

Arquivos de Ciências do ESPORTE

ISSN 2317-7136

Artigo Original

EDUFTM – Editora da Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Natação e dieta ocidentalizada: impacto na gordura visceral e preferência alimentar de ratas jovens

*Swimming and westernized diet: impact on visceral fat and food preference in young rats*João Carlos Fonseca da Silva¹, Gisélia de Santana Muniz¹, Vitória Felício Souto¹, Eryvelton de Souza Franco², Elizabeth do Nascimento^{1*}¹ Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil.² Departamento de Fisiologia e Farmacologia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil.* Autora correspondente: elizabeth.nascimento2@ufpe.br**Citação:**

Silva, J.C.F.; Muniz, G.S.; Souto, V.F.; Franco, E.S.; Nascimento, E. Natação e dieta ocidentalizada: impacto na gordura visceral e preferência alimentar de ratas jovens. *Arq. Cien. Esporte* 2025, 13, e025007.

Recebido: 09/02/2024**Aceito:** 30/08/2025**Publicado:** 30/08/2025**Prefixo DOI:** 10.18554/aces.7364**E-location ID:** e025007**Volume:** 13, 2025**Nota do Editor:**

O ACES mantém-se neutro em relação a reivindicações jurisdicionais em mapas publicados e afiliações institucionais.

Licença: CC BY-NC-ND 4.0

Copyright © 2025 pelos autores. Publicado em acesso aberto sob os termos e condições da licença Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).

Resumo:

Ingestão de dieta rica em gordura e açúcar está associada a maior incidência de doenças crônicas, tornando importante avaliar sua relação com exercício físico. Objetiva-se investigar, em ratas jovens, os efeitos da dieta ocidentalizada e/ou do exercício sobre parâmetros antropométricos, alimentares e bioquímicos. 26 ratas Wistar fêmeas recém-desmamadas foram submetidas à dieta ocidentalizada (O) ou padrão (N). Aos 22 dias de vida, iniciou-se a natação (30 min/dia, 5 vezes/semana) por 6 semanas. Os animais foram divididos em normocalórico não exercitado (NI), normocalórico exercitado (NA), ocidentalizado não exercitado (OI) e ocidentalizado exercitado (OA). A dieta ocidentalizada aumentou triglicerídeos e gordura visceral total. OA obteve redução de gordura. A dieta associou-se ao menor peso do estômago em OA e OI, e OA também apresentou menor peso hepático. No teste de preferência alimentar, OA reduziu ingestão de dieta hiperglicídica e aumentou de hiperlipídica, enquanto OI reduziu ingestão de dieta hiperlipídica. Portanto, natação e dieta ocidentalizada por 6 semanas reduzem acúmulo de gordura visceral e modificam preferência por macronutrientes em ratas.

Palavras-chave: Dieta ocidentalizada; natação; preferências alimentares.

Abstract:

High sugar and fat diet is associated with a greater incidence of chronic diseases, highlighting the importance of investigating its relationship with physical exercise. This study aimed to investigate, in young female rats, the effects of a westernized diet and/or exercise on anthropometric, dietary, and biochemical parameters. 26 newly weaned female Wistar rats were fed either a westernized diet (O) or a standard diet (N). At 22 days of age, the animals began a swimming protocol (30 min/day, 5 days/week) for 6 weeks. The animals were allocated into normocaloric non-exercised (NI), normocaloric exercised (NA), westernized non-exercised (OI) and westernized exercised (OA). The westernized diet increased triglyceride levels and total visceral fat. OA exhibited reduced visceral fat. The westernized diet was associated with lower stomach weight in both OA and OI, while OA also exhibited lower liver weight. In the food preference test, OA reduced the intake of a hyperglycemic diet and increased the intake of the hyperlipidic diet, whereas OI reduced the intake of the hyperlipidic diet. Therefore, 6 weeks of swimming exercise combined with a westernized diet reduces the visceral fat and modifies macronutrient preference in young female rats.

Keywords: Westernized diet; swimming; food preference.

1. INTRODUÇÃO

O padrão alimentar do mundo globalizado consiste em um consumo elevado de carboidratos simples, gorduras (especialmente a gordura saturada e gordura "trans"), sódio e aditivos alimentares. Este padrão alimentar é conhecido como "dieta ocidentalizada/estilo ocidental" ou "American diet", e está relacionado ao ganho excessivo de peso e comorbidades crônicas e metabólicas (Popkin, 2001) oriundas do desequilíbrio alimentar. Segundo dados de 2024 do Sistema de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doença Crônica, a frequência de sobrepeso/obesidade no Brasil já ultrapassa 60% (VIGITEL, 2025).

Em estudos experimentais, sugere-se que a proporção entre carboidratos e lipídios pode favorecer aumento de peso corporal, porém nem sempre geram alterações metabólicas. Ainda assim, a dieta ocidentalizada parece ser um bom modelo para induzir a obesidade (Bortolin et al., 2017). Repercussões adversas do acúmulo de gordura corporal e do metabolismo têm sido observadas em estudos utilizando dieta ocidentalizada. Em ratos Wistar fêmeas, o uso da dieta ocidentalizada altera tecido adiposo visceral, glicemia e lipemia de jejum, mesmo com redução da ingestão alimentar e energética (Schaalan et al., 2009).

As repercussões das inadequações dietéticas podem ser modificadas com adoção de esforços físicos regulares, especialmente aqueles de intensidades moderadas. Estes têm sido associados à preservação da massa muscular, redução dos fatores de risco cardiometabólicos relacionados à obesidade, elevado gasto energético e redução da gordura corporal (Hainer et al., 2008). O efeito lipolítico dos exercícios é prioritariamente relacionado aos exercícios de predominância aeróbia, pois favorecem a biogênese mitocondrial e a lipólise. A natação é um exemplo de exercício físico aeróbico, que tem sido incentivada como tratamento não farmacológico para controle de doenças, como a hipertensão arterial, obesidade e coronariopatias (Curi et al., 2003).

Natação de intensidade moderada realizada por ratos Sprague-Dawley machos alimentados com dieta hiperlipídica mostrou redução da adiposidade, principalmente tecido adiposo retroperitoneal e epididimal (Rocha et al., 2016). De forma similar, o esforço físico foi capaz de reverter o aumento da adiposidade corporal total, intraperitoneal e a deposição de lipídios intramusculares (especialmente no tecido conjuntivo) nos animais obesos treinados (Arrais-Lima, 2020). No entanto, vale ressaltar que ainda são escassos estudos experimentais com fêmeas, pois a diferença de sexo pode trazer respostas distintas diante dos componentes investigados.

Em função das evidências literárias, o presente estudo objetiva avaliar a resposta da composição corporal, perfil bioquímico e preferência a macronutrientes em ratas alimentadas com dieta ocidentalizada associada à atividade física aquática. Hipotetiza-se que os grupos submetidos a atividade física aquática irão alterar o peso e gordura corporal, assim como, marcadores bioquímicos sanguíneos. Destaca-se a originalidade do estudo por ter investigado esses parâmetros em ratas, visto que a maior parte da literatura utiliza os machos.

2. MÉTODOS

O estudo foi conduzido em fêmeas da linhagem *Wistar* provenientes da colônia do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Os animais foram mantidos no biotério de experimentação do Laboratório de Nutrição Experimental, com temperatura de 23 ± 1 °C, umidade relativa em torno de 55-60% e ciclo de luz invertido: claro (20:00-08:00) e escuridão (08:00-20:00). Este trabalho obteve aprovação pela Comissão de Ética em Experimentação Animal do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco (protocolo no. 23076.028444-2012-73).

Desenho experimental

Um total de 26 fêmeas recém-desmamadas (21 dias) foram aleatoriamente submetidas à dieta ocidentalizada ou padrão. A contribuição energética de macronutrientes da dieta ocidentalizada é de 19% de proteínas, 49% de carboidratos e 32% de lipídios, totalizando 4,2 kcal/g (Cavalcante et al., 2013). Já a dieta padrão, baseada na AIN-93, é de 18% de proteína, 63% de carboidratos e 19% de lipídios, totalizando 3,6

kcal/g (Reeves et al., 1993). Aos 22 dias de vida foi iniciado o protocolo de atividade física em tanque aquático. Inicialmente, as ratas foram adaptadas ao protocolo realizando 10 minutos de natação no primeiro dia e, subsequentemente, foram acrescidos 5 minutos até atingir o tempo de 30 minutos/dia (Muniz et al., 2013). Descansaram e iniciaram na segunda semana a atividade física diária de 30 minutos/dia, 5 vezes por semana, no horário de 7:30 às 8:00, durante 6 semanas. O tanque adaptado consistiu em um recipiente de alumínio (50,5 cm de diâmetro e 50,0 cm de profundidade) dotado de termostato para controle da temperatura. A água foi mantida durante todo o período a $31 \pm 2^\circ\text{C}$ e trocada diariamente. Os animais controles permaneceram no mesmo ambiente em gaiolas padrão (polietileno) para roedores com água insuficiente, sem condições de realizar a atividade física de nado livre (as patas dos animais tocavam no fundo das gaiolas) para controle do estresse aquático e da manipulação ambiental. Classificamos a atividade como aeróbica (Voltarelli et al., 2004), que considera que o limiar anaeróbico de ratos Wistar é alcançado com sobrecarga de $4,9 \pm 0,1\%$ do peso corporal. Por isso, a atividade física proposta neste trabalho tem por característica ser predominantemente aeróbica e de intensidade leve a moderada por se tratar de ratos recém-desmamados. A escolha deste protocolo foi direcionada para que se assemelhasse a uma atividade física recreativa que possa ser introduzida em fases precoces da vida (primeira infância). A partir da intervenção dietética e do protocolo de atividade física, os animais foram divididos nos seguintes grupos: NI (normocalórico, não exercitado; $n = 6$), NA (normocalórico, exercitado; $n = 6$), OI (ocidentalizado, não exercitado; $n = 6$), OA (ocidentalizado, exercitado; $n = 8$).

Medidas de peso corporal, órgãos e gordura abdominal

O peso corporal foi mensurado semanalmente. Durante todo o experimento a pesagem ocorreu entre 7:00-7:30. Foi utilizada uma balança eletrônica digital, marca Marte XL 500, classe II, capacidade máxima 500 g (menor divisão 0,001 g).

Ao final de 6 semanas da intervenção dietética e atividade física regular, após jejum prévio, realizou-se a pesagem dos animais e, em seguida, a eutanásia nos animais anestesiados com Xilazina (5 mg/kg) e Ketamina (40 mg/kg). Subsequentemente, realizou-se uma incisão mediana na cavidade abdominal e torácica nos filhotes para coleta de sangue através de punção cardíaca, e a seguir, a retirada, limpeza e pesagem da gordura visceral, coração, fígado e estômago. Para a pesagem, utilizou-se balança digital com sensibilidade de 0,001 g. Os valores absolutos dos pesos de órgãos foram relativizados a partir do peso corporal (g/100g).

Obtenção da ingestão e preferência alimentar

O consumo alimentar total e por ciclos (escuro e claro) foi avaliado durante 3 semanas consecutivas e a média por unidade amostral (2 ratas por gaiola) foi calculada para cada grupo. Para o teste agudo de preferência alimentar, as dietas foram oferecidas concomitantemente e o valor ingerido de cada uma foi calculado e avaliado através da média da ingestão de 3 dias consecutivos. O teste foi conduzido na última semana de acompanhamento experimental (animais com ± 60 dias de vida). A oferta simultânea de três tipos de dietas tinha as características de serem predominantemente hiperproteica, hiperlipídica ou hiperglicídica (Tabela 1), mas, isoenergéticas. Elas foram confeccionadas com ingredientes de acordo com a AIN-93 e eram isocalóricas entre si. Todas as três dietas foram oferecidas na mesma quantidade e seu consumo foi mensurado a cada 12 horas segundo a fase escura (08:00-20:00) ou clara (20:00-08:00) do ciclo 24h, obtendo-se a média da ingestão por fase de ciclo de cada dieta. Este controle permitiu calcular o total ingerido por fase (clara ou escura) e, em 24h, e o cálculo da quantidade de macronutrientes por grupo.

Tabela 1. Composição de macronutrientes segundo o Valor Energético Total (VET) das dietas utilizadas de forma aguda no teste de preferência alimentar.

Dieta	Proteínas (%)	Carboidratos (%)	Lipídios (%)	Kcal/g
Hiperproteica	35	53	12	3,3
Hiperglicídica	14	72	14	3,4
Hiperlipídica	14	50	36	3,9

Os cálculos da composição centesimal foram baseados nas informações nutricionais enviadas pela empresa fornecedora dos produtos e na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO). A composição seguiu o padrão da AIN-93 com respectivas alterações de macronutrientes totais.

Perfil bioquímico

As amostras de sangue foram centrifugadas a 1048 x g por 20 min. O soro foi transferido para um tubo de eppendorf e armazenado no freezer a -20°C para análise bioquímica posterior: glicose, colesterol total, fração lipoprotéica de alta densidade (HDL-C), fração lipoproteica de baixa densidade (LDL-C), triglicerídeos, ureia, ácido úrico. A análise foi realizada com uso dos kits reagentes (BIOSYSTEMS) com auxílio de equipamento automático (Analisador Bioquímico A15, Biosystems®, Espanha). A equação de Friedewald foi aplicada para estimar o nível plasmático de LDL-C e a fração lipoproteica de colesterol de muito baixa densidade (VLDL-C) (Friedewald et al., 1972).

Análise estatística

Para fins estatísticos foi considerada a significância de 5%. A avaliação da homogeneidade foi realizada através do teste de Shapiro-Wilk. Para comparações múltiplas entre os grupos, foi utilizada a análise de variância (ANOVA) *one-way*. Para as medidas de interação entre dois fatores, foi usado o teste *two-way* ANOVA com medidas repetidas (RM ANOVA). Quando detectada diferença entre os grupos, foi utilizado o pós-teste de Tukey ou o de Bonferroni. Os dados estão expressos em média $\pm$ desvio-padrão da média e foram analisados pelo programa estatístico GraphPad Prism 8.0.

3. RESULTADOS

A evolução ponderal dos grupos ao longo do período experimental é mostrada na Figura 1, em que não se observa influência da dieta ou da prática do exercício aquático sobre mudança de peso entre os grupos.

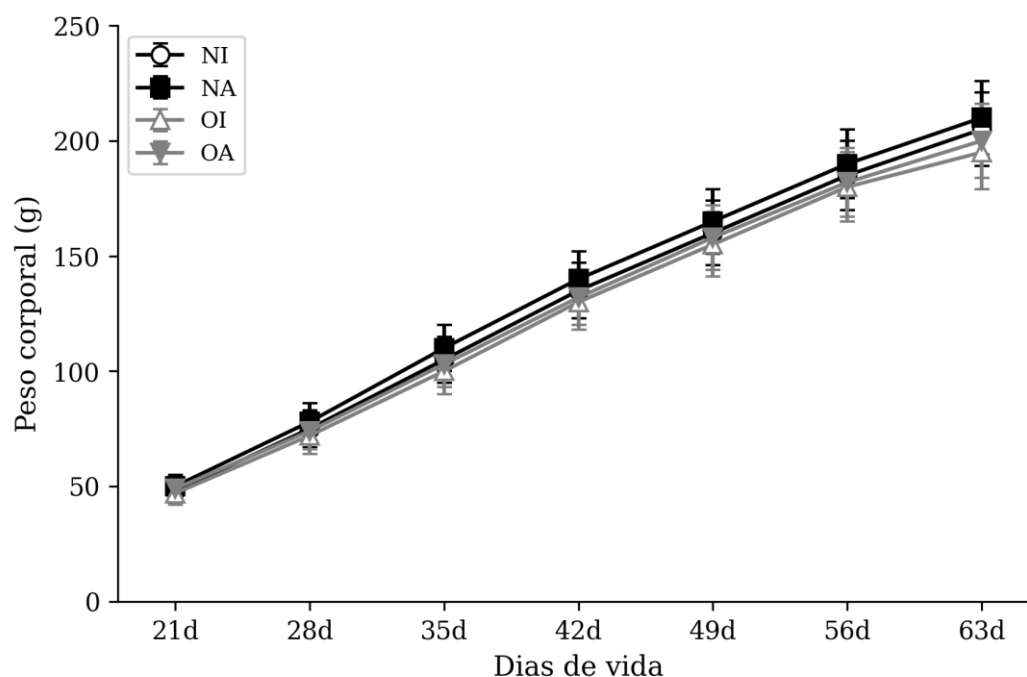


Figura 1. Evolução ponderal de fêmeas submetidas ou não a atividade física de natação em uso de dieta ocidentalizada. Grupos (NI = normocalórico, não exercitado; NA = normocalórico, exercitado; OI = ocidentalizado, não exercitado; OA = ocidentalizado, exercitado). Teste ANOVA two-way de medidas repetidas, $p > 0,05$ ($n = 6-8$ por grupo).

O efeito da dieta no grupo OI sobre o peso do estômago (redução de 20%) e da gordura visceral (70% acima dos animais com dieta padrão) mostrou-se bem evidente. Contudo, também foi notório o efeito do exercício aquático na redução da gordura visceral no grupo ocidentalizado (OA), mas não se observa este mesmo efeito em relação aos animais da dieta padrão. A atividade física também foi capaz de reduzir a massa hepática nos animais alimentados com dieta ocidentalizada (Tabela 2). Quanto ao coração, não se observou alteração na massa relativa, nem em função da dieta, e nem da atividade física.

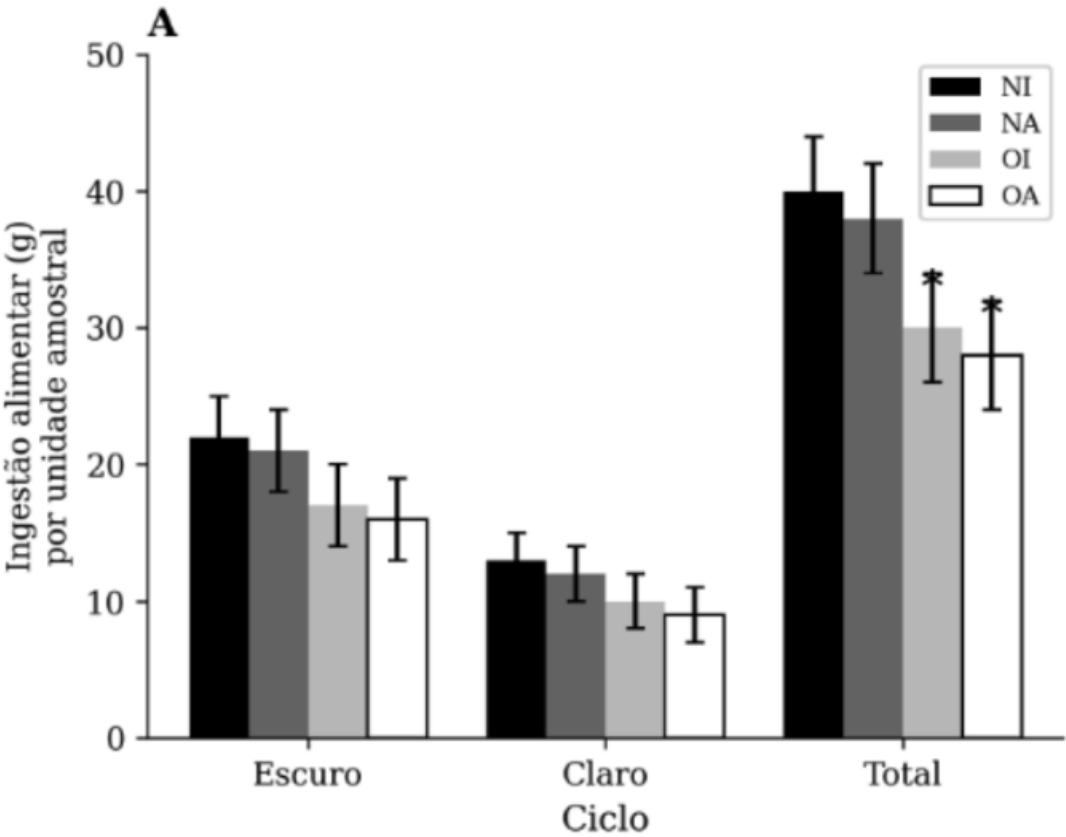
Tabela 2. Peso de órgãos úmidos e gordura visceral de ratas jovens alimentadas com dieta ocidentalizada e submetidas ou não ao exercício físico aquático.

Variável (g/100g)	NI (n = 6)	NA (n = 6)	OI (n = 6)	OA (n = 8)
Coração	0,40 ± 0,02	0,42 ± 0,05	0,41 ± 0,04	0,40 ± 0,03
Fígado	4,13 ± 0,33	4,05 ± 0,26	4,22 ± 0,34	3,70 ± 0,23*#‡
Estômago	0,72 ± 0,05	0,67 ± 0,07	0,57 ± 0,05*#	0,59 ± 0,06*#
Gordura visceral total	1,72 ± 0,31	1,69 ± 0,39	2,97 ± 0,58*#	1,56 ± 0,35‡

As comparações foram realizadas entre os grupos com a mesma dieta (NA x NI; OI x OA) e entre os grupos que realizaram atividade física (NA x OA). Todos os grupos também foram comparados com o grupo controle (NI). #vs. OI ; *vs. NI; ‡vs. NA. Teste ANOVA one-way seguido pelo pós-teste de Tukey.

A Figura 2A evidencia a ingestão total de dieta por unidade amostral (cada unidade era composta por 2 ratas por gaiola), assim como, em função da fase escura e clara do ciclo 24h. Na Figura 2A não houve diferenças por ciclo. Porém, no total ingerido, as fêmeas alimentadas com dieta ocidentalizada, independente da atividade física, apresentaram consumo alimentar 25% menor que as fêmeas do grupo controle.

Ao se ofertar, concomitantemente, as 3 dietas (predominantemente hiperglicídica, hiperlipídica e hiperproteica), observou-se que o grupo exercitado ocidentalizado reduziu a ingestão total independente da composição da dieta (Figura 2B). Ao investigar o consumo agudo de cada dieta para determinar a preferência alimentar, identificou-se que não havia diferença entre os grupos no que se refere à ingestão de dieta hiperproteica. A ingestão de dieta hiperglicídica foi reduzida no grupo OA comparada ao OI, mas observou-se maior ingestão de dieta hiperlipídica, e ausência de diferença em comparação ao grupo NI ou NA. O grupo OI também ingeriu menos dieta hiperlipídica que o NI, e o grupo OA, mais que o OI. O conjunto dos achados demonstra que o exercício atuou na redução total da ingestão e que o grupo com dieta ocidentalizada priorizou a dieta hiperlipídica em detrimento da hiperglicídica e foi o grupo com menor ingestão total comparado aos demais.



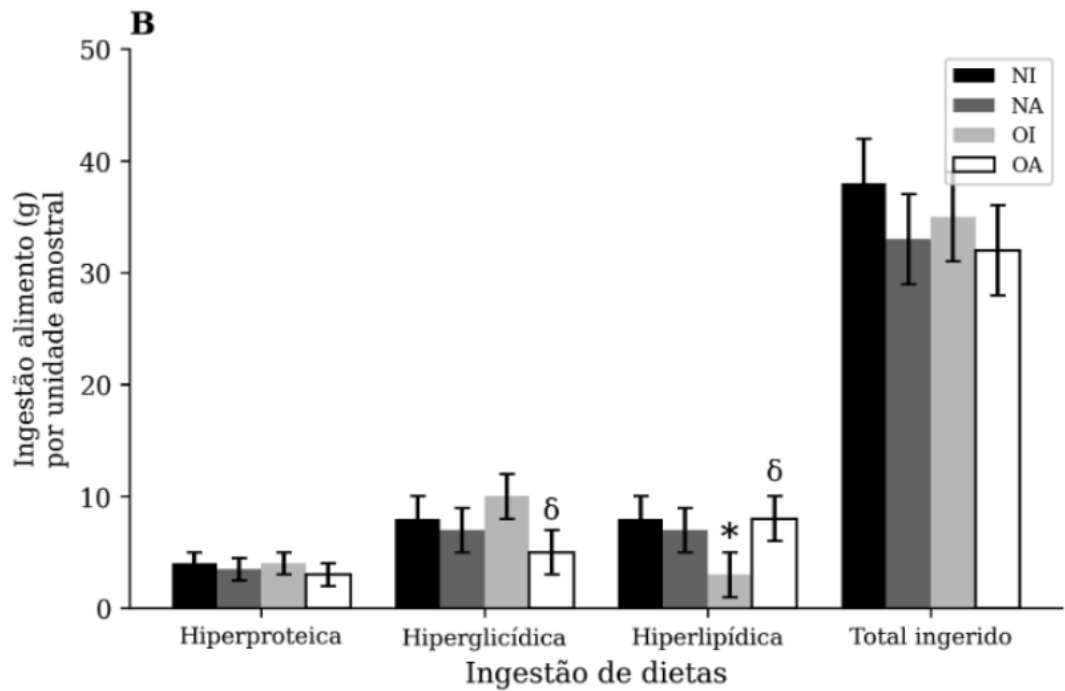


Figura 2. Ingestão média total (g/dia) e por ciclo escuro e claro das dietas experimentais (A) e do teste de preferência por dieta segundo a quantidade de macronutriente (B) em ratas submetidas ou não à atividade física aquática e a dieta ocidentalizada. Grupos (NI = normocalórico, não exercitado; NA = normocalórico, exercitado; OI = ocidentalizado, não exercitado; OA = ocidentalizado, exercitado). *vs. NI; ^δvs. OI. *p* < 0,05. Teste ANOVA *one-way* seguido do pós-teste de Tukey (A) e ANOVA *two-way* seguido do pós-teste de Tukey (B) (n = 6-8 por grupo).

A ingestão da dieta ocidentalizada por fêmeas não modificou a maioria dos parâmetros bioquímicos elegíveis, com exceção dos níveis de triglicerídeos e VLDL-C, independente da atividade física; e no grupo ativo, ainda se observou aumento nos níveis de ácido úrico. No grupo alimentado com dieta padrão nenhum efeito da atividade física foi observado (Tabela 3).

Tabela 3. Variáveis bioquímicas de ratas exercitadas e não exercitadas alimentadas com dieta padrão ou ocidentalizada.

Variável	NI (n = 6)	NA (n = 6)	OI (n = 6)	OA (n = 8)
Glicose (mg/dL)	105,8 ± 11,2	118,3 ± 21,1	109,2 ± 14,1	117,1 ± 19,1
Colesterol total (mg/dL)	62,3 ± 12,1	55,3 ± 8,3	64,6 ± 9,1	63,1 ± 8,3
HDLc (mg/dL)	30,5 ± 3,8	28,8 ± 5,0	28,3 ± 4,2	28,1 ± 3,5
LDLc (mg/dL)	19,1 ± 9,3	14,2 ± 5,2	15,2 ± 3,2	13,1 ± 3,1
VLDLc (mg/dL)	12,7 ± 2,7	12,3 ± 2,1	21,1 ± 5,9*#	21,9 ± 5,1*#
Triglicerídeos (mg/dL)	63,6 ± 13,7	61,7 ± 10,4	105,5 ± 29,7*#	109,5 ± 25,4*#
Ureia (mg/dL)	45,2 ± 5,1	42,5 ± 5,1	42,3 ± 6,2	45,2 ± 6,3
Ácido úrico (mg/dL)	1,3 ± 0,5	1,4 ± 0,3	1,5 ± 0,5	2,1 ± 0,6*#‡

NI = normocalórico, não exercitado; NA = normocalórico, exercitado; OI = obeso, não exercitado; OA = obeso exercitado. Cada grupo foi composto por 6 a 8 animais. *vs. NI; #vs. NA; ‡vs. OI.

4. DISCUSSÃO

A velocidade de crescimento entre machos e fêmeas ocorre de forma diferente, como visto ao comparar ganho de peso corporal (Cossio-Bolaños et al., 2013). Aos 60 dias, as fêmeas do presente estudo apresentavam peso corporal em torno de 200 g, enquanto machos na mesma idade possuíam peso corporal com mais de 300 g, indicando um ritmo de crescimento mais acelerado na mesma idade temporal. Tal diferença na velocidade de ganho de peso entre sexos pode implicar em menor resposta à intervenção da dieta. Estudo pioneiro em avaliar a resposta de machos e fêmeas ao hormônio do crescimento comprovou que o ganho de peso corporal até a idade de 60 dias é gênero-responsiva (Lama et al., 1998), o que pode justificar a inobservância de diferenças de pesos corporais em fêmeas alimentadas com dieta ocidentalizada.

O ganho de peso corporal em ratos alimentados com dietas elevadas em gordura e submetidos ao exercício físico não é unânime na literatura. Estudo realizado com ratos *Wistar* machos alimentados com dieta palatável constatou que o exercício da natação por 8 semanas atenuou ganho de peso, de massa adiposa, de triglicerídeos e níveis de insulina e leptina (Estadella et al., 2004). Em contraste, um estudo realizado com ratos *Wistar* machos alimentados com dieta rica em lipídeos e submetidos a um protocolo de natação contínuo durante 8 semanas não mostrou diferenças de peso entre os grupos quando realizado de forma intermitente (Sene-Fiorese et al., 2008). Estes achados reforçam a ideia de que, tanto o protocolo do exercício utilizado, quanto o tempo em que este é realizado, podem modular os efeitos fisiometabólicos sobre massa corporal. Somado ao protocolo de atividade física, agregam-se condições dietéticas e diferença de sexo, que podem ocasionar desfechos distintos.

A ingestão de dieta ocidentalizada aumentou a gordura visceral, pois, mesmo com consumo menor, essa dieta possui maior densidade energética, o que contribui para maior eficiência metabólica apesar da ingestão calórica semelhante. Portanto, a composição de ácidos graxos dietéticos e o percentual de contribuição de carboidrato simples para as calorias totais devem ser considerados. A dieta ofertada possui maior teor de gordura saturada. Estudo prévio demonstrou que diferentes fontes de lipídios causam aumento do peso e gordura corporal (Jen et al., 2003), bem como a densidade energética tem mostrado impactar no processo sacietogênico, evidente nas dietas com alto teor de gordura, como também mostra a literatura (Speretta et al., 2012).

Os grupos alimentados com dieta ocidentalizada exibiram menor ingestão alimentar e tamanho do estômago. A conexão trato gastrointestinal e cérebro no controle da ingestão alimentar é integrada por mecanismos que vão desde sinais intracelulares de energia, com liberação de peptídeos orexígenos e anorexígenos, até a distensão gástrica (Suarez et al., 2020). O menor peso relativo observado no estômago dos animais que ingeriram dieta ocidentalizada provavelmente está associado à menor ingestão alimentar e à baixa aquisição de fibras pela dieta, o que diminui o desenvolvimento da musculatura gástrica (Weickert & Pfeiffer, 2008). Por outro lado, é importante lembrar que o tamanho do estômago é importante no mecanismo de saciedade e sua redução por cirurgia limitando a quantidade de alimento ingerido tem benefícios comprovados (Martín et al., 2012).

Porém, mesmo com menor ingestão de ração e consumo calórico semelhante, as ratas alimentadas com dieta ocidentalizada apresentaram cerca de 80% a mais de gordura visceral do que as ratas controles. Interessantemente, as ratas alimentadas com dieta ocidentalizada que realizaram esforço físico mostraram-se sem diferenças das alimentadas com dieta padrão e mostraram menor ingestão que a do grupo alimentado com dieta ocidentalizada que não se exercitou. Existem diversos mecanismos que podem embasar os resultados obtidos; estes vão desde a composição e qualidade dos macronutrientes da dieta (Luz et al., 2018) aos relacionados com a descarga hormonal promovida pela atividade física, ou ainda, em função do sexo.

A dieta também causou o aumento de TG e VLDL-C, que indicam nova lipogênese hepática, estimulada por excesso de açúcares e gorduras. Este achado mostra-se coerente com a proporção de gordura e açúcares simples da dieta ocidentalizada ofertada, culminando com aumento da adiposidade central. O exercício, por sua vez, não modificou os valores glicêmicos ou lipêmicos no grupo alimentado com dieta padrão, mas aumentou os valores de triglicerídeos no grupo com dieta ocidentalizada exercitado ou não comparado aos demais grupos. O exercício é um estimulador do sistema nervoso simpático e, conseqüentemente, da liberação de catecolaminas, as quais possuem elevado número de receptores no tecido adiposo visceral (Sipe et al., 2017), pode levar ao aumento de triglicerídeos circulantes, tanto pelo fator dietético, quanto pela estimulação adrenérgica. Esta condição vem de encontro aos achados da hipertrigliceridemia observada nas ratas alimentadas com dieta ocidentalizada e exercitadas.

A relação da dieta elevada em gordura com aumento de ácido úrico se associa ao incremento de corpos cetônicos, e estes podem competir com o ácido úrico no *clearance* renal (Sipe et al., 2017). Neste estudo, apenas o grupo de ratas OA mostrou elevação da excreção de ácido úrico, descartando aumento por dieta. Por

outro lado, o exercício físico pode levar a uma condição de isquemia no músculo esquelético, com acúmulo de inosina monofosfato (IMP), que pode seguir uma via secundária com produção de hipoxantina, xantina, ácido úrico, culminando com estresse oxidativo (Parke, 1991). Ademais, o consumo de dieta hiperlipídica está relacionado com aumento de marcadores do estresse oxidativo e destes com a produção de ácido úrico (Liu et al., 2021). Este conjunto de fatores podem em parte explicar o aumento de ácido úrico encontrado no grupo OA.

Já o teste de preferência alimentar analisou se a dieta associada à prática da natação modificaria a preferência a dietas com predominância de macronutrientes (hiperglicídica, hiperlipídica e hiperproteica). Sabe-se que, quando ofertadas isoladamente, a preferência de macronutrientes entre machos e fêmeas é diferente, com maior ingestão de proteínas nas fêmeas e maior ingestão de gorduras nos machos (Leibowitz et al., 1991). Nenhuma alteração na preferência foi observada no grupo exercitado alimentado com dieta controle. Em contrapartida, nos grupos alimentados com dieta ocidentalizada foi observada uma maior preferência por dieta elevada em lipídios e menor ingestão de dieta elevada em carboidrato no grupo exercitado. Os lipídios tornam-se os substratos preferidos para atividades aeróbias ou de longa duração. Assim, sugere-se que, no sexo feminino e a partir do protocolo de esforço físico utilizado, a concomitância do exercício com a dieta ocidentalizada alterou a preferência por macronutrientes, mas não se observa o mesmo padrão para o grupo alimentado com dieta padrão, o que pode sugerir uma remodelação no uso dos substratos energéticos em função da dieta usada cronicamente.

5. CONCLUSÃO

O estudo evidenciou que ratas fêmeas respondem de forma diferente dos machos a uma dieta elevada em gorduras com fins de induzir obesidade corporal durante a juventude. Entretanto, a dieta ocidentalizada foi capaz de induzir acúmulo de gordura visceral e hipertrigliceridemia. Além disso, o protocolo de atividade física não mostrou nenhuma interferência nos parâmetros avaliados no grupo controle, contrariando nossa hipótese. Por outro lado, reduziu a gordura visceral e alterou a preferência para uma dieta elevada em lipídios comparado ao grupo inativo com a mesma dieta ocidentalizada. Esta preferência pode estar relacionada com a maior necessidade energética ou, ainda, pelo fato de quando a dieta é hiperlipídica, os lipídios passam a contribuir de forma mais acentuada como combustível energético.

6. CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES (CREDIT)

J.C.F.S.: Conceituação, Investigação, Metodologia, Visualização, Escrita – versão inicial, Escrita – revisão e edição.

G.S.M.: Investigação, Metodologia, Validação, Visualização, Escrita – revisão e edição.

V.F.S.: Metodologia, Visualização, Escrita – revisão e edição.

E.S.F.: Metodologia, Visualização, Escrita – revisão e edição.

E.N.: Conceituação, Curadoria de dados, Análise formal, Recursos, Investigação, Metodologia, Administração do projeto, Recursos, Supervisão, Validação, Visualização, Escrita – versão inicial, Escrita – revisão e edição.

7. CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

8. FINANCIAMENTO

Não houve financiamento externo para esta pesquisa.

9. APROVAÇÃO ÉTICA

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Experimentação Animal do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco (protocolo no. 23076.028444-2012-73).

REFERÊNCIAS

- Arrais-Lima, C. (2020). Análise das alterações musculares de ratos obesos frente a intervenção do exercício de natação – um estudo envolvendo a composição corporal, morfologia muscular e citocinas circulantes. [Dissertação de Doutorado]. Universidade Federal de São Carlos.
- Bortolin, R. C., Vargas, A. R., Gasparotto, J., Chaves, P. R., Schnorr, C., Martinello, K. D. B., et al. (2017). A new animal diet based on human Western diet is a robust diet-induced obesity model: comparison to high-fat and cafeteria diets in term of metabolic and gut microbiota disruption. *International Journal of Obesity*, 42(3), 525-534.
- Cavalcante, T. C. F., Silva, J. M. L., Silva, A. A. M., Muniz, G. S., Neto, L. M. L., Souza, S. L., et al. (2013). Effects of a westernized diet on the reflexes and physical maturation of male rat offspring during the perinatal period. *Lipids*, 48(11), 1157-1168.
- Cossio-Bolaños, M., Campos, R. G., Vitoria, R. V., Fogaça, R. T. H., & Arruda, M. (2013). Curvas de referencia para valorar el crecimiento físico de ratas. *Nutrición Hospitalaria*, 28(6), 2151-2156.
- Curi, R., Lagranha, C. J., Junior, C. R. G., Pithon-Curi, T. C., Junior, A. H. L., Pellegrinotti, I. L., et al. (2003). Ciclo de Krebs como fator limitante na utilização de ácidos graxos durante o exercício aeróbico. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, 47(2), 135-143.
- Estadella, D., Oyama, L. M., Dâmaso, A. R., Ribeiro, E. B., & Nascimento, C. M. O. (2004). Effect of palatable hyperlipidic diet on lipid metabolism of sedentary and exercised rats. *Nutrition*, 20(2), 218-224.
- Friedewald, W. T., Levy, R. I., & Fredrickson, D. S. (1972). Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, 18(6), 499-502.
- Hainer, V., Toplak, H., & Mitrakou, A. (2008). Treatment modalities of obesity: what fits whom? *Diabetes Care*, 31(2), 269-277.
- Jen, K. L. C., Buison, A., Pellizzon, M., Ordiz, F., Santa Ana, L., & Brown, J. (2003). Differential Effects of Fatty Acids and Exercise on Body Weight Regulation and Metabolism in Female Wistar Rats. *Experimental Biology and Medicine*, 228(7), 843-849.
- Lama, M. A. R., Perez-Romero, A., Ariznavarreta, M. C., Hermanussen, M., & Tresguerres, J. A. F. (1998). Periodic growth in rats. *Annals of Human Biology*, 25(5), 441-451.
- Leibowitz, S. F., Lucas, D. J., Leibowitz, K. L., & Jhanwar, Y. S. (1991). Developmental patterns of macronutrient intake in female and male rats from weaning to maturity. *Physiology & Behavior*, 50(6), 1167-1174.
- Liu, N., Xu, H., Sun, Q., Yu, X., Chen, W., Wei, H., et al. (2021). The role of oxidative stress in hyperuricemia and xanthine oxidoreductase (XOR) inhibitors. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2021(1), 1-15.
- Luz, A. B. S., Santos, F. J. B., Salviano, B. D. P. D., Aguiar, A. J. F. C., Pinheiro, L. G. S. D., Krause, M. F. D., et al. (2018). Adipocytes and intestinal epithelium dysfunctions linking obesity to inflammation induced by high glycemic index pellet-diet in Wistar rats. *Bioscience Reports*, 38(3), 1-15.
- Martín, M., Burrell, M. A., Gómez-Ambrosi, J., Valentí, V., Bueno, A., Ramírez, B., et al. (2012). Short-and long-term changes in gastric morphology and histopathology following sleeve gastrectomy in diet-induced obese rats. *Obesity Surgery*, 22(4), 634-640.
- Muniz, G. S., Silva, A. M., Cavalcante, T. C., França, A. K. S., Ferraz, K. M., & Nascimento, E. (2013). Early physical activity minimizes the adverse effects of a low-energy diet on growth and development parameters. *Nutritional Neuroscience*, 16(3), 113-124.
- Parke, D. V. (1991). Free radicals in biology and medicine. *FEBS Letters*, 284(1), 135-136.
- Popkin, B. M. (2001). The nutrition transition and obesity in the developing world. *The Journal of Nutrition*, 131(3), 871-873.
- Reeves, P. G., Nielsen, F. H., & Fahey, G. C. J. (1993). AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *The Journal of Nutrition*, 123(11), 1939-1951.
- Rocha, G. L., Crisp, A. H., Oliveira, M. R. M., Silva, C. A., Silva, J. O., Duarte, A. C. G. O., et al. (2016). Effect of High Intensity Interval and Continuous Swimming Training on Body Mass Adiposity Level and Serum Parameters in High-Fat Diet Fed Rats. *The Scientific World Journal*, 2016(1), 1-8.
- Schaalan, M., El-Abhar, H. S., Barakat, M., & El-Denshary, E. S. (2009). Westernized-like-diet-fed rats: effect on glucose homeostasis, lipid profile, and adipocyte hormones and their modulation by rosiglitazone and glimepiride. *Journal of Diabetes and its Complications*, 23(3), 199-208.
- Sene-Fiorese, M., Duarte, F. O., Scarmagnani, F. R. R., Cheik, N. C., Manzoni, M. S. J., Nonaka, K. O., et al. (2008). Efficiency of intermittent exercise on adiposity and fatty liver in rats fed with high-fat diet. *Obesity*, 16(10), 2217-2222.
- Sipe, L. M., Yang, C., Ephrem, J., Garren, E., Hirsh, J., & Deppmann, C. D. (2017). Differential sympathetic outflow to adipose depots is required for visceral fat loss in response to calorie restriction. *Nutrition & Diabetes*, 7(4), 260.

- Speretta, G. F., Rosante, M. C., Duarte, F. O., Leite, R. D., Lino, A. D., Andre, R. A., et al. (2012). The effects of exercise modalities on adiposity in obese rats. *Clinics*, 67(12), 1469-1477.
- Suarez, A. N., Liu, C. M., Cortella, A. M., Noble, E. E., & Kanoski, S. E. (2020). Ghrelin and Orexin Interact to Increase Meal Size Through a Descending Hippocampus to Hindbrain Signaling Pathway. *Biological Psychiatry*, 87(11), 1001-1011.
- VIGITEL. (2025). Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/vigitel/vigitel-brasil-2006-2024.pdf>.
- Voltarelli, F. A., Mello, M. A. R., & Gobatto, C. A. (2004). Glicogênio muscular e limiar anaeróbio determinado em ratos durante a natação. *Motriz*, 10(1), 25-30.
- Weickert, M. O., & Pfeiffer, A. F. H. (2008). Metabolic Effects of Dietary Fiber Consumption and Prevention of Diabetes. *The Journal of Nutrition*, 138(3), 439-442.