



# TREINAMENTO AERÓBIO CONTÍNUO DE INTENSIDADE MODERADA APLICADO NA ADOLESCÊNCIA ATENUA GANHO DE PESO MEDIADO POR DIETA RICA EM GORDURA EM RATOS NA VIDA ADULTA (dados preliminares)

*Guilherme Gonçalves Barbosa<sup>1</sup>; Nilton Rodrigues Teixeira Junior<sup>2</sup>; Giovanna Sachelli Peres<sup>3</sup>; Giovanna Dameto Warken<sup>4</sup>; Douglas Lopes Almeida<sup>5</sup>; Paulo César de Freitas Mathias<sup>6</sup>.*

<sup>1</sup>Acadêmico de graduação em nutrição pela UNICESUMAR; Membro do laboratório Experimental em DOHaD (LExDOHaD), [guilherme.barbosa2002@hotmail.com](mailto:guilherme.barbosa2002@hotmail.com)

<sup>2</sup>Acadêmico de doutorado em biologia celular e molecular da Universidade Estadual de Maringá; Bolsista CAPES; Membro do laboratório Experimental em DOHaD (LExDOHaD), [nilton98rodrigues@gmail.com](mailto:nilton98rodrigues@gmail.com)

<sup>3</sup>Acadêmica de mestrado em ciências fisiológicas; Bolsista CAPES; Membro do laboratório Experimental em DOHaD (LExDOHaD), [sp2001@hotmail.com](mailto:sp2001@hotmail.com)

<sup>4</sup>Academia do curso de Fisioterapia da UNICESUMAR, [warkengiovanna@gmail.com](mailto:warkengiovanna@gmail.com)

<sup>5</sup>Professor do departamento de bioquímica da Universidade Estadual de Maringá; Membro do laboratório Experimental em DOHaD (LExDOHaD), [dougalmeida84@gmail.com](mailto:dougalmeida84@gmail.com)

<sup>6</sup>Professor sênior do programa de pós-graduação em biologia celular e molecular; Coordenador do laboratório Experimental em DOHaD (LExDOHaD), [pmatias@uem.br](mailto:pmatias@uem.br)

## RESUMO

A obesidade configura-se como um dos principais desafios contemporâneos na saúde. Considerando sua causa multifatorial, o conceito DOHaD, apresenta que determinados insultos em janelas programáveis garantem alterações metabólicas persistentes até na vida adulta. Este trabalho objetivou testar se a aplicação de um método de treinamento físico contínuo de intensidade moderada, realizado na fase peripuberal (adolescência), seria capaz de reduzir o ganho ponderal, mesmo se for aplicado uma dieta rica em gordura na vida adulta. Usamos ratos da linhagem Wistar. Após o desmame (dia pós-natal 21, ou PN21) todos os animais foram pesados semanalmente, e o ganho ponderal foi a diferença do peso ao desmame. Para o treinamento, primeiramente foi realizada uma adaptação à esteira, seguida por um teste de esforço, realizado logo antes do treinamento no PN30, PN45 (15 dias de treino, para reajuste de carga) e após o treinamento nos PN60, PN90 e PN120. O treinamento consistiu num protocolo de 5 dias na semana, 40 minutos de corrida numa intensidade que progrediu de 55 a 65% da velocidade do teste de esforço. Com isso, foi possível detectar que os animais treinados apresentaram menor ganho ponderal já durante a fase do treinamento, e que este efeito foi encontrado em todas as fases da vida adulta analisadas. Inclusive, com adição da dieta rica em gordura, os animais tiveram maior ganho ponderal, entretanto os animais treinados ainda tiveram menor ganho. Portanto, é possível concluir que a aplicação de um treinamento aeróbico na adolescência faz com que o animal tenha menor ganho ponderal.

**PALAVRAS-CHAVE:** DOHaD; Exercício Físico; Metabolismo.

## 1 INTRODUÇÃO

A obesidade representa um dos maiores desafios de saúde pública na contemporaneidade, afetando tanto nações desenvolvidas quanto em desenvolvimento, impulsionada por transformações nos estilos de vida (ENES & SLATER, 2010). Além da natureza multifatorial do excesso de peso, insultos metabólicos que ocorrem durante períodos críticos do desenvolvimento neural, denominados "janelas de programação" – as quais abrangem a gestação, lactação, infância e adolescência – podem estar interligados ao desenvolvimento de sobrepeso e obesidade em fases posteriores da vida (ANDREAZZ, *et al.*, 2011; WOJTYLA, *et al.*, 2012).

Embora o conceito DOHaD tenha sido amplamente empregado para elucidar os impactos de exposições adversas, como dieta desequilibrada e poluentes, em estágios cruciais do desenvolvimento, o conhecimento sobre a influência do exercício físico nessas "janelas de programação" no contexto da obesidade e de outras condições metabólicas



permanece limitado. Apesar de o exercício físico ser amplamente reconhecido como uma ferramenta eficaz no combate à obesidade e suas comorbidades (FALUDI, 2017), sua interação com a programação metabólica durante esses períodos críticos de desenvolvimento ainda é substancialmente inexplorada.

Considerando que o treinamento físico é capaz de promover adaptações que previnem/combatem as dislipidemias e a obesidade, e que determinados estímulos em janelas programáveis podem gerar consequências na vida adulta, o presente trabalho objetivou verificar se, a aplicação de um método de treinamento aeróbio na adolescência pode promover alterações significativas e duradouras no ganho de peso corporal.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 ANIMAIS E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

Ratos machos da linhagem Wistar com 80 dias de idade (CEUA 4540040422) (n = 30) e fêmeas com 70 dias de idade (n = 60) foram obtidos do Biotério Central da Universidade Estadual de Maringá e alojados no Biotério Setorial do Laboratório Experimental em DOHaD (LExDOHaD), e mantidos sob condições padrão de luminosidade (ciclo claro/escuro de 12 horas) e temperatura ( $22^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Os animais tiveram acesso *ad libitum* à ração comercial padrão (Nuvital®, Curitiba, Brasil) e à água filtrada durante todo o período experimental. Após sete dias de adaptação, fêmeas e machos (2:1) foram colocados em gaiolas de acasalamento. As fêmeas prenhes foram mantidas em gaiolas individuais até o nascimento da prole, considerado então o dia 0 pós-natal (PN0), e ao vigésimo primeiro dia pós nascimento (PN21) a prole teve sua massa corporal registrada, depois foi desmamada e separada em novas caixas. Depois do desmame, todos os animais tiveram seu peso corporal, registrados semanalmente até o dia da eutanásia (aos PN120), e o ganho ponderal foi considerado a diferença aritmética entre o peso registrado no dia e o peso no desmame.

Vale ressaltar que, mediante à natureza deste presente trabalho em divulgar dados preliminares deste projeto, os grupos que ao fim do experimento terão número amostral n=24 animais ainda não estão completos, portanto, o presente trabalho possui em suas análises estatísticas n=8 animais por grupo.

### 2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Aos 21 dias de vida os animais desmamados foram distribuídos em grupos experimentais:

1. **Grupo RP-Sed:** Grupo alimentado com dieta controle para ratos (Nuvital®, Curitiba/PR, Brasil) ao longo de toda a vida, e que se manteve sedentário durante o período experimental.

2. **Grupo RP-Ex:** Grupo alimentado com dieta controle para ratos (Nuvital®, Curitiba/PR, Brasil) ao longo de toda a vida, e que foi submetido ao protocolo de treinamento aeróbio na adolescência.

3. **Grupo HFD-Sed:** Grupo alimentado com dieta rica em gordura (HFD) na vida adulta (90-120 dias), e que se manteve sedentário durante o período experimental.

4. **Grupo HFD-Ex:** Grupo alimentado com dieta rica em gordura (HFD) na vida adulta (90-120 dias), e que foi submetido ao protocolo de treinamento aeróbio na adolescência



## 2.3 PERÍODO DE ADAPTAÇÃO NA ESTEIRA

Previamente à aplicação do protocolo de treinamento, os animais foram submetidos por um período de adaptação na esteira (realizado no PN22 até o PN28), que foi composto por 7 sessões com carga fixa e leve (16 cm/s) e duração progressiva de 10 a 20 minutos. Após o último dia de adaptação os animais tiveram o mínimo de 48 horas de descanso antes da realização do primeiro teste de esforço e consequente prescrição das sessões de treinamento.

## 2.4 TESTE DE ESFORÇO FÍSICO MÁXIMO

Nos dias pós-natal 30 (PN30, antes do treinamento), 60 (PN60, logo após o encerramento do protocolo de treinamento), 90 e 120 (PN90 e PN120, 30 e 60 dias após o encerramento do protocolo de treinamento), foi realizado o teste de esforço físico. O teste foi conduzido em esteira ergométrica específica para roedores (Panlab<sup>®</sup>, Ribeirão Preto-SP), acoplada a um analisador de trocas gasosas (Harvard Apparatus<sup>®</sup>), seguindo protocolo adaptado (BROOKS & WHITE, 1978).

No início do teste, o animal foi colocado em esteira metabólica por 5 minutos em estado de repouso, para registros basais de trocas gasosas, na sequência, o teste tem início com um aquecimento (10 cm/s por 3 minutos), seguido pelo teste propriamente dito, onde os incrementos de carga serão de 9 cm/s a cada 3 minutos, até a exaustão. Com isso, é possível se obter a carga final de trabalho, sendo a velocidade máxima atingida no teste (CFT), com intuito de se prescrever as intensidades de esforço que caracterizem um regime de trabalho aeróbio de intensidade moderada durante a realização das sessões de treinamento.

Considera-se como parâmetro de exaustão do animal quando o mesmo: já não consegue manter ritmo na corrida, ou seja, corre somente com as patas da frente subindo as patas traseiras na grade de estímulo elétrico, não respondendo mais a este estímulo, ou quando ele sobe sobre a mesma grade e se recusa a voltar à corrida.

A partir do resultado obtido para carga CFT, mediante a realização de uma regra de 3 simples, determinar-se-á a intensidade de trabalho (velocidade) para cada sessão de treinamento.

## 2.5 TREINAMENTO AERÓBIO CONTÍNUO DE INTENSIDADE MODERADA (MICT)

Do dia pós-natal 30 (DPN30) ao 60 (DPN60), as sessões de treinamento foram realizadas em esteira ergométrica específica para roedores de pequeno porte (Panlab<sup>®</sup>, Ribeirão Preto-SP), equipada com 5 baias individuais, controle de velocidade e uma grade de estímulo elétrico leve (entre 0,2 e 0,4 mA) em uma das extremidades, com o objetivo de manter os animais na intensidade e duração prescritas.

O protocolo de treinamento foi aplicado cinco vezes por semana, sempre após as 16h, com duração total de 44 minutos por sessão. Cada sessão foi composta por 2 minutos de aquecimento (16 cm/s), 40 minutos de exercício em intensidade progressiva (55% a 65% da capacidade física total – CFT) e 2 minutos de desaquecimento (16 cm/s). O tempo e a intensidade utilizados estão de acordo com a literatura, sendo considerados ideais para favorecer a predominância das vias aeróbias de produção de energia, especialmente a mobilização de ácidos graxos como substrato energético durante o exercício (ACHTEN & JEUKENDRUP, 2003).



## 2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

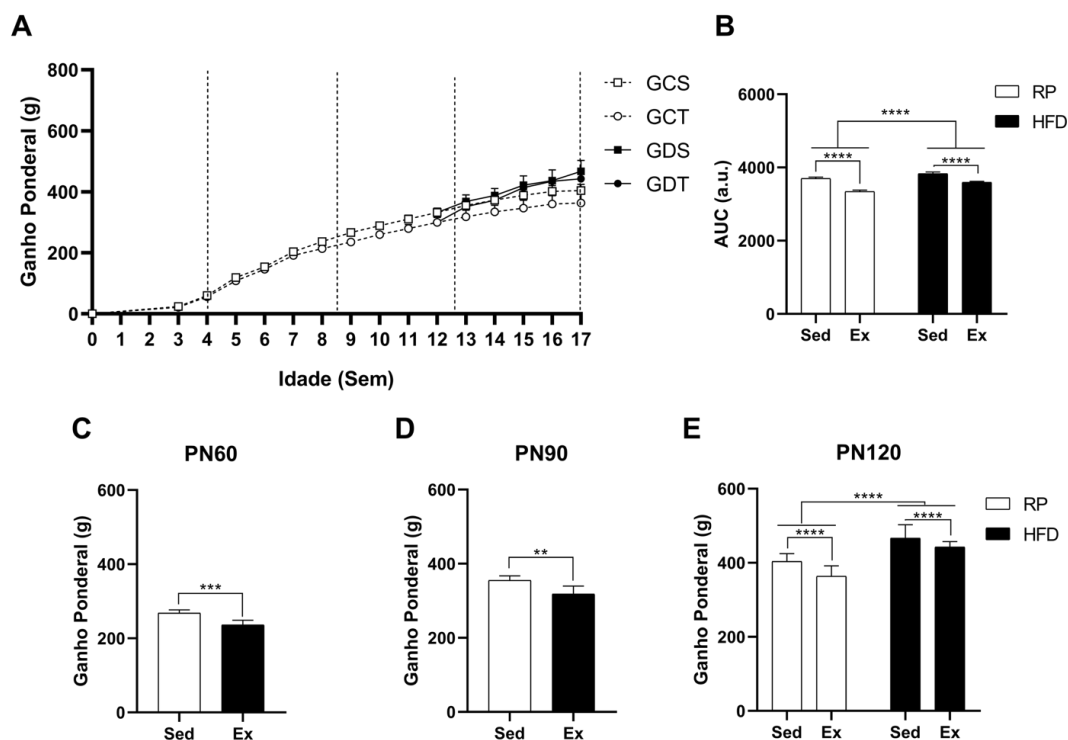
Os resultados foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão (SD). O nível de significância adotado é de  $p < 0.05$ . A análise estatística foi realizada no programa GraphPad Prism 8 (GraphPad Software, La Jolla, CA, USA), utilizando análise de variância para múltiplos fatores (ANOVA de duas vias, seguido dos pós teste de Tukey), considerando os fatores treinamento e dieta. Para observar o efeito isolado das variáveis, foi adotado o teste *t* de Student paramétrico não pareado.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste trabalho, abordaremos com mais ênfase o efeito do treinamento somado à dieta rica em gordura. Inicialmente, com os dados da figura 1B, é possível identificar que a área sob a curva ocupada pelo grupo exercitado com HFD, foi significativamente menor que o grupo sedentário também HFD (HFD-Sed  $3.831 \pm 49$  vs. HFD-Ex  $3.596 \pm 28$ ), entretanto, é possível observar que há um efeito significativo para que os animais HFD ganhem mais peso que os animais alimentados com ração padrão.

Além disso, as análises estatísticas sobre os dias PN60, PN90 mostram que o animal que treinou tem um menor ganho ponderal do que o animal que se manteve sedentário (dados discutidos em outro trabalho), ademais, no PN120 é evidente observado que o animal HDF-Ex tem um peso corporal menor que o HDF-Sed (HFD-Sed  $466 \pm 35$  vs. HFD-Ex  $442 \pm 14$ ;  $p < 0.0001$ ), mostrando que o treinamento promoveu uma programação positiva que garantiu que o animal tivesse menor ganho ponderal que seu controle sedentário. Entretanto, tal programação não protegeu os animais HFD tiveram maior ganho ponderal que o grupo ração padrão (RP-Ex  $363 \pm 28$  vs. HFD-Ex  $403 \pm 20$ )

**Figura 1** – Ganho ponderal ao longo do experimento, área sob a curva e comparações nos PN60, PN90 e PN120



Nota: Dados expressos em média  $\pm$  desvio padrão. **A** Curva de ganho ponderal medido semanalmente dos dois grupos. **B** Teste *t* de Student da área sob a curva da curva do ganho ponderal **C** Teste *t* de Student do



ganho ponderal ao PN60. **D** Teste *t* de Student do ganho ponderal ao PN90. **E** Teste *t* de Student do ganho ponderal ao PN120. \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.001$ ; \*\*\*\* =  $p < 0.0001$ .  
Fonte: Dados do meu projeto.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o conceito DOHaD, que determinados insultos em janelas programáveis pode garantir alterações metabólicas persistentes até na vida adulta. Este trabalho teve objetivo de testar se a aplicação de um método de treinamento aeróbio na adolescência, pode promover alterações positivas no ganho de peso corporal mesmo com aplicação de uma dieta rica em gordura, e se esse efeito seria mantido em outras janelas da vida do animal até a fase adulta.

Os dados sugerem que a dieta rica em gordura causou maior ganho ponderal em ambos os grupos que consumiram, entretanto, o treinamento físico promoveu uma diminuição significativa no ganho ponderal. Tal dado, sugere um possível efeito programador positivo do metabolismo do animal treinado.

Agradecemos a CAPES pelo financiamento à bolsa, ao CNPq pelo suporte financeiro, às empresas parceiras JBS e INSPAM, ao grupo LExDOHaD, ao programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Molecular (PBC-UEM) e à Universidade Estadual de Maringá.

#### REFERÊNCIAS

1. ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. Maximal fat oxidation during exercise in trained men. *International Journal of Sports Medicine*, v. 24, n. 8, p. 603–608, 2003.  
DOI: 10.1055/s-2003-43265.
2. ANDREAZZI, A. E. et al. Impaired sympathoadrenal axis function contributes to enhanced insulin secretion in prediabetic obese rats. *Experimental Diabetes Research*, v. 2011, p. 947917, 2011.
3. BROOKS, G. A.; WHITE, T. P. Determination of metabolic and heart rate responses of rats to treadmill exercise. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, v. 45, n. 6, p. 1009–1015, 1978.
4. ENES, C. C.; SLATER, B. Obesity in adolescence and its main determinants. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 13, n. 1, p. 163–171, 2010.
5. FALUDI, A. A. et al. Atualização da Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose – 2017. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 109, n. 2 Supl 1, p. 1–76, 2017.
6. WOJTYLA, A. et al. Epidemiological studies in Poland on effect of physical activity of pregnant women on the health of offspring and future generations – adaptation of the hypothesis development origin of health and diseases. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, v. 19, n. 2, p. 315–326, 2012.