBESOS SEDENTÁRIOS E SUBMETIDOS A TREINAMENTO
CONCORRENTE**

PRESIDENTE PRUDENTE

2011

Karolynne das Neves Bastos

**ANÁLISE DO GASTO ENERGÉTICO E COMPOSIÇÃO CORPORAL DE
ADOLESCENTES OBESOS SEDENTÁRIOS E SUBMETIDOS A TREINAMENTO
CONCORRENTE**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT/UNESP, campus de Presidente Prudente, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

Orientador: Prof. Dr. Ismael Forte Freitas Júnior

PRESIDENTE PRUDENTE

2011

Bastos, Karolynne das Neves.
B329a Análise do gasto energético e composição corporal de adolescentes
obesos sedentários e de adolescentes obesos submetidos a treinamento
concorrente / Karolynne das Neves Bastos. - Presidente Prudente : [s.n], 2011
66 f.

Orientador: Ismael Forte Freitas Júnior
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Fisioterapia. 2. Obesidade infantil. I. Freitas Júnior, Ismael Forte. II.
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III.
Título.

CDD 615.8

BANCA EXAMINADORA



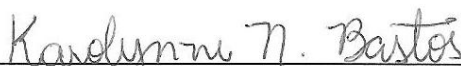
PROF. DR. ISMAEL FORTE FREITAS JUNIOR
(ORIENTADOR)



PROF. DR. PAULO ROBERTO PEREIRA SANTIAGO
(USP)



PROFA. DRA. ELLEN CRISTINI FREITAS ARAÚJO
(USP)



KAROLYNNE DAS NEVES BASTOS

PRESIDENTE PRUDENTE (SP), 25 DE FEVEREIRO DE 2011.

RESULTADO: APROVADA

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais Valter e Zélia, ao meu irmão Guilherme, ao meu namorado Wellington e a toda minha família. Minha base e minha força para viver.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa concedida (Processo nº 09/04716-5) e aos adolescentes e seus respectivos responsáveis, que colaboraram como sujeitos da pesquisa.

A todos os companheiros do Centro de Estudos e Laboratório de Avaliação e Prescrição da Atividade Motora (CELAPAM) pelo apoio, trabalho em conjunto e por terem me suportado durante o período mais intenso do Projeto Super-Ação e a todos os integrantes do Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFE), pelo espaço compartilhado durante estes dois anos de coleta de dados.

As companheiras e amigas de todas as horas, Viviane, Camila, Loreana, Paula e Vanessa que estiveram ao meu lado em todos os momentos.

Ao meu mais que namorado, Wellington (meu querido Varty), que eu admiro tanto, pelo companheirismo, apoio e co-autorias nesses dois anos de distância em busca de realização de objetivos individuais.

Aos meus pais, Valter e Zélia, e ao meu irmão Guilherme, razões da minha vida, serei eternamente grata pela força e coragem sempre dividida comigo e por estarem sempre ao meu lado, me apoiando em todos os sentidos. Sem eles, eu não chegaria até aqui.

Ao sempre presente, Prof. Ismael, mais que orientador, amigo e parceiro de todas as horas, também serei eternamente grata pela força em todos os momentos. Com certeza, sem ele, talvez este momento não estivesse acontecendo agora.

E a Deus, pela vida com saúde e discernimento, para que eu pudesse desfrutar dos melhores caminhos.

Epígrafe

*“Prosseguimos, reinauguramos. Abrimos olhos gulosos a um sol diferente que nos
acorda para os descobrimentos. Esta é a magia do tempo.”*

Carlos Drummond de Andrade

Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Métodos de Avaliação do Gasto Energético.....	4
2.2. Componentes do Gasto Energético Diário.....	6
2.3. Composição Corporal e Gasto Energético.....	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
3.1. Amostra.....	14
3.2. Coleta de Dados.....	15
3.3. Protocolos de Avaliações do Gasto Energético.....	17
3.4. Variáveis de Controle.....	20
3.5. Treinamento Concorrente.....	21
3.6. Análise Estatística.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO DO GRUPO SEDENTÁRIO.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO DO GRUPO TREINADO.....	31
6. CONCLUSÕES.....	38
7. REFERÊNCIAS.....	39
8. ANEXOS.....	45
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	47
Avaliação do Gasto Energético durante o Esforço – Protocolo de Esteira.....	49
Ficha de Avaliação do Gasto Energético.....	51
Avaliação do Gasto Energético – Recomendações Pré-Teste.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Componentes da massa livre de gordura de alta e baixa atividade metabólica.....	13
2. Gasto energético do grupo sedentário, durante 20 minutos de repouso e de recuperação.....	27
3. Gasto energético do grupo treinado, durante 20 minutos de repouso e de recuperação.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
4.1. Características gerais do grupo sedentário.....	25
4.2. Gasto energético do grupo todo nos quatro períodos de cinco minutos durante o repouso e a recuperação.....	26
4.3. Gasto energético do grupo todo e dos sexos masculino e feminino durante o repouso e a recuperação.....	27
4.4. Gasto energético entre os sexos durante o repouso e a recuperação ajustados por maturação sexual.....	29
4.5. Massa corporal magra de ambos os sexos durante o repouso e a recuperação ajustados por maturação sexual.....	29
4.6. Gasto energético de ambos os sexos durante o repouso e a recuperação ajustados por maturação sexual e por massa corporal magra.....	30
5.1. Características gerais do grupo treinado.....	31
5.2. Gasto energético do grupo todo durante o repouso e a recuperação pré e pós intervenção.....	32
5.3. Gasto energético do grupo todo, durante os períodos de 5 minutos durante o repouso e a recuperação pós intervenção.....	34
5.4. Gasto energético absoluto e proporcional a massa corporal magra do grupo todo, durante o repouso e a recuperação, pré e pós intervenção.....	35
5.5. Gasto energético absoluto e proporcional a massa corporal magra dos sexos masculino e feminino, durante o repouso e a recuperação, pré e pós intervenção.....	36
5.6. Gasto energético absoluto e proporcional a massa corporal magra, entre os sexos, durante o repouso e a recuperação, pré e pós intervenção e ajustados por maturação sexual.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS

AAM	Alta Atividade Metabólica
AG	Ácidos Graxos
BAM	Baixa Atividade Metabólica
CI	Calorimetria Indireta
DMG	Desenvolvimento Mamário e Genital
DEXA	<i>Dual Energy X-Ray Absorptiometry</i> (Absortimetria de Raios-X de Dupla Energia)
EPOC	<i>Excess Post Oxygen Consumption</i> (Excesso de Consumo de Oxigênio Após Exercício)
FC	Frequência Cardíaca
GE	Gasto Energético
GE ABS	Gasto Energético Absoluto
GE PropMCM	Gasto Energético Proporcional à Massa Corporal Magra
GED	Gasto Energético Diário
GET	Gasto Energético Total
GS	Grupo Sedentário
GT	Grupo Treino
IMC	Índice de Massa Corporal
MC	Massa Corporal
MCM	Massa Corporal Magra
MG	Massa de Gordura
MLG	Massa Livre de Gordura
PA	Pressão Arterial
REC	Recuperação
REP	Repouso
TAB	Tecido Adiposo Branco
TAM	Tecido Adiposo Marrom
TC	Treinamento Concorrente
TMB	Taxa Metabólica Basal
TMR	Taxa Metabólica de Repouso
VCO ₂	Volume de Gás Carbônico
VO ₂	Volume de Oxigênio
VO ₂ max	Volume Máximo de Oxigênio consumido
vVO ₂ max	Velocidade Máxima correspondente ao VO ₂ max

Resumo

Objetivo: Analisar o gasto energético (GE) e a composição corporal de adolescentes obesos sedentários pré e pós teste de esforço máximo e analisar os resultados de adolescentes obesos submetidos a treinamento concorrente.

Metodologia: A amostra foi composta por dois grupos: 1) grupo sedentário (GS), composto por 70 adolescentes (31 meninos e 39 meninas; idade $13,7 \pm 1,4$ anos); 2) grupo treinado (GT), composto por 16 adolescentes (10 meninos e 6 meninas; idade $14,7 \pm 1,0$ anos), participantes de um programa para redução de gordura corporal. O Índice de Massa Corporal (IMC) foi usado para classificação da obesidade, segundo Cole et al. (2000). A composição corporal foi analisada pela Absortimetria de Raios-X de Dupla Energia (*Dual-energy x-ray absorptiometry - DEXA*) para estimativa da massa livre de gordura (MLG) e da massa de gordura (MG). O GE foi calculado a partir da equação de Weir (1949) $[(3.941 \times VO_2) + (1.106 \times VCO_2) \times 1440]$, utilizando os valores de volume de oxigênio consumido (VO_2) e gás carbônico produzido (VCO_2), mensurados a cada 20 segundos por Calorimetria Indireta (CI) durante 20 minutos, antes (repouso – REP), durante e após (recuperação – REC) esforço máximo realizado em esteira ergométrica, com o sistema *MedGraphics VO2000* no GS e no momento pré intervenção do GT, e com o sistema *Parvo Medics TrueOne® 2400* no momento pós intervenção do GT. O GT participou de uma intervenção de 40 semanas de treinamento concorrente (TC), com frequência semanal de três vezes e duração de 60 minutos por sessão (aproximadamente 50% do tempo de treino aeróbio e 50% de treino resistido (musculação)). A análise estatística foi realizada no software *SPSS* versão 17.0 e a significância estatística foi fixada em 5%.

Resultados: Em ambos grupos GS e GT, meninos apresentaram GE estatisticamente maior do que as meninas ($p < 0,05$), porém, ao comparar os mesmos dados e ajustá-los por maturação sexual não foram observadas diferenças ($p > 0,05$). Ao comparar o GE de REP com a REC do GS e do GT separadamente por sexo, foram encontradas diferenças significantes em ambos os momentos ($p < 0,001$). No GT, os resultados das comparações do GE absoluto (ABS) e proporcional a massa corporal magra (PropMCM) do grupo todo, durante REP e REC, pré e pós intervenção, apresentaram diferença estatística significativa em todos os momentos ($p = 0,007$), porém no pós intervenção a diferença foi significativamente maior ($p = 0,005$). Ainda no GT, observou-se diferença estatística no sexo masculino tanto pré quanto pós intervenção ($p < 0,05$), entretanto, o mesmo comportamento não foi observado no sexo feminino, que apresentou diferença significativa somente no pós intervenção ($p < 0,05$). Quando os mesmos dados são ajustados por maturação sexual e os sexos comparados entre si, durante os períodos de REP e REC, houve diferença significativa entre os sexos somente no momento pós intervenção ($p < 0,05$), exceto no período de REC ($p > 0,05$). **Conclusão:** Conclui-se que, em ambos os sexos, o GE aumentou após esforço máximo, tanto pré como pós intervenção com TC de 40 semanas, sendo que o sexo masculino apresentou maiores valores de GE e de MCM, sugerindo que a diferença do GE entre sexos é influenciada pela maior quantidade de MCM nos meninos.

Abstract

Objective: To analyze the energy expenditure (EE) and body composition of obese sedentary before and after maximal exercise test and analyze the results of obese adolescents undergoing concurrent training. **Methods:** The sample comprised two groups: 1) sedentary group (SG), composed of 70 adolescents (31 boys and 39 girls, age 13.7 ± 1.4 years), 2) the trained group (TG), composed of 16 adolescents (10 boys and 6 girls, age 14.7 ± 1.0 years) participating in a program to reduce body fat. The Body Mass Index (BMI) was used for classification of obesity according to Cole et al. (2000). Body composition was analyzed by X-ray Absorptiometry Dual Energy (DEXA) to estimate fat-free mass (FFM) and fat mass (FM). EE was calculated from the Weir (1949) equation $[(3.941 \times \text{VO}_2) + (1.106 \times \text{VCO}_2) \times 1440]$, using the values of volume of oxygen consumed (VO_2) and volume of carbon dioxide produced (VCO_2), measured every 20 seconds Indirect Calorimetry (IC) for 20 minutes before (rest - RES), during and after (recovery - REC) performed maximal treadmill, with the system MedGraphics VO2000 in SG and in the pre intervention TG, and the system Parvo Medics TrueOne® 2400 after intervention in TG. The TG participated in an intervention of 40 weeks of concurrent training (CT) with three times weekly frequency and duration of 60 minutes per session (approximately 50% of the time of aerobic training and 50% of resistance training (weight training)). Statistical analysis was performed with SPSS version 17.0 and statistical significance was set at 5%. **Results:** In both groups SG and TG, EE boys were statistically higher than girls ($p < 0.05$), however, when comparing the same data and adjust them for sexual maturation were not significant differences ($p > 0.05$). By comparing EE with RES and REC of SG and TG separately by sex, significant differences were found in both instances ($p < 0.001$). In TG, the results of comparisons of absolute EE (ABS) and proportional to lean body mass (PropLBM) of the whole group, during RES and REC, pre and post intervention showed statistically significant at all time points ($p = 0.007$), but the difference in post intervention was significantly higher ($p = 0.005$). Also in the TG, there was statistical difference in males both pre and post intervention ($p < 0.05$), however, the same pattern was not observed in females, which were significant only in the post intervention ($p < 0.05$). When the same data are adjusted for sexual maturation and sex compared, during periods of RES and REC there was a significant difference between the sexes at the time only after the intervention ($p < 0.05$), except during the REC ($p > 0.05$). **Conclusion:** We conclude that in both sexes, EE increased after exercise, both pre and post intervention with CT of 40 weeks, and males had higher values of EE and LBM, suggesting that the difference in EE gender is influenced by the largest amount of LBM in boys.

1. INTRODUÇÃO

A obesidade é uma doença crônica, multifatorial que se tornou, nas últimas décadas, um problema de saúde pública de ordem mundial e vem sendo amplamente estudada pelos diversos efeitos prejudiciais à saúde^{1,2}, que têm afetado tanto indivíduos adultos quanto à população pediátrica^{1,3,4,5}.

Dois fatores são considerados como sendo os principais responsáveis pelo acúmulo excessivo de gordura corporal, que são a elevada ingestão calórica e o hábito de vida sedentário⁶.

O conhecimento dos hábitos cotidianos, tanto de ingestão alimentar como de prática de atividades físicas, fornece um indicador fidedignos do risco da pessoa acumular gordura em excesso, em função do desequilíbrio entre ingestão e gasto calórico⁷.

A prática regular de exercício físico pode contribuir de diferentes maneiras para o controle do peso, promovendo adaptações morfológicas e metabólicas, agudas e crônicas⁹.

Com a adaptação aguda, ocorre o aumento da demanda energética durante o exercício e logo após, no período de recuperação, conhecida como Consumo Excessivo de Oxigênio Após o Exercício (*Excess Post Oxygen Consumption – EPOC*)¹⁰. Esse consumo elevado permanece por um período de tempo (Horton & Hill, 1998), e a sua magnitude vai depender da duração e, principalmente, da intensidade do exercício físico.

Evidências recentes indicam que o EPOC tem pouco efeito no gasto energético diário total de atletas, mas para pessoas com baixo nível de aptidão

física, o EPOC, pela prática de atividades intensas, pode contribuir para o controle de peso^{12,7}.

No caso das adaptações crônicas, elas ocorrem pelo aumento do potencial oxidativo do músculo, que utiliza os substratos de maneira mais eficiente para produção de ATP¹³, e promove adaptações que favorecem o metabolismo lipídico¹⁴, como aumento das enzimas de β oxidação, como é o caso da lipoproteína lípase e de outras enzimas responsáveis pela ativação dos ácidos graxos e seu transporte na mitocôndria¹³. O exercício físico crônico também pode elevar a termogênese em repouso pelo aumento da massa corporal magra¹⁵, e isso também pode contribuir para o aumento do GE diário.

Em suma, entre as adaptações agudas e as crônicas, estas são as que provocam adaptações com efeitos mais duradouros⁷ e, por essa razão, são as que mais podem contribuir principalmente no metabolismo lipídico⁸, que farão com que os programas de controle de peso sejam mais efetivos^{16,17}.

Além dessas adaptações metabólicas e morfológicas que ocorrem com a prática regular de exercícios físicos e que podem contribuir para o controle de peso, pode-se afirmar que um programa dessa natureza terá poucas chances de êxito se não for acompanhado de um controle nutricional e, no caso de crianças e adolescentes, de um acompanhamento psicológico, pelos distúrbios sócio-comportamentais que acompanham os jovens obesos.

Apesar dessa importância da prática de exercícios físicos para promover adaptações que favoreçam o controle de peso, existem poucos estudos que investigaram a influência do treinamento concorrente sobre o metabolismo energético de adolescentes obesos.

1.1. Objetivos

- 1.1.1. Analisar o gasto energético e a composição corporal de adolescentes obesos sedentários pré e pós teste de esforço máximo
- 1.1.2. Analisar o gasto energético e a composição corporal de adolescentes obesos submetidos a treinamento concorrente.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Métodos de Avaliação do Gasto Energético

Os métodos para se estimar o GE envolvem tanto medida direta (calorimetria direta) como também por aproximação indireta da produção de calor (calorimetria indireta)¹⁸.

Dentre esses métodos indiretos, são considerados padrão ouro, como a água duplamente marcada e a calorimetria indireta¹⁹, que são utilizados para validar outros métodos quantitativos, mas menos precisos e exatos, tais como os sensores de movimentos, as equações preditivas e a monitoração da frequência cardíaca e métodos qualitativos como os questionários⁴.

2.1.1| *Calorimetria Direta*: Requer uma câmara altamente sofisticada, termicamente isolada, que permite a medida do calor liberado pelo organismo, além do vapor de água liberado pela respiração e pela pele. Para a avaliação do GE, o avaliado deve permanecer na câmara por um longo período de tempo, pelo menos 24 horas⁴.

2.1.2| *Água duplamente marcada*: Método baseado no princípio de que a produção de gás carbônico (CO₂) pode ser estimada a partir da diferença nas taxas de eliminação de hidrogênio (H) e oxigênio (O₂) do corpo. Entre suas vantagens e desvantagens de aplicação do método, encontra-se a possibilidade de mensurar o GE dos indivíduos em suas atividades cotidianas, sem a necessidade de deslocamento para um laboratório, por outro lado, os custos com o equipamento

(espectrômetro) e as substâncias utilizadas (isótopos não-radioativos) são extremamente altos⁴.

2.1.3| *Sensores de Movimento*: São equipamentos simples e fundamentados na acelerometria. As informações produzidas pelos sensores portáteis permitem verificar a demanda energética em intervalos de tempo muito curtos e acumulada no período de uso do equipamento, com a vantagem de poder avaliar o indivíduo em sua vida cotidiana, por meio do envolvimento de equivalentes energéticos associados ao metabolismo de repouso, estimado pelas características de massa corporal (MC), estatura, idade e sexo⁴.

2.1.4| *Monitor da Frequência Cardíaca*: Fornece dados de frequência cardíaca que fica armazenada no receptor para posterior análise em computador, interpretadas e convertidas em valores estimados de VO_2 e de GE¹⁸.

2.1.5| *Calorimetria Indireta*: A determinação do GE pela CI ocorre por meio da análise do VO_2 , VCO_2 e, ainda, do quociente respiratório ($QR=VO_2/VCO_2$), apontando assim a quantidade de energia necessária para a realização dos processos metabólicos^{20,4,21}.

2.1.6| *Equações preditivas*: As equações de predição são métodos rápidos e fáceis, além de terem baixo custo. Por outro lado, requer a estimativa do GE das atividades físicas realizadas durante o dia, o que implica a necessidade dos relatos da atividade física diária⁴.

2.1.7| *Questionários*: São métodos que procuram quantificar a prática de atividade física e possibilitam também uma estimativa do gasto energético diário (GED) a partir dos relatos de todos os tipos de atividades realizadas durante o dia e da intensidade percebida, com o maior grau de detalhamento possível, assim, é possível fazer o cálculo da energia gasta diariamente^{4,20}.

2.2. Componentes do Gasto Energético Diário

O termo, gasto energético total (GET) ou GED, passou a ser utilizado para definir a taxa metabólica basal ou taxa metabólica de repouso, somada à energia gasta na atividade física e o efeito térmico dos alimentos²². Todos os componentes do GED tendem a ser alterados por diversos fatores, tais como: idade, gênero, composição corporal, fatores genéticos e psicológicos, ação hormonal, estado nutricional, doença, etnia, temperatura ambiente e prática de atividades físicas. Tais fatores podem variar amplamente o GE entre os indivíduos.

2.2.1. Taxa Metabólica Basal (TMB) e Taxa Metabólica de Repouso (TMR)

Por princípio a TMB é o mínimo de energia que o corpo necessita para manter suas funções vitais em funcionamento sem que haja interferência externa como. Dessa forma a medição deve ser feita pela manhã após acordar, atividade física restrita no dia anterior, ambiente termoneutro ($\approx 24^\circ$ a 26°C), jejum de 12 horas e repouso de 30 min antes do teste^{23,21}. Já a TMR tem menor número de pré-requisitos para ser mensurada. Ela pode ser medida a qualquer hora do dia após

quatro horas de refeição e aceita que o indivíduos tenham feito atividades físicas leves anteriormente a essas quatro horas. Portanto, para a determinação do gasto energético diário, a mensuração da TMR é mais amplamente utilizada²⁴. Esta medida tende a ser 10% a 20% maior do que a TMB²¹ e responde por 60% a 70% do total do GED^{22,25}, representando o principal componente do GET quando se determina a necessidade diária de energia em pessoas sedentárias²⁶.

A TMR está fortemente relacionada com a massa corporal magra (MCM) e diminui com a idade e se deve, em parte, à diminuição da MCM e da atividade do sistema nervoso simpático²¹.

2.2.2. Efeito Termogênico dos Alimentos (ETA)

O ETA é o aumento no metabolismo basal, provocado pelo consumo alimentar. Deve-se à energia gasta na digestão, absorção, transporte e aproveitamento dos alimentos. Corresponde a cerca de 10% do GED e esse efeito varia de acordo com o substrato energético consumido. Em indivíduos jovens a ingestão de carboidrato aumenta o gasto energético de 5 a 10%, a ingestão de lipídios aumenta 0 a 3% e a de proteína aumenta 20 a 30%²⁷.

No consumo de energia dos nutrientes, uma pequena parte é perdida nas fezes e urina, uma parte é utilizada para necessidades fisiológicas (crescimento, a gravidez ou lactação); uma parte é utilizada na atividade física, e a maioria é usada para os processos metabólicos ou é perdida na produção de calor.

2.2.3. Energia Gasta com Atividade Física (EGAF)

A EGAF é a energia gasta em atividade física sistemática, mais especificamente, o exercício físico; e em atividade física não sistemática, praticada cotidianamente (atividades do trabalho diário, lazer, transporte do corpo para outros destinos, calafrios e manutenção do controle postural) e, ambas, compreendem de 10% a 30% do GED⁴ de uma pessoa sedentária

Pode-se observar que a TMR é o componente que mais contribui para o gasto calórico diário, contudo, é durante a atividade física que ocorre a maior variação do gasto calórico por aumentar em até 10 vezes o GE com relação ao repouso, e em função das diferenças dos níveis de atividade física entre os indivíduos, a EGAF pode variar consideravelmente.

A atividade física aumenta o GE não somente durante a sua prática mas também após o seu término²¹, assim, o exercício ou atividade física, contribui para a manutenção ou redução de peso de várias maneiras. Primeiro, ocorre a termogênese para manutenção da massa corporal magra. Segundo, o GED é aumentado pela contração muscular voluntária, por exemplo durante as atividades no trabalho ou prática de exercícios físicos. Finalmente, o aumento do GED pode ser induzido pelo consumo excessivo de oxigênio após-exercício (*Excess post-exercise consumption* - EPOC)⁷.

2.2.3.1. Excesso de Consumo de Oxigênio Pós-Exercício (EPOC)

Atualmente, acredita-se que o emagrecimento acontece pelo gasto calórico total da atividade, no qual inclui a realização do exercício e a sua recuperação.

Assim, passou-se a dar mais importância à intensidade e duração do esforço físico, por aumentar o gasto energético tanto durante como na recuperação do organismo após o esforço, contribuindo para um maior gasto calórico durante as 24 horas do dia para o indivíduo, facilitando a perda de peso.

O EPOC consiste de um componente rápido e um componente prolongado, que se subdivide em lento e ultralento. O componente rápido decai a partir de 10 segundos a 1 hora após o término do esforço físico. O componente lento se prolonga por várias horas; e o ultralento, pode durar até 48 horas após o esforço físico^{7,27}.

Os mecanismos responsáveis pelo componente rápido são a restauração na concentração de fosfatos de alta energia (adenosina trifosfato (ATP) e creatina fosfato (CP), que são depletados durante o esforço; e a restauração da oxihemoglobina e oximioglobina, pois parte do oxigênio utilizado no início do exercício é o oxigênio ligado a mioglobina e a hemoglobina²⁷.

Durante a fase prolongada, os mecanismos responsáveis são o aumento da temperatura corporal, pois aumenta as atividades enzimáticas para o retorno da homeostase; a estimulação simpática, que se altera em função dos processos metabólicos e bioquímicos estimulados durante o exercício, como o aumento da concentração plasmática de catecolaminas (epinefrina e norepinefrina). Esta estimulação simpática provoca a glicogenólise, glicólise e lipólise, influenciam a liberação de outros hormônios e modulam o tônus vascular, a remoção de lactato durante a primeira hora após o exercício e, finalmente, a alteração no substrato energético, onde a fonte de energia durante o exercício fornecida pela glicose se altera para os lipídios durante o EPOC. Esta modificação no predomínio do substrato

oxidado pode contribuir com cerca de 10% a 15% do EPOC^{27,28}.

Com relação ao componente ultralento, ainda não existe um consenso sobre a sua duração. Este componente pode ocorrer apenas quando há um extenso distúrbio à homeostase, como sessões intensas de exercício contra-resistência (ECR) que pode aumentar a TMR em até 20% após o esforço^{27,28}.

Um dos aspectos consensuais refere-se à aceitação de que o EPOC decorre de uma combinação de diversas variáveis do treinamento e que pode influenciar tanto a magnitude quanto a sua duração de seus componentes rápido, lento e ultralento, são: a intensidade dos exercícios, o número de séries, o tempo de intervalo de recuperação entre séries, a velocidade de execução dos movimentos, o método de treinamento e a sequência dos exercícios^{27,28,12}.

2.3. Composição Corporal e Gasto Energético

Já está bem documentado que a composição corporal exerce um efeito importante sobre o metabolismo energético²⁰.

A MC engloba tecidos corporais com diversas atividades metabólicas, como a gordura corporal e o tecido ósseo que apresentam consumo de oxigênio desprezível, e a massa livre de gordura (MLG), componente da MC responsável pelo maior consumo de oxigênio²⁰.

Os componentes extracelulares possuem baixa atividade metabólica (BAM) e a massa intracelular, também chamada de massa celular ativa, que, em um indivíduo adulto e saudável, corresponde entre 50 a 60% da massa livre de gordura(MLG), é responsável pela maior parte do metabolismo energético e

compreende os componentes celulares das vísceras, cérebro, sangue e, principalmente, massa muscular. Todos esses apresentam gasto energético diferentes e com grande variação entre si^{20,29}.

2.3.1. *Tecido Adiposo*

Todas as patologias relacionadas à obesidade decorrem da interação de diversos fatores, como à predisposição genética, distúrbios psicológicos e disfunções morfológicas, metabólicas ou bioquímicas e funcionais do organismo. Contudo, o que mais explica a maior prevalência dessas desordens em indivíduos obesos é o fato de possuírem maior quantidade de tecido adiposo, ao qual, são atribuídas diferentes funções, entre elas o potencial de sintetizar e secretar proteínas com importantes efeitos biológicos mais conhecidas como adipocinas³⁰.

Dentre as adipocinas secretadas pelo tecido adiposo encontram-se a adiponectina, a resistina e a leptina⁴. Em relação a esta última, ela é transportada na circulação e liga-se a receptores hipotalâmicos que sinalizam, em última instância, a ingestão de alimentos e a atividade simpática. Assim, o aumento da adiposidade e, portanto, maior secreção de leptina, direcionaria o organismo a aumentar seu gasto de energia e diminuir os mecanismos relacionados à fome.

Entretanto, o que se pode constatar em indivíduos, principalmente obesos, é que as concentrações plasmáticas de leptina geralmente apresentam-se elevadas na mesma proporção do tecido adiposo, e que os mecanismos esperados de regulação do GE não ocorrem^{4,31,12}.

Outra função do tecido adiposo é a hidrólise de triacilglicerol e a subsequente

liberação de ácidos graxos (AG) não-esterificados e glicerol.

Os AG não-esterificados, provenientes do tecido adiposo e do músculo esquelético, são fontes significativas de energia durante o exercício aeróbio e, para aumentar sua disponibilidade para o músculo, é necessária a integração de eventos neurais, hormonais, circulatórios e musculares³². Dessa forma, a oxidação desse composto pode liberar grande quantidade de energia que confere a esse tecido a importância de maior reserva de fonte energética no corpo humano, pois o uso de lipídios como fonte de energia, preserva o glicogênio muscular³³.

Existem dois tipos de tecido adiposo nos mamíferos, o tecido adiposo branco (TAB) e o tecido adiposo marrom (TAM). Este último, embora exista em pequena quantidade em humanos adultos, apresenta um importante papel na regulação do GE, pois desempenha função termogênica por ser especializado na produção de calor, participando ativamente na regulação da temperatura corporal³⁴.

2.3.2. *Massa Livre de Gordura (MLG)*

A MLG é composta por músculos, órgãos, ossos, sangue e água. Estes, por sua vez, apresentam gastos energéticos distintos e se dividem em dois grupos, os tecidos e órgãos de alta atividade metabólica (AAM) e os tecidos de BAM (Figura 1). A MLG constitui o compartimento corporal com maior atividade metabólica e, por essa razão, é considerada um importante determinante do gasto energético, explicando 73% da TMR e 80% do GET^{21,29}.

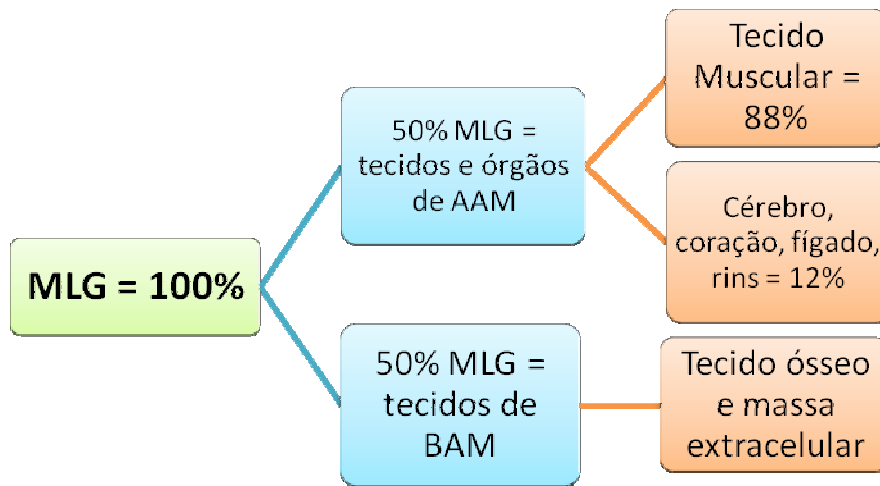


Figura 1| Componentes da MLG de alta e baixa atividade metabólica. (Adaptado²⁹)

Com a obesidade, o tecido muscular tem sua capacidade oxidativa reduzida, que é uma característica metabólica associada com o ganho de peso⁹. Relacionado a esse processo, e devido à existência em menor quantidade do TAM em humanos adultos, o tecido muscular tem recebido maior atenção por desempenhar papel significativo para o gasto de energia³⁴.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Amostra

Para análise do GE pré intervenção, a amostra foi formada por 70 adolescentes obesos e sedentários (31 meninos e 39 meninas), com idade entre 12 e 15 ($13,7\pm 1,4$) anos. Para efeito do presente estudo esse grupo foi denominado Grupo Sedentário (GS).

Para análise do GE pós período de intervenção, a amostra do presente estudo foi formada por 16 adolescentes obesos (10 meninos e 6 meninas), com idade entre 12 e 16 anos ($13,9\pm 1,0$). Para efeito do presente estudo esse grupo foi denominado Grupo Treinado (GT).

Todos os avaliados dos grupos GS e GT eram participantes de um Programa para redução de gordura corporal, que é desenvolvido pelo Centro de Estudos e Laboratório de Avaliação e Prescrição de Atividades Motoras (CELAPAM), do Departamento de Educação Física, da Universidade Estadual Paulista-UNESP, Campus de Presidente Prudente-SP (FCT/UNESP).

3.1.1. Critérios de Inclusão

Foram critérios de inclusão da presente pesquisa: (a) ser classificado obeso pelo Índice de Massa Corporal (IMC), seguindo critério publicado por Cole et al. (2000)³⁵; (b) ter entre 12 e 15 anos completos na data da avaliação; (c) não apresentar nenhum problema de ordem clínica que impedisse a prática de exercícios

físicos e (d) os pais ou responsáveis legais assinarem o termo de consentimento formal. Foram excluídos do programa aqueles que apresentaram três faltas consecutivas ou quatro não consecutivas durante o tempo de intervenção.

A presente pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética em pesquisa da FCT/UNESP (Protocolo nº 087/2006).

3.2. Coleta de dados

3.2.1. Triagem e avaliações iniciais

A triagem inicial foi composta de mensuração da MC e da estatura, para classificação do estado nutricional, por meio do IMC, seguindo os valores de referência de Cole e cols (2000)³⁵. Em seguida os jovens foram submetidos à avaliação da composição corporal pelo DEXA, da TMR e do GE por meio de teste de esforço máximo.

3.2.2. Desenvolvimento das avaliações

Os dados desse grupo foram coletados no Centro de Estudos e Laboratório de Avaliação e Prescrição de Atividades Motoras (CELAPAM) e no Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFE), ambos do Departamento de Educação Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus de Presidente Prudente – SP (FCT/UNESP).

3.2.3. Avaliação da Composição Corporal

O peso corporal foi aferido em uma balança digital, marca *Filizola*, com capacidade para 180 kg e com precisão de 0,1 kg. A estatura foi mensurada em um estadiômetro de parede com precisão de 0,1 cm. Ambas as medidas foram feitas seguindo descrição publicada por Freitas Jr. e cols (2008)³⁶ e os avaliados deveriam estar vestindo shorts e camiseta.

A avaliação da composição corporal pelo Absortimetria de Raios-X de Dupla Energia (*Dual-energy x-ray absorptiometry – DEXA*). O equipamento utilizado é marca *Lunar*, modelo DPX-NT, *software* 4.7. Esta técnica é considerada padrão de referência em termos de mensuração da composição corporal, com a vantagem de permitir que a avaliação seja efetuada tanto de corpo inteiro, como por segmento corporal.

Os resultados da composição corporal feitos pelo DEXA permitiram a estimativa com elevado grau de precisão das variáveis: MLG e massa de gordura (MG), em quilogramas (kg) e em porcentagem do peso corporal (%). O exame tem a duração de aproximadamente 15 minutos. A medida é simples e não necessita de auxílio do avaliado, exceto que o mesmo deve permanecer posicionado em decúbito dorsal, sem se movimentar no aparelho durante a realização do exame. Os resultados são transmitidos ao computador que está interligado ao aparelho e os dados são posteriormente analisados³⁷.

3.3. Protocolos de Avaliações do Gasto Energético

3.3.1. Avaliação durante o repouso (Taxa metabólica de repouso – TMR)

Os participantes foram previamente instruídos a não realizar exercícios físicos, ingerir café ou chá preto por, pelo menos, 24 horas antes do teste e, no dia da avaliação, deveriam fazer refeições leves e estar no mínimo 4 horas em jejum.

Anteriormente ao início de cada avaliação da TMR, os participantes foram familiarizados com o equipamento e os procedimentos.

Para avaliação das trocas respiratórias, foi colocada uma máscara de silicone, modelo *Vip 75TM Series 7500* (marca *Hans Rudolph Inc., Oro-Nasal Niv Mask, Canadá, USA*), foi ajustada. Os participantes permaneceram em decúbito dorsal, em ambiente termo-neutro (23-24 °C), onde se mantiveram em silêncio, confortavelmente, sem se mexer e sem dormir. A TMR foi mensurada durante 30 minutos, sendo que os 10 minutos iniciais foram desprezados para garantir a homogeneidade dos dados³⁸. Na avaliação do GS e na avaliação pré intervenção do GT, foi utilizado pneumotacógrafo de baixo fluxo (2 até 30 l/min).

3.3.2. Avaliação durante esforço máximo

Após avaliação da TMR, os participantes realizaram um teste de esforço máximo, progressivo e contínuo em esteira ergométrica modelo ATL (marca *Inbrasport, BR*), para usuários de até 180 Kg, com 0 a 26% de inclinação e velocidade de até 24km/h.

O teste de esforço iniciou com velocidade de 3,5 km/h, durante 1 minuto a uma inclinação de 1%. A velocidade foi aumentada em 0,5 km/h a cada minuto, mantendo-se a inclinação em 1%, até a exaustão do avaliado, respeitando um período máximo de 12 minutos de teste^{39,40}. Durante todo o teste de esforço máximo, os participantes utilizaram a máscara de silicone com pneumotacógrafo de médio fluxo (10 até 120 l/min) na avaliação do GS e na avaliação pré intervenção do GT.

3.3.3. Avaliação pós esforço máximo (recuperação)

Após teste de esforço máximo, a máscara de silicone foi reajustada com pneumotacógrafo de baixo fluxo (2 até 30 l/min) na avaliação do GS e na avaliação pré intervenção do GT, para captação dos gases durante a recuperação. O consumo de oxigênio foi mensurado durante 30 minutos, seguindo o mesmo protocolo de avaliação da TMR, sendo que os 10 minutos finais foram desprezados para garantir maior homogeneidade dos dados³⁸.

3.3.4. Captação e Análise dos Gases Respiratórios

A análise das trocas respiratórias do GS foi realizada pelo sistema *MedGraphics VO2000 (St. Paul, MN, USA)* acoplado a um computador com *software* específico (*Aerograph*, versão 4.3) na avaliação do GS e na avaliação pré intervenção do GT, para estimativa de GE, por meio de registros dos gases respiratórios inspirado (oxigênio – O₂) e expirado (gás carbônico – CO₂), que foram

coletados a cada 20 segundos. A medida direta de trocas gasosas ou CI é o método mais utilizado para a estimativa do GE em atividades físicas, demonstrando acurácia entre -2% e 4%⁴¹.

Na avaliação do GE do GT no momento pós intervenção, as análises das trocas respiratórias foram feitas pelo sistema *Parvo Medics TrueOne® 2400 (Metabolic Measurement System – USA)* acoplado a um computador com *software* específico (*OUSW* versão 4.3 – 20070713) para estimativa de GE, por meio de registros dos gases respiratórios inspirado (oxigênio – O₂) e expirado (gás carbônico – CO₂), que também foram coletados a cada 20 segundos.

Em função da utilização do sistema *Parvo Medics TrueOne® 2400* na avaliação pós intervenção, não foi necessário a troca do pneumotacógrafo de baixo fluxo para o de médio fluxo.

3.3.5. Cálculo do Gasto Energético

A equação de Weir (1949)⁴² $[(3,941 \cdot VO_2) + (1,106 \cdot VCO_2)]$ foi utilizada para calcular o GE, a partir dos valores médios de volume de oxigênio consumido (VO₂ L/min) e volume de gás carbônico produzido (VCO₂ L/min), multiplicando essa fórmula por 1440 minutos, ou seja, extrapolando os resultados dessa avaliação para um período de 24 horas $[(3,941 \cdot VO_2) + (1,106 \cdot VCO_2) \cdot 1440]$.

3.4. Variáveis de Controle

3.4.1. Frequência Cardíaca (FC)

A FC foi mensurada durante todo o período de avaliação do GE, com o equipamento de marca *Polar - Heart Rate Monitor*, modelo S810, *Finland*.

3.4.2. Pressão Arterial (PA)

A PA foi mensurada a cada cinco minutos durante os períodos de repouso e de recuperação, utilizando aparelho oscilométrico *Omron* (modelo HEM-742), previamente validado para adolescentes⁴³ e manguitos de tamanho 9 cm×18 cm para adolescentes obesos, de acordo com os critérios propostos pela Sociedade Americana do Coração⁴⁴.

3.4.3. Maturação Sexual

Como o período da adolescência é caracterizado por profundas modificações biológicas, foi realizada a avaliação da maturação sexual (pêlos pubianos para ambos os sexos, desenvolvimento mamário para as moças e desenvolvimento dos genitais para os rapazes), segundo os critérios de Tanner descrito em Marshall & Tanner (1969, 1970)^{45,46}. A idade da menarca também foi informada no caso das moças. Tais informações foram fornecidas pelos próprios avaliados que foram orientados a responder conforme modelo dos estágios maturacionais de Tanner.

Para melhor confiabilidade dos dados, após preencher a ficha de resposta, os avaliados foram orientados a colocar sua própria ficha em uma caixa lacrada. Para que não houvesse constrangimento por ocasião das explicações quanto à forma de preencher a ficha de respostas, todas as explicações foram fornecidas por avaliadores de mesmo sexo dos avaliados. Após as explicações, os avaliados permaneceram sozinhos até completarem o preenchimento da ficha (identificada por código que só o responsável pela pesquisa tem conhecimento) e a colocação da mesma na caixa. Somente o pesquisador responsável pelo estudo teve acesso às respostas.

3.5. Treinamento Concorrente

O programa de intervenção com exercícios físicos foi fundamentado no treinamento concorrente (TC) com frequência semanal de três vezes e duração de 60 minutos por sessão (aproximadamente 50% do tempo de treino aeróbio e 50% de treino resistido (musculação))^{47,48}, durante 40 semanas. Foram realizados exercícios de alongamento no início e no final do treino e os participantes foram orientados a ingerir água e trajar roupas adequadas durante as práticas.

No início da intervenção houve um período de quatro semanas de adaptação neuro-muscular e cardiovascular. Neste período os participantes foram encorajados a realizar as atividades na intensidade 13-14 da escala de percepção subjetiva de esforço de Borg⁴⁹.

3.5.1. *Treino Aeróbio*

O treino aeróbio consistiu de caminhada e corrida em uma pista de atletismo oficial de 400m de extensão. A intensidade de esforço foi monitorada por meio de monitor de frequência cardíaca (marca *Polar® S810*) colocado, aleatoriamente, em quatro indivíduos a cada sessão. O equipamento foi ajustado para que se tivesse garantia de que os participantes permanecessem na zona aeróbia de treino (65 a 85% do VO_{2pico}), para isso foi utilizada a frequência cardíaca encontrada na mesma intensidade durante a realização do teste de esforço máximo realizado na avaliação do GE.

Após o período de adaptação, o treino foi dividido em duas etapas, cada uma com duração de 2 meses e intensidades variando de 65 a 75% e 75 a 85% do VO_{2pico} , respectivamente.

3.5.2. *Treino Resistido*

O treino resistido foi realizado em forma de circuito na academia de musculação da própria FCT/UNESP, Campus Presidente Prudente.

Após o período de adaptação foi realizado teste de predição de uma repetição máxima (1RM), segundo Baechle (1992)⁵⁰. A partir do teste de carga máxima, o treino foi iniciado com a intensidade de 40% e acrescido de 5% a cada mês, totalizando uma intensidade final de 55%. No segundo e terceiro mês, o treino foi realizado com uma série de 20 repetições e no quarto e quinto mês, o treino consistiu de uma série de 15 repetições para cada exercício.

Foi adotado a seguinte ordem para os exercícios do treino resistido: leg press 45°, remada baixa, supino, agachamento rack, puxada vertical alta na frente, flexora, rosca direta, voador, tríceps francesa, extensora, abdominal reto e extensão de tronco deitado^{47,48}.

3.6. Análise Estatística

Inicialmente foi realizado o teste Kolmogorov-Smirnov para verificar se caracterizava-se no modelo gaussiano de distribuição. Essa análise permitiu utilizar a estatística paramétrica para as comparações, exceto aquelas realizadas pela ANOVA nas sub-divisões de tempo de REP e REC, que foi feita pela estatística não paramétrica. Os resultados estão expressos em média e desvio padrão quando a distribuição paramétrica e mediana e intervalo de confiança de 95% quando a distribuição não paramétrica.

Os períodos REP e REC de 20 minutos foram sub-divididos em quatro de cinco minutos cada (T1=0 a 5'; T2=5'20" a 10'; T3=10'20" a 15' e T4=15'20" a 20') e as comparações entre os quatro períodos foi feita a partir da análise de variância (Anova One-way). O teste *t* de *Student* para amostras independentes foi utilizado para as comparações do GE entre sexo feminino e masculino. O teste *t* de *Student* pareado foi utilizado para comparações entre os períodos REP e REC. A análise de co-variância (ANCOVA) também foi utilizada para comparação do GE entre os sexos em cada período de tempo de REP e REC e os dados foram ajustados somente pela maturação sexual (desenvolvimento mamário e genital – DMG) e a dois fatores (DMG e massa corporal magra – MCM). Em todas as análises utilizou-se o nível de

significância de 5% ($p < 0,05$) e o software utilizado foi o *Statistical Package for Social Science (SPSS)*, versão 17.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO DO GS

Para melhor entendimento dos resultados, nesse capítulo serão apresentados somente os dados do GS.

O objetivo do presente estudo foi analisar o GE de adolescentes obesos sedentários pré e pós teste de esforço máximo. Para avaliar o período pré teste de esforço máximo e a fase de recuperação pós teste, o mesmo foi realizado em esteira ergométrica. Este teste é o mais indicado, por atingir elevado GE em menor FC, em menor período de tempo e com a menor produção de lactato sanguíneo quando comparado ao cicloergometro⁵¹.

A **Tabela 4.1** apresenta as características gerais do GS. Exceto para o percentual de gordura corporal (GC%), as demais variáveis apresentam valores de médias estatisticamente maiores para o grupo masculino.

Tabela 4.1. Características gerais do Grupo Sedentário (n=70)

Variáveis	M ± DP	Masculino (n=31)	Feminino (n=39)
		M ± DP	M ± DP
Idade (anos)	13,7±1,4	13,6±1,3	13,6±2,0
Estatura (cm)	161,2±7,4	163,9±7,8	159,1±6,5
MC (kg)	80,5±15,2	87,0±16,7	75,3±11,7
GC (%)	45,5±5,3	44,3±5,8	46,4±4,8
MG (kg)	36,2±9,2	38,2±10,4	34,6±7,9
MCM (kg)	40,5±7,9	45,0±8,7	36,9±4,8
VO ₂ _REP (L/min)	0,25±0,09	0,28±0,09	0,22±0,09
VCO ₂ _REP (L/min)	0,18±0,06	0,21±0,06	0,16±0,06
VO ₂ _REC (L/min)	0,29±0,06	0,32±0,07	0,27±0,04
VCO ₂ _REC (L/min)	0,28±0,06	0,30±0,07	0,26±0,04

M= Média; DP= Desvio Padrão; MC= Massa Corporal; GC= Gordura Corporal; MG= Massa Gordura; MCM= Massa Corporal Magra; VO₂_REP= Volume de Oxigênio durante REP; VCO₂_REP= Volume de Gás Carbônico durante REP; VO₂_REC= Volume de Oxigênio durante REC; VCO₂_REC= Volume de Gás Carbônico durante REC

A medida de GE tanto no período de REP como na REC foi feita durante 20 minutos, descartando-se os 10 primeiros minutos no REP e os últimos 10 minutos na

REC. Este tempo foi dividido em quatro períodos de cinco minutos e foram feitas comparações estatísticas. No caso das comparações nos quatro períodos de cinco minutos durante o REP, houve diferença significativa entre períodos T2 e T3 ($p < 0,001$). No caso da REC, foram identificadas diferenças estatísticas entre os quatro momentos: T1>T2>T3>T4 ($p < 0,001$) (**Tabela 4.2**). Os resultados indicam que essas diferenças foram decrescendo conforme aumento do tempo de recuperação.

Tabela 4.2. Gasto energético (kcal/24h) do grupo todo nos quatro períodos de 5 minutos durante o repouso e a recuperação

TEMPO	REP		REC		Dif% REPxREC
	M ± DP	(IC)	M ± DP	(IC)	
T1	1650,0±43,8 ^{ab}	(1625,7-1674,3)	2382,2±240,7 ^a	(2248,9-2515,5)	44,4
T2	1672,3±46,4 ^a	(1646,6-1698,0)	2016,0±70,1 ^{bef}	(1977,1-2054,8)	20,6
T3	1629,0±44,7 ^b	(1604,2-1653,8)	1928,7±52,8 ^{cefg}	(1899,5-1957,9)	18,4
T4	1656,0±49,1 ^{ab}	(1626,6-1684,3)	1896,2±38,9 ^{dg}	(1873,7-1918,7)	14,6
<i>f</i>	2,264		43,37**		
<i>p</i>	0,091		0,001		

** $p > 0,001$; M= Média; DP= Desvio Padrão; IC= Intervalo de confiança de 95%. Dif%REPxREC= diferença percentual entre os respectivos tempos de repouso e recuperação. Letras sobrescritas diferentes indicam diferenças estatísticas entre os tempos

Neste estudo, a diferença percentual decrescente do GE durante a REC, está em concordância com os achados de Borsheim & Bahr (2003)⁵², pois está bem descrito que indivíduos treinados apresentam queda no consumo de oxigênio com o passar do tempo pós exercício.

Na maioria das vezes, pessoas com sobrepeso ou obesidade, além de apresentarem baixos níveis de aptidão física, exercitam-se por menor tempo a uma intensidade que produza um EPOC maior¹². Tal fato foi observado no presente estudo, onde foi possível identificar a existência de EPOC que foi estatisticamente significativa em relação ao GE durante o REP.

Ao se extrapolar os valores de GE para 24 horas, foram observadas diferenças entre REP e REC tanto no grupo todo como por sexo ($p < 0,001$) (Tabela 4.3), pois os valores não retornaram aos valores iniciais obtidos em REP²⁷ (Figura 2).

Tabela 4.3. Gasto energético (kcal/24h) do grupo todo e dos sexos masculino e feminino durante o repouso e a recuperação

	REP M ± DP	REC M ± DP	t	p
Total	1669,4±626,8	2051,1±435,5	5,98**	0,001
Feminino	1464,7±607,7	1877,1±252,0	4,12**	0,001
Masculino	1897,2±581,0	2249,8±527,5	4,37**	0,001

** $p > 0,001$; M= Média; DP= Desvio Padrão

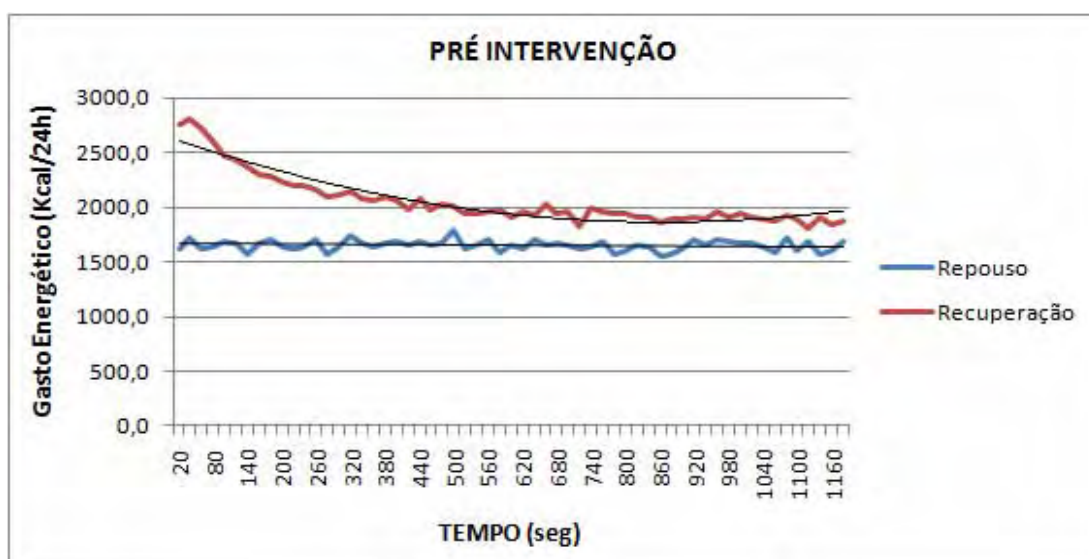


Figura 2| Gasto Energético do GS, durante 20 minutos de REP e REC.

O EPOC é relativamente curto após exercícios de intensidade e duração moderada, até 70% do VO_2 máx e/ou menor que 60 minutos de duração, visto que magnitude do EPOC após o exercício aeróbio depende da intensidade e duração do

exercício¹².

A razão para a relativa demora na recuperação do consumo de oxigênio aos níveis de repouso está relacionada, dentre outros fatores, à elevada ventilação pulmonar e elevado fluxo sanguíneo para restauração dos estoques de oxigênio dos músculos e do sangue. Além disso, ainda que indivíduos não treinados utilizem menor quantidade de gordura durante a recuperação, a oxidação de lipídios pós exercício também está associada com o aumento do *turnover* dos ácidos graxos livres e, simultaneamente, o aumento do *turnover* de proteína que também contribui para aumentar o EPOC¹².

Em estudo realizado por Bracco e colaboradores (2002)⁵³, que utilizaram acelerômetros uniaxiais em adolescentes obesos, foi verificado apresentaram maior GE do que escolares eutróficos, mesmo com menor nível de aptidão física, significando que indivíduos obesos apresentam demanda energética maior para o deslocamento corporal em uma dada distância quando comparados aos eutróficos.

Na **Tabela 4.4** são apresentados os valores médios de GE durante REP e REC entre os sexos ajustados por maturação sexual. A análise de covariância indicou diferenças entre sexos nos dois períodos, porém, o período de REC apresenta maior diferença ($p < 0,001$).

Tabela 4.4. Gasto energético (kcal/24h) entre os sexos durante o repouso e a recuperação, ajustados por maturação sexual

	Feminino	Masculino	<i>f</i>	<i>P</i>
	M ± DP (IC)	M ± DP (IC)		
REP	1497,2±632,5 (1284,1-1710,5)	1897,2±581,0 (1673,6-2120,7)	6,51*	0,013
REC	1839,6±69,4 (1700,8-1978,5)	2272,7±72,8 (2127,2-2418,3)	18,01**	0,001

* $p < 0,05$; ** $p > 0,001$; DMG= 3,51; M= Média; DP= Desvio Padrão; IC= Intervalo de confiança de 95%

Na **Tabela 4.5** são apresentados os valores médios de MCM durante REP e REC entre os sexos ajustados por maturação sexual, onde também se observa diferença ($p < 0,001$).

Tabela 4.5. Massa corporal magra (kg) de ambos os sexos durante o repouso e a recuperação, ajustados por maturação sexual

	Feminino	Masculino	<i>f</i>	<i>P</i>
	M ± DP (IC)	M ± DP (IC)		
REP- REC	35,8±1,1 (33,5-38,0)	45,3±1,2 (42,9-47,6)	33,53**	0,001

** $p < 0,001$; DMG=3,51; M= Média; DP= Desvio Padrão; IC= Intervalo de confiança de 95%

Na **Tabela 4.6** são apresentados os valores médios de GE durante REP e REC ajustados por maturação sexual e MCM. Os resultados revelaram que não foram observadas diferenças estatísticas para ambos os sexos.

Tabela 4.6. Gasto energético (kcal/24h) de ambos os sexos durante o repouso e a recuperação ajustados por maturação sexual e massa corporal magra (kg)

	Feminino	Masculino	<i>f</i>	<i>P</i>
	M ± DP (IC)	M ± DP (IC)		
REP	1657,7±112,3 (1433,1-1882,3)	1897,2±118,9 (1483,4-1959,1)	0,12	0,728
REC	2051,3±52,0 (1947,3-2155,3)	2040,6±55,1 (1930,5-2150,7)	0,01	0,900

$p > 0,05$; DMG=3,51; MCM= 40,3; M= Média; DP= Desvio Padrão; IC= Intervalo de confiança de 95%

Esse ajuste por maturação e por massa corporal magra possibilitou analisar o GE nos momentos REP e REC, sem que houvesse interferência tanto dos fatores hormonais que estão alterados durante a adolescência, como da quantidade de massa corporal magra que é um tecido de alta atividade metabólica. A comparação simples do GE entre os sexos fornece um resultado absoluto e a comparação ajustada pela maturação sexual e pela MCM possibilita que a análise seja feita sem que haja diferença nesses fatores. O fato de não ter sido encontrada diferença estatística entre os sexos após feito o ajustamento, indica que esses dois fatores são responsáveis pelo maior GE no grupo masculino, que possui maior MCM que o grupo feminino. Indica também que a atividade metabólica muscular de ambos os sexos é semelhante, o que diferencia é a maior quantidade de MCM do grupo masculino.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO DO GT

Para melhor entendimento dos resultados, nesse capítulo serão apresentados somente os dados do GT. A **Tabela 5.1** apresenta as características gerais do GT. Na avaliação pré intervenção, o grupo masculino apresenta valores estatisticamente maiores, exceto para as variáveis percentual de gordura corporal (GC%), frequência cardíaca máxima (FCmáx), volume de oxigênio consumido durante REP (VO₂_REP), quociente respiratório (QR) e velocidade máxima correspondente ao VO₂máx (vVO₂máx). Na avaliação pós intervenção, essas variáveis apresentam o mesmo comportamento, exceto VO₂_REP e vVO₂máx, que também passam a apresentar valores estatisticamente maiores no grupo masculino. Além disso, é possível observar melhora na maioria das variáveis no pós intervenção em ambos os sexos, exceto para as variáveis FCmáx e MCM no grupo feminino, que não sofreram alteração.

Tabela 5.1. Características gerais do grupo treinado (n=16: mas=10; fem=6)

Variáveis	PRÉ M ± DP		PÓS M ± DP	
	Mas	Fem	Mas	Fem
Idade (anos)	13,8±1,1	13,8±1,0	14,6±1,1	14,6±1,0
Estatura (cm)	162,3±7,8	157,5±4,6	165,6±8,3	159,2±5,9
MCT (kg)	82,5±9,9	73,8±8,0	81,6±5,8	67,5±3,5
GC (%)	42,6±6,1	45,1±2,8	38,6±5,4	40,6±3,4
MG (kg)	34,5±6,8	32,9±5,6	31,2±3,9	27,3±3,2
MCM (kg)	43,9±6,7	37,2±2,7	47,2±6,3	37,2±2,0
FCmáx (bpm)	182±11	192±9	190±17	192±6
VO ₂ _REP (L/min)	0,27±0,08	0,27±0,09	0,30±0,03	0,21±0,03
VCO ₂ _REP (L/min)	0,21±0,07	0,19±0,06	0,27±0,03	0,18±0,03
VO ₂ _REC (L/min)	0,31±0,07	0,27±0,03	0,44±0,05	0,32±0,06
VCO ₂ _REC (L/min)	0,31±0,07	0,26±0,06	0,47±0,08	0,36±0,09
VO ₂ máx (ml/kg/min)	32,31±7,71	31,54±2,55	36,57±7,31	33,25±3,01
QR	1,18±0,31	1,63±0,56	1,13±0,13	1,16±0,06
vVO ₂ máx (km/h)	8,2±0,8	8,3±0,6	9,1±1,0	8,8±0,5

M= Média; DP= Desvio Padrão; MC= Massa Corporal; GC= Gordura Corporal; MG= Massa Gorda; MCM= Massa Corporal Magra; FCmáx= Frequência Cardíaca máxima durante esforço; VO₂_REP= Volume de Oxigênio durante REP; VCO₂_REP= Volume de Gás Carbônico durante REP; VO₂_REC= Volume de Oxigênio durante REC; VCO₂_REC= Volume de Gás Carbônico durante REC; VO₂máx= Volume de Oxigênio máximo consumido durante esforço; QR= Quociente Respiratório durante esforço; vVO₂máx= velocidade máxima correspondente ao VO₂máx

O GT apresentou melhora nas principais variáveis relacionadas à composição corporal, como redução de 8,5% no %GC e aumento de 3,2kg de MCM no grupo masculino, indicando que o TC é efetivo para a redução da MC de meninos obesos por meio da diminuição da quantidade de gordura corporal.

De acordo com os resultados apresentados na **tabela 5.1**, observa-se que o grupo feminino mostrou uma redução no consumo de oxigênio durante o repouso (VO_2_REP) do momento pré intervenção, enquanto que o grupo masculino mostrou um aumento. Resultado semelhante foi encontrado no estudo realizado por Foshini et al. (2010)⁵⁴, em 32 adolescentes obesos submetidos a treinamento concorrente sub-dividido em periodização linear e periodização ondulatória diária (que não foi realizado no presente estudo). Uma possível explicação para essa diferença do grupo masculino para o grupo feminino, pode ser a magnitude dos estímulos, que pode ter tido maior influência sobre a homeostase dos meninos, aumentando o GE e o EPOC em função da maior quantidade de MCM.

Ao comparar as médias do GE durante os 20 minutos do grupo todo, nota-se diferença de REP com REC, pré e pós intervenção ($p < 0,001$) (**Tabela 5.2**).

Tabela 5.2. Gasto energético (kcal/24h) do grupo todo durante o repouso e a recuperação, pré e pós intervenção

	REP	REC	F	p
	M ± DP	M ± DP		
PRÉ	1651,8±47,5	2058,5±233,4	41,11**	0,001
PÓS	1824,7±59,8	2249,8±469,0	12,81**	0,001

** $p > 0,001$; M= Média; DP= Desvio Padrão

A medida de GE tanto no período de REP como na REC foi feita durante 20 minutos, descartando-se os 10 primeiros minutos no REP e os últimos 10 minutos na REC. No caso das comparações durante REP, não houve diferença estatística entre os tempos ($p>0,05$). No caso da REC, foram identificadas diferenças entre os quatro momentos: $T1>T2>T3>T4$ ($p<0,001$) (**Tabela 5.3**). Os resultados indicam que essas diferenças foram decrescendo conforme aumento do tempo de recuperação.

Observa-se que nos últimos 5 minutos de recuperação pós intervenção, os valores de consumo de oxigênio retornam aos valores de repouso, indicando possíveis adaptações metabólicas em função do TC e que neste momento seria necessário novos ajustes na intensidade e volume de treino (**Figura 3**).

A razão para este fato pode ser a melhora nas variáveis VO_2 máx relativo, vVO_2 máx em ambos os sexos e FC máx no sexo masculino, indicando melhora da capacidade cardiorrespiratória, da eficiência de movimento⁵⁵ e diminuição do QR, indicando melhora no metabolismo dos substratos durante o esforço. Segundo Sung e cols (2002)⁵⁶, isso se deve as características fisiológicas do exercício físico, que melhoram a capacidade do tecido muscular em realizar a oxidação dos ácidos graxos e estimulam a atividade da enzima lípase no músculo, contribuindo assim para a diminuição das lipoproteínas e lipídios plasmáticos, inclusive em indivíduos jovens. Essa pode ser a explicação para a diferença significativa encontrada quando o GE foi analisado PropMCM no grupo feminino (**Tabelas 5.5 e 5.6**), mesmo sem aumento MCM (kg) após 40 semanas de intervenção. Em estudo realizado por Sothorn e cols (2000)⁵⁷, que analisou os efeitos de 10 semanas de treinamento de força em pré-adolescentes obesos, também houve redução significativa do %GC e nenhuma alteração na MCM no grupo todo.

Tabela 5.3. Gasto energético (kcal/24h) do grupo todo nos quatro períodos de 5 minutos durante repouso e recuperação, pós intervenção

TEMPO	REP		REC		Dif% REPxREC
	M ± DP	(IC)	M ± DP	(IC)	
T1	1837,5±46,1	(1812,0-1863,0)	2899,6±487,0 ^{bcd}	(2629,9-3169,3)	58,0
T2	1828,3±46,7	(1802,4-1854,2)	2190,0±100,3 ^{acd}	(2134,5-2245,6)	19,8
T3	1812,6±80,3	(1768,1-1857,1)	2001,2±76,7 ^{ab}	(1958,8-2043,7)	10,6
T4	1820,2±62,9	(1783,9-1856,5)	1883,9±44,7 ^{ab}	(1858,1-1909,8)	3,63
F	0,46		47,18**		
P	0,707		0,001		

** $p > 0,001$; M= Média; DP= Desvio Padrão; IC= Intervalo de confiança de 95%. Dif%REPxREC= diferença percentual entre os respectivos tempos de repouso e recuperação. Letras sobscritas diferentes indicam diferenças estatísticas entre os tempos

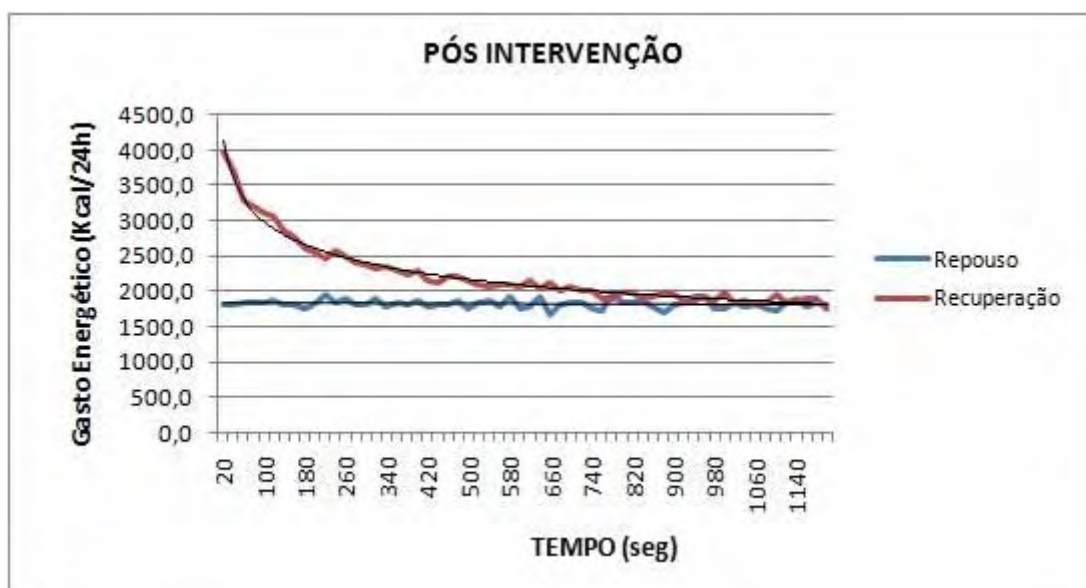


Figura 3| Gasto Energético do GT, durante 20 minutos de REP e REC.

A **Tabela 5.4** apresenta os resultados das comparações do GE absoluto (ABS) e proporcional a MCM (PropMCM) do grupo todo, durante REP e REC, pré e pós intervenção. Nota-se que há diferença estatística significativa em todos os momentos, porém no pós intervenção a diferença estatística foi significativamente maior ($p < 0,001$).

Essa maior diferença no GE tanto em termos absolutos como proporcionais à MCM após intervenção de 40 semanas, revela maior atividade metabólica muscular após esforço máximo.

Tabela 5.4. Gasto energético (kcal/24h) absoluto e proporcional a massa corporal magra do grupo todo durante repouso e recuperação, pré e pós intervenção

	PRÉ		PÓS	
	GE ABS M ± DP	GE PropMCM M ± DP	GE ABS M ± DP	GE PropMCM M ± DP
REP	1810,1±545,4	436,7±116,7	1858,3±408,1	426,3±59,2
REC	2118,3±449,8	509,3±54,0	2885,3±605,0	662,5±87,4
Z	2,33*	2,38*		3,52**
P	0,020	0,017		0,001

* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; M= Média; DP= Desvio Padrão; ABS= Absoluto; PropMCM= Proporcional a Massa Corporal Magra

A seguir são apresentados os resultados das comparações do GE ABS e PropMCM dos sexos masculino e feminino, durante REP e REC, pré e pós intervenção. O cálculo do GE PropMCM foi feito a partir do GE ABS dividido pela MCM (kg), dividido por 10. É possível observar diferença estatística no sexo masculino tanto pré quanto pós intervenção ($p < 0,05$), entretanto, o mesmo comportamento não é observado no sexo feminino, que apresenta diferença significativa somente no momento pós intervenção ($p < 0,05$) (**Tabela 5.5**). Quando os mesmos dados são ajustados por maturação sexual e os sexos comparados entre si, durante os períodos de REP e REC, nota-se que há diferença significativa entre os sexos somente no momento pós intervenção ($p < 0,05$), exceto no período de REC ($p > 0,05$) (**Tabela 5.6**).

Tabela 5.5. Gasto energético (kcal/24h) absoluto e proporcional a massa corporal magra dos sexos masculino e feminino, durante o repouso e a recuperação, pré e pós intervenção

	PRÉ				PÓS			
	GE ABS		GE PropMCM		GE ABS		GE PropMCM	
	M ± DP		M ± DP		M ± DP		M ± DP	
	Mas	Fem	Mas	Fem	Mas	Fem	Mas	Fem
REP	1824,7	1785,9	413,0	476,2	2118,8	1424,1	453,2	381,5
	±531,7	±618,5	±93,5	±148,7	±228,3	±209,3	±51,3	±43,7
REC	2238,4	1918,0	505,5	515,7	3214,6	2336,5	685,5	624,3
	±503,6	±271,1	±52,8	±60,4	±397,9	±484,5	±66,5	±110,1
Z	2,70*	0,31	2,70*	0,52	2,80*	2,20*	2,80*	2,20*
P	0,007	0,753	0,007	0,600	0,005	0,028	0,005	0,028

* $p < 0,05$; M= Média; DP= Desvio Padrão; ABS= Absoluto; PropMCM= Proporcional a Massa Corporal Magra

Tabela 5.6. Gasto energético (kcal/24h) absoluto e proporcional a massa corporal magra entre os sexos, durante o repouso e a recuperação, pré e pós intervenção e ajustados por maturação sexual

	PRÉ ^a				PÓS ^b			
	GE ABS		GE PropMCM		GE ABS		GE PropMCM	
	M ± DP		M ± DP		M ± DP		M ± DP	
	REP	REC	REP	REC	REP	REC	REP	REC
Mas	1796,7	2254,7	403,8	505,8	2117,1	3216,0	453,6	686,9
	±183,4	±143,0	±36,2	±18,5	±72,1	±141,3	±15,8	±26,5
Fem	1832,3	1890,8	491,5	515,1	1427,1	2334,3	380,8	621,8
	±239,4	±186,7	±47,2	±24,2	±93,1	±182,6	±20,5	±34,3
F	0,01	2,30	2,08	0,09	34,21**	14,53*	7,86*	2,25
P	0,910	0,153	0,172	0,769	0,001	0,002	0,015	0,158

* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; a) DMG=3,44; b) DMG=3,75; M= Média; DP= Desvio Padrão; ABS= Absoluto; PropMCM= Proporcional a Massa Corporal Magra

Apesar de os resultados obtidos apresentarem avanço no conhecimento existente principalmente no tocante aos efeitos do treinamento concorrente como proposta para redução da gordura corporal e da possibilidade de aplicação desse modelo de treino em adolescentes, algumas limitações devem ser citadas. O pequeno tamanho amostral pós intervenção e o fato de terem sido utilizados dois equipamentos diferentes nas avaliações do gasto energético pré e pós intervenção, são as principais limitações. Entretanto os resultados podem ser considerados promissores e sugerem que novos estudos dessa natureza devam ser realizados, procurando diminuir essas limitações metodológicas.

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos conclui-se que

1) adolescentes obesos sedentários submetidos a esforço máximo, não retornam o gasto energético aos níveis de repouso mesmo depois de 20 minutos de terminado o esforço máximo;

2) o gasto energético tanto em repouso como na recuperação é maior no grupo do sexo masculino em função desse grupo apresentar maior quantidade de massa corporal magra, e esse maior valor é independente do estágio de maturação sexual;

3) o gasto energético, de ambos os sexos, apresentaram aumento após esforço máximo, depois de os adolescentes terem sido submetidos a treinamento concorrente de quarenta semanas para diminuição da gordura corporal, sendo que o sexo masculino apresentou valores maiores tanto de gasto energético como de massa corporal magra, sugerindo que a diferença do GE entre sexos é influenciada pela quantidade de MCM.

7. REFERÊNCIAS

1. Biro FM, Wien M. Childhood obesity and adult morbidities. *The American journal of clinical nutrition*. 2010 May;91(5):1499S-505S.
2. Sinha A, Kling S. A review of adolescent obesity: prevalence, etiology, and treatment. *Obesity surgery*. 2009 Jan;19(1):113-20.
3. Brown T, Summerbell C. Systematic review of school-based interventions that focus on changing dietary intake and physical activity levels to prevent childhood obesity: an update to the obesity guidance produced by the National Institute for Health and Clinical Excellence. *Obes Rev*. 2009 Jan;10(1):110-41.
4. Melo CM, Tirapegui J, Ribeiro SM. Gasto energético corporal: conceitos, formas de avaliação e sua relação com a obesidade. *Arq Bras Endocrinol Metab*. 2008 Abr;52(3):452-64.
5. Singhal A, et al. Programming of lean body mass: a link between birth weight, obesity, and cardiovascular disease?. *Am J Clin Nutr*. 2003;77(3):726-30.
6. Freitas Jr IF, Rosa CSC, Codogno JS, Bueno DR, Buonani C, Conterato I, et al. Capacidade cardiorrespiratória e distribuição de gordura corporal de mulheres com 50 anos ou mais. *Rev. esc. enferm. USP*. 2010 Jun;44(2):395-400.
7. Ohkawara K, Tanaka S, Ishikawa-Takata K, Tabata I. Twenty-four-hour analysis of elevated energy expenditure after physical activity in a metabolic chamber: models of daily total energy expenditure. *The American journal of clinical nutrition*. 2008 May;87(5):1268-76.
8. Pereira LO, Francischi RP, Lancha Jr AH. Obesidade: hábitos nutricionais, sedentarismo e resistência à insulina. *Arq Bras Endocrinol Metab*. 2003 Abr;47(2).
9. Menshikova EV, Ritov VB, Ferrell RE, Azuma K, Goodpaster BH, Kelley DE. Characteristics of skeletal muscle mitochondrial biogenesis induced by moderate-intensity exercise and weight loss in obesity. *J Appl Physiol*. 2007 Jul;103(1):21-27.

10. Hill JO, Wyatt HR. Role of physical activity in preventing and treating obesity. *J Appl Physiol*. 2005 Aug;99(2):765-70.
11. Horton TJ, Hill JO. Exercise and obesity. *Proceedings of the nutrition society*. 1998;57:85-91.
12. Foureaux G, Pinto KM, Dâmaso A. Efeito do consumo excessivo de oxigênio após exercício e da taxa metabólica de repouso no gasto energético. *Rev Bras Med Esporte*. 2006 Dez;12(6):393-98.
13. Rockl KS, Hirshman MF, Brandauer J, Fujii N, Witters LA, Goodyear LJ. Skeletal muscle adaptation to exercise training AMP-activated protein kinase mediates muscle fiber type shift. *Diabetes*. 2007 Aug;56(8):2062-9.
14. Dash RK, Dibella JA, Cabrera ME. A computational model of skeletal muscle metabolism linking cellular adaptations induced by altered loading states to metabolic responses during exercise. *Biomedical engineering online*. 2007;6:14.
15. Lee S, Kuk JL, Davidson LE, Hudson R, Kilpatrick K, Graham TE, et al. Exercise without weight loss is an effective strategy for obesity reduction in obese individuals with and without Type 2 diabetes. *J Appl Physiol*. 2005 Sep;99(3):1220-5.
16. Halpern A, Mancini MC. Treatment of obesity: an update on anti-obesity medications. *Obes Rev*. 2003;4(1):25-42.
17. Tkacz J, Young-Hyman D, Boyle CA, Davis CL. Aerobic exercise program reduces anger expression among overweight children. *Pediatric exercise science*. 2008 Nov;20(4):390-401.
18. Leonard WR. Measuring human energy expenditure and metabolic function: basic principles and methods. *J Anthropol Sci*. 2010;88:221-30.
19. de Graauw SM, de Groot JF, van Brussel M, Streur MF, Takken T. Review of prediction models to estimate activity-related energy expenditure in children and adolescents. *International journal of pediatrics*. 2010;ID489304:1-14.
20. Wahrlich V, Anjos LA. Aspectos históricos e metodológicos da medição e estimativa da taxa metabólica basal: uma revisão da literatura. *Cad. Saúde Pública*. 2001 Aug;17(4):801-17.

21. Kamimura MA, Avesani CM, Draibe SA, Cuppari L. Gasto energético de repouso em pacientes com doença renal crônica. *Rev. Nutr.* 2008 Jan/Fev;21(1):75-84.
22. Fonseca PH, Duarte MF, Barbeta PA. Validação das equações que estimam a taxa metabólica de repouso em adolescentes meninas. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2010;54(1):30-6.
23. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Equilíbrio energético, exercício e controle do peso. In: *Nutrição para o desporto e o exercício.* Guanabara Koogan; 2001. p. 408.
24. Rodrigues AE, Marostegan PF, Mancini MC, Dalcanale L, Melo ME, Cercato C, et al. Análise da taxa metabólica de repouso avaliada por calorimetria indireta em mulheres obesas com baixa e alta ingestão calórica. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2008 Feb;52(1):76-84.
25. Chan DF, Li AM, Chan MH, So HK, Chan IH, Yin JA, et al. Validation of prediction equations for estimating resting energy expenditure in obese Chinese children. *Asia Pacific journal of clinical nutrition.* 2009;18(2):251-6.
26. Fonseca PH, Duarte MF. Equações que estimam a taxa metabólica de repouso em adolescentes: história e validade. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2008;10(4):405-11.
27. Matsuura C, Meirelles CM, Gomes PS. Gasto energético e consumo de oxigênio pós-exercício contra-resistência. *Rev. Nutr.* 2006 Nov/Dez;19(6):729-740.
28. Neto AG, Farinatti PT. Consumo de oxigênio após exercício resistido: uma abordagem crítica sobre os fatores determinantes de sua magnitude e duração. *Brazilian Journal of Biomotricity.* 2009;3(2):96-110.
29. Muller MJ, Bosy-Westphal A, Kutzner D, Heller M. Metabolically active components of fat-free mass and resting energy expenditure in humans: recent lessons from imaging technologies. *Obes Rev.* 2002 May;3(2):113-22.
30. American College of Sports Medicine. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:364-80.

31. Dâmaso AR, Tock I, Tufik S, Prado WL, Stella SG, Fisberg M, et al. Tratamento multidisciplinar reduz o tecido adiposo visceral, leptina, grelina e a prevalência de esteatose hepática não alcoólica (NAFLD) em adolescentes obesos. *Rev Bras Med Esporte*. 2006;12(5):263-7.
32. Paravidino AB, Portella ES, Soares EA. Metabolismo energético em atletas de endurance é diferente entre os sexos. *Rev. Nutr.* 2007 Maio/Jun;20(3):317-325.
33. Lima-Silva AE, Adami F, Nakamura FY, Oliveira FR, Gevaerd MS. Metabolismo de gordura durante o exercício físico: mecanismos de regulação. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2006;8(4):106-14.
34. Depieri TZ, Pinto RR, Catarin JK, Carli MC, Garcia Júnior JR. UCP-3: regulação da expressão gênica no músculo esquelético e possível relação com o controle do peso corporal. *Arq Bras Endocrinol Metab*. 2004 Jun;48(3):337-44.
35. Cole TJ, et al. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000 May;320(7244):1240-3.
36. Freitas Jr IF, Buonani C, Bueno DR, Codogno JS, Conterato I, Fernandes RA, et al. *Padronização de técnicas antropométricas*. 1. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica. 2008;1.
37. Lohman TM, et al. A highly salt-dependent enthalpy change for Escherichia coli SSB protein-nucleic acid binding due to ion-protein interactions. *Biochemistry*. 1996 Apr;35(16):5272-9.
38. Wahrlich V, et al. Validation of the VO2000 calorimeter for measuring resting metabolic rate. *Am J Clin Nutr*. 2006;25:687-92.
39. Midgley AW, Bentley DJ, Luttikholt H, McNaughton LR, Millet GP. Challenging a dogma of exercise physiology does an incremental exercise test for valid VO₂max determination really need to last between 8 and 12 minutes?. *Sports Med*. 2008;38(6):441-47.
40. Bentley DJ, Newell J, Bishop D. Incremental exercise test design and analysis implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Med* 2007;37(7):575-86.

41. Croonen F, Binkhorst RA. Oxygen uptake calculated from expiratory volume and analysis only. *Ergonomics*. 1974;17:113-7.
42. Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *The Journal of physiology*. 1949 Aug;109(1-2):1-9.
43. Lurbe E, Cifkova R, Cruickshank JK, Dillon MJ, Ferreira I, Invitti C, et al. Management of high blood pressure in children and adolescents: recommendations of the European Society of Hypertension. *Journal of Hypertension*. 2009 Sep;27(9):1719-42.
44. Pickering TG, Hall JE, Appel LJ, Falkner BE, Graves J, Hill MN, et al. Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals: Part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Hypertension*. 2005;45(5):142-61.
45. Marshall WA, Tanner JM. Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Archives of disease in childhood*. 1969 Jun;44(235):291-303.
46. Marshall WA, Tanner JM. Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Archives of disease in childhood*. 1970 Feb;45(239):13-23.
47. Faigenbaum AD, Westcott WL. Youth strength training: programs for health, fitness and sport. 2 ed. Human Kinetics. 2009.
48. Faigenbaum AD. Resistance training for overweight and obese youth: beyond sets and reps. *Obes Weig Manag*. 2009 Dec;5(6):282-85.
49. BORG G. Escalas de Borg para a dor e o esforço percebido. São Paulo, Manole, 2000.
50. Baechle TR, Groves BR. Weight Training. Champaign: Leisure Press, 1992.

51. Lafortuna CL, Lazzer S, Agosti F, Busti C, Galli R, Mazzilli G, et al. Metabolic responses to submaximal treadmill walking and cycle ergometer pedalling in obese adolescents. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20:630-37.
52. Borsheim E, Bahr R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports Med*. 2003;33(14):1037-60.
53. Bracco MM, Ferreira MBR, Morcillo AM, Colugnati F, Jenovesi J. Gasto energético entre crianças de escola pública obesas e não obesas. *Rev. Bras. Ciên. e Mov*. 2002 Jul;10(3):29-35.
54. Foschini D, Araujo RC, Bacurau RF, De Piano A, De Almeida SS, Carnier J, et al. Treatment of obese adolescents: the influence of periodization models and ACE genotype. *Obesity*. 2010 Apr;18(4):766-72.
55. Wilmore JH, Costill DL. *Fisiologia do esporte e do exercício*. Barueri, Manole, 2001.
56. Sung RYT, Yu CW, Chang SKY, Mo SW, Woo KS, Lam CWK. Effects of dietary intervention and strength training on blood lipid level in obese children. *Arch Dis Child*. 2002;86:407-10.
57. Sothorn MS, et al. Safety, feasibility and efficacy of a resistance training program in preadolescent obese children. *Am J Med Sci* 2000;319:370-75.

8. ANEXOS

ANEXO 1

Termo de consentimento livre e esclarecido

Título da pesquisa: Super-Ação - Programa de atividades motoras para jovens com sobrepeso e obesidade

Nome do Pesquisador: Ismael Forte Freitas Júnior

Este é um termo de consentimento que deverá ser assinado por todos aqueles que desejarem participar do **Super-Ação - Programa de Atividades Motoras para Jovens com Sobrepeso e Obesidade**, desenvolvido pelo Departamento de Educação Física da UNESP.

Este programa visa estimular a prática de atividades físicas e também oferece acompanhamento médico (endócrino-pediátrico), psicológico e nutricional aos participantes.

A participação é voluntária e não trará qualquer tipo de situação constrangedora aos participantes, pois o Super-Ação tem como objetivo estimular a prática de atividades físicas recreativas e esportivas orientadas e o controle alimentar, visando emagrecimento e controle de peso.

Os riscos que cada participante corre, são aqueles inerentes à prática de quaisquer atividades físicas de intensidade leve e moderada, por isso, para ingressar neste programa, você deverá estar autorizado pelo médico ou por um responsável, para praticar exercícios físicos.

O acompanhamento dos resultados será feito pelos profissionais que atuam no programa, para isso, cada participante terá um prontuário individual, onde serão arquivadas todas as informações referentes às avaliações físicas, psicológica, médica e nutricional, que serão feitas periodicamente.

Será feito encaminhamento do participante para ser consultado por uma equipe médica, que poderá solicitar exame laboratorial de sangue, visando obter dados referentes ao perfil lipídico, à glicemia e à curva glicêmica.

Todas as informações coletadas serão estritamente confidenciais e os dados coletados poderão ser utilizados com finalidade de pesquisa dos profissionais responsáveis pelo Super-Ação, sendo que os procedimentos adotados para as pesquisas que serão realizadas obedecem aos critérios da ética em pesquisa em seres humanos conforme resolução no. 196 /96 do Conselho Nacional de Saúde.

Qualquer dúvida que você ainda tiver sobre as atividades que serão realizadas, podem ter esclarecidas pelo próprio pesquisador responsável, ou por um dos membros da equipe que atua no Super-Ação.

Por favor, caso você esteja autorizado pelo médico para praticar exercícios físicos, concorde em participar deste programa e, ainda, permita que os dados coletados sejam utilizados para fins de pesquisa, assine, você e seu responsável, este consentimento formal.

Nome completo e assinatura do participante do Super-Ação

Nome completo e assinatura do pai ou responsável

Data: / /

Assinatura do pesquisador

<i>Pesquisador responsável pelo Super-Ação: Prof. Dr. Ismael Forte Freitas Júnior, Fone: 3229.5711</i>
--

<i>Comitê de Ética em Pesquisa da UNESP: Profa. Dra. Maria de Lourdes C. da Silva, Fone 3229-5650</i>

ANEXO 2

Avaliação do Gasto Energético durante o Esforço

Protocolo de Esteira

TEMPO (min)	ESTÁGIO	VELOCIDADE (km/h)	INCLINAÇÃO (%)
1	1	3,5	1
1	2	4,0	1
1	3	4,5	1
1	4	5,0	1
1	5	5,5	1
1	6	6,0	1
1	7	6,5	1
1	8	7,0	1
1	9	7,5	1
1	10	8,0	1
1	11	8,5	1
1	12	9,0	1
1	13	9,5	1
1	14	10,0	1
1	15	10,5	1
1	16	11,0	1
1	17	11,5	1
1	18	12,0	1

ANEXO 3

FICHA DE AVALIAÇÃO DE GASTO ENERGÉTICO

Data da Avaliação: ___ / ___ / ___ Hora: ___ h ___ FCmáx: _____

Nome: _____

Peso: _____ Estatura: _____ Data de nascimento: ___ / ___ / ___ Idade: _____

	PAS	PAD	FC		PAS	PAD	FC
Início Repouso				00:07	X	X	
00:05				00:08	X	X	
00:10				00:09	X	X	
00:15				00:10	X	X	
00:20				00:11	X	X	
00:25				00:12	X	X	
00:30				Epoc			
Início Esteira 00:00	X	X		00:00			
00:01	X	X		00:05			
00:02	X	X		00:10			
00:03	X	X		00:15			
00:04	X	X		00:20			
00:05	X	X		00:25			
00:06	X	X		00:30			

Fim da esteira

Tempo total: _____ Último estágio: _____ Vel: _____ Elev.: 1%

ANEXO 4

AVALIAÇÃO DO GASTO ENERGÉTICO

RECOMENDAÇÕES PRÉ-TESTE:

- Não realizar exercícios físicos 24 horas antes da avaliação;
- Fazer refeições leves no dia da avaliação;
- Estar no mínimo **4 horas** em jejum antes da avaliação
- Comparecer 15 minutos antes do horário marcado, **trajando roupa de ginástica e tênis.**

Nome: _____

Sua avaliação está agendada para: ___/___/___, dia _____ Horário: ___h___

UNESP 3229 – RAMAL 5828 – Falar com Karol