



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS**



**LUANA GIANECHINI SENRA**

**EFEITOS DO ESPAÇO HABITACIONAL SOBRE AS  
CAPACIDADES AERÓBIA E ANAERÓBIA, TEMPERATURA  
CORPORAL E ATIVIDADE FÍSICA ESPONTÂNEA DE  
CAMUNDONGOS**

Limeira  
2022



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



LUANA GIANECHINI SENRA

**EFEITOS DO ESPAÇO HABITACIONAL SOBRE AS  
CAPACIDADES AERÓBIA E ANAERÓBIA, TEMPERATURA  
CORPORAL E ATIVIDADE FÍSICA ESPONTÂNEA DE  
CAMUNDONGOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências do Esporte à Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto

Coorientador: Prof. Dr. Pedro Paulo Menezes Scariot

Limeira  
2022

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas  
Ana Luiza Clemente de Abreu Valério - CRB 8/10669

Se59e Senra, Luana Gianechini, 1998-  
Efeitos do espaço habitacional sobre as capacidades aeróbia e anaeróbia, temperatura corporal e atividade física espontânea de camundongos / Luana Gianechini Senra. – Limeira, SP : [s.n.], 2022.

Orientador: Claudio Alexandre Gobatto.  
Coorientador: Pedro Paulo Menezes Scariot.  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Velocidade crítica. 2. Máxima capacidade aeróbia. 3. Termografia. I. Gobatto, Claudio Alexandre, 1964-. II. Scariot, Pedro Paulo Menezes, 1989-. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. IV. Título.

Informações adicionais, complementares

**Título em outro idioma:** Effects of habitational space on aerobic and anaerobic capacities, body temperature and spontaneous physical activity of mice

**Palavras-chave em inglês:**

Critical speed

Maximal oxygen uptake

Thermography

**Titulação:** Bacharel em Ciências do Esporte

**Banca examinadora:**

Emanuel Elias Camolese Polisel

**Data de entrega do trabalho definitivo:** 12-12-2022

**Autor:** Luana Gianechini Senra

**Título:** EFEITOS DO ESPAÇO HABITACIONAL SOBRE AS CAPACIDADES AERÓBIA E ANAERÓBIA, TEMPERATURA CORPORAL E ATIVIDADE FÍSICA ESPONTÂNEA DE CAMUNDONGOS

**Natureza:** Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências do Esporte

**Instituição:** Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas

**Aprovado em:** 12/12/2022.

**BANCA EXAMINADORA**



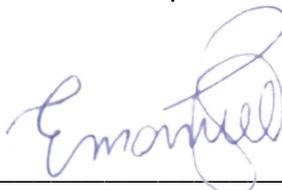
---

Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto – Presidente  
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)



---

Prof. Dr. Pedro Paulo Menezes Scariot – Coorientador  
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)



---

Prof. Me. Emanuel Elias Camolese Polisel – Avaliador  
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Este exemplar corresponde à versão final da monografia aprovada.



---

Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto  
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por me dar a oportunidade de chegar até aqui. Durante o período da minha graduação, o mundo passou por um momento pandêmico com a COVID-19 e mesmo com as adversidades e dificuldades consegui concluir com êxito o meu Trabalho de Conclusão de Curso. Agradeço a minha família por sempre estar ao meu lado me apoiando e me incentivando, principalmente minha mãe, Luciane Senra e minha tia Cibele Gianechini. Agradeço aos professores Claudio e Fulvia Gobatto que abriram as portas do Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte (LFAFE) para mim, sempre dispostos a ajudar e me dando ferramentas que me fizeram crescer, aprender e chegar até esse momento. Agradeço meu coorientador Pedro Scariot, que esteve presente em todas as etapas, me ensinando, corrigindo e sendo parte essencial para o sucesso do trabalho. Agradeço todos os integrantes do LFAFE, por toda ajuda e principalmente o Juan Orsi que teve grande participação na reforma da Gaiola de Grande Dimensão e a Paula Érika que sempre esteve ao meu lado e me ajudou na mensuração da temperatura corporal dos camundongos. Agradeço também meus amigos e meu namorado Luccas, que me apoiaram em todas as etapas.

SENRA, Luana Gianechini. EFEITOS DO ESPAÇO HABITACIONAL SOBRE AS CAPACIDADES AERÓBIA E ANAERÓBIA, TEMPERATURA CORPORAL E ATIVIDADE FÍSICA ESPONTÂNEA DE CAMUNDONGOS. 2022. nºf. 26. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências do Esporte) – Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas. Limeira, 2022.

## RESUMO

As capacidades aeróbia e anaeróbia apresentam importante redução ao longo da vida, o que deve estar relacionado ao declínio da atividade física espontânea (AFE). Modelo envolvendo roedores alojados em diferentes condições de gaiola tem se mostrado efetivo para modular a AFE, gerando grupos de animais mais ou menos ativos. Entretanto, um acompanhamento longitudinal (ao longo de diferentes etapas da vida) que possa considerar as adaptações aeróbias, anaeróbias e ajustes internos, como a temperatura corporal, é necessário para melhor elucidar diferentes modulações frente a distintas condições ambientais. Desse modo, o objetivo geral do estudo foi investigar os efeitos do espaço habitacional sobre as capacidades aeróbia e anaeróbia, temperatura corporal e atividade física espontânea em camundongos após quatro e oito semanas de intervenção. Para isso, 20 camundongos C57BL/6J recém desmamados foram aleatoriamente separados em 2 grupos, sendo um deles composto por animais alojados em gaiola de pequena dimensão (GPD, área de solo de 1.320 cm<sup>2</sup>) e outro em gaiola de grande dimensão (GGD, área de solo de 4.800 cm<sup>2</sup>). Os animais foram adaptados por um período de três dias ao exercício de corrida em esteira rolante e, posteriormente, submetidos ao protocolo de velocidade crítica (Vcrit, quatro sessões de exercício contínuo até a exaustão) para avaliação das capacidades aeróbia e anaeróbia. A AFE realizada pelos animais alojados em ambos os espaços foi continuamente monitorada ao longo do período experimental, sendo os dados agrupados a cada semana. Registros termográficos individuais foram realizados no início do experimento, com os animais em repouso em gaiola de pequena dimensão para se obter padronização de procedimentos das imagens termográficas. Na 8ª semana, animais vivendo em GGD exibiram maior Vcrit (20,4±0,8 m.min<sup>-1</sup>) em comparação aos animais mantidos em GPD (18,0±0,8 m.min<sup>-1</sup>). A AFE (em unidades arbitrárias) diária foi significativamente maior para os animais mantidos em GGD tanto na 4ª semana (426,9±21,1) como na 8ª semana (357,5±13,2) em comparação aos animais mantidos em GPD (4ª semana: 240,2±13,8 e 8ª semana: 274,6±6,6). Com relação as análises termográficas, a temperatura média da cauda dos camundongos em repouso foi significativamente menor (33,3±1,3°C) quando comparada com a temperatura da cabeça (36,3±1,1°C), tórax (36,3±1,0°C) e membros inferiores (35,9±1,1°C). A partir dos resultados é possível concluir que o espaço habitacional é um modulador da AFE e que tem impactos sobre as adaptações aeróbias pelo aumento da Vcrit. Por meio desse estudo pretendeu-se avançar o conhecimento sobre os impactos do espaço habitacional disponibilizado já nas primeiras fases da vida sobre as adaptações aeróbias, anaeróbias e temperatura corporal.

**Palavras-chave:** Alojamento. Velocidade crítica. Capacidade de corrida anaeróbia. Termografia. Corrida em esteira rolante.

SENRA, Luana Gianechini. EFFECTS OF HABITATIONAL SPACE ON AEROBIC AND ANAEROBIC CAPACITIES, BODY TEMPERATURE AND SPONTANEOUS PHYSICAL ACTIVITY OF MICE. 2022. nº. 26. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências do Esporte) – Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas. Limeira, 2022.

### ABSTRACT

The aerobic and anaerobic capacities are reduced throughout life, which must be related to the decline in Spontaneous Physical Activity (SPA). A model involving rodents housed in different cage conditions has been shown to be effective in modulating SPA, generating groups of more or less active animals. However, a longitudinal monitoring (over different stages of life) that can consider aerobic and anaerobic adaptations and internal adjustments, such as body temperature, is necessary to better elucidate different modulations in the face of different environmental conditions. Thus, the general objective of the study was to investigate the effects of housing space on aerobic and anaerobic capacities, body temperature and spontaneous physical activity in mice after four and eight weeks of intervention. For this, 20 mice C57BL/6J were randomly divided into 2 groups, one of which consisted of animals housed in a small cage dimension (SCD, floor area of 1,320 cm<sup>2</sup>) and the other in a large cage dimension (LCD, floor area of 4,800 cm<sup>2</sup>). The animals were adapted for a period of three days to running on a treadmill and subsequently to the critical velocity protocol (V<sub>crit</sub>, four sessions of continuous exercise until exhaustion) to assess their aerobic and anaerobic capacities. The SPA performed by the animals housed in both spaces was continuously monitored throughout the experimental period, with the data grouped each week. Individual thermographic recordings were performed at the beginning of the experiment, with the animals at rest in a small cage to obtain standardization of procedures thermographic images. In the 8th week, the animals living on LCD exhibited higher V<sub>crit</sub> (20.4±0.8 m.min<sup>-1</sup>) compared to animals kept on SCD (18.0±0.8 m.min<sup>-1</sup>). The daily SPA (in arbitrary units) was significantly higher for animals maintained on LCD both at 4th week (426.9±21.1) and 8th week (357.5±13.2) compared to animals maintained on SCD at 4th week (240.2±13.8) and 8th week (274.6±6.6). Regarding the thermographic analyses, the average temperature of the tail of the mice at rest was significantly lower (33.3±1.3°C) when compared with the temperature of the head (36.3±1.1°C), thorax (36.3± 1.0°C) and lower limbs (35.9±1.1°C). From the results it is possible to conclude that the housing space is a modulator of the SPA and that it has impacts on the aerobic adaptations by increasing the V<sub>crit</sub>. Through this study, it is intended to advance knowledge about the impacts of the housing space available in the early stages of life on aerobic and anaerobic adaptations and body temperature.

**Keywords:** Accommodation, Critical Velocity, Anaerobic Running Ability, Thermography, Treadmill Running.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 A atividade física espontânea dos camundongos foi medida gravimetricamente em gaiola de pequena dimensão (Painel A) e gaiola de grande dimensão (Painel B). Conforme ilustrado no Painel C, os sinais de saída das células de carga foram coletados por um sistema de aquisição de sinais. Em ambos os tipos de alojamento, três células de carga idênticas foram fixadas entre duas plataformas de ferro em um layout triangular, conforme desenhado no Painel D (Retirado de Scariot et al., 2021).....15
- Figura 2 Exemplo de termografia da cabeça, tórax, membros inferiores e cauda obtidas com os roedores em repouso. Essa imagem foi feita apenas para a padronização das imagens na gaiola de pequena dimensão com os camundongos em condição basal, ou seja, antes de iniciar qualquer procedimento. A escala à esquerda indica as cores para determinadas temperaturas. À direita, é possível observar os valores máximos, médios e mínimos de temperatura corporal em cada região de interesse.....18

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Velocidade crítica ( $V_{crit}$ ) e capacidade de corrida anaeróbia (CCA) de roedores mantidos em gaiolas de pequenas dimensões (GPD) e gaiolas de grandes dimensões (GGD) na quarta e oitava semana.....19
Tabela 2	Atividade física espontânea de roedores mantidos em gaiolas de pequenas dimensões (GPD) e gaiolas de grandes dimensões (GGD) na quarta e oitava semana.....19
Tabela 3	Registros termográficos da cabeça, tórax, membros inferiores e cauda obtidos em camundongos alojados em GPD em valores médios, máximos e mínimos, respectivamente.....20

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>FCA</b>	Faculdade de Ciências Aplicadas
<b>AFE</b>	Atividade Física Espontânea
<b>GPD</b>	Gaiola de Pequena Dimensão
<b>GGD</b>	Gaiola de Grande Dimensão
<b>Vcrit</b>	Velocidade Crítica
<b>CCA</b>	Capacidade de Corrida Anaeróbia
<b>CEMIB</b>	Centro Multidisciplinar de Investigação Biológica
<b>Tlim</b>	Tempo limite de exercício
<b>Max</b>	Máximo
<b>Min</b>	Mínimo
<b>Avg</b>	Médio

## LISTA DE SÍMBOLOS

- # Diferente da gaiola de pequena dimensão no mesmo período
- \* Diferente da 4ª semana dentro do mesmo grupo
- α Diferente das demais regiões

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
2.1	Animais.....	14
2.2	Desenho experimental.....	15
2.3	Condições de alojamento.....	16
2.4	Determinação da AFE.....	16
2.5	Velocidade Crítica e Capacidade de Corrida Anaeróbia.....	17
2.6	Registros termográficos.....	17
2.7	Análise estatística.....	18
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.	CONCLUSÃO.....	22
5.	AGRADECIMENTOS E APOIO FINANCEIRO.....	23
6.	REFERÊNCIAS.....	23

## 1. INTRODUÇÃO

A Atividade Física Espontânea (AFE), está relacionada às atividades da vida diária, não se qualificando como exercício voluntário (GARLAND et al., 2011). As atividades físicas incluídas no âmbito da AFE tais como manutenção de postura, locomoção deambulatória e inquietação muscular geram relevante atividade da musculatura esquelética, o que torna a AFE um elemento de forte influência sobre o gasto energético diário (GARLAND et al., 2011). Sendo assim, a maior AFE contribui para uma elevada capacidade de metabolizar substratos energéticos, com implicações diretas na deposição de gordura, composição corporal, parâmetros de aptidão física e, de certa maneira, o status metabólico (GAVINI et al., 2014; NOVAK et al., 2010; PEREZ-LEIGHTON et al., 2013; TESKE et al., 2012). Em apoio a esse entendimento, existe considerável volume de estudos apontando que roedores com maior AFE possuem menor gordura corporal (TESKE et al., 2012), maior resistência ao ganho de adiposidade, mesmo sob dietas hipercalóricas (PEREZ-LEIGHTON et al., 2013), e ainda maior aptidão aeróbia (NOVAK et al., 2010).

Ainda que a AFE seja intrinsecamente controlada (via neuropeptídeos hipotalâmicos) (TESKE et al., 2008), temos evidências sugerindo que a AFE pode ser aumentada pela modificação do ambiente. Neste sentido, roedores podem ser usados como um modelo útil na elucidação da influência da AFE nas capacidades aeróbias e anaeróbias. Baseados em experimentos com gaiolas de diferentes tamanhos, foi observado que gaiolas de pequenas dimensões (GPD) limitam os roedores quanto aos seus comportamentos naturais e induzem um estilo de vida menos ativo e obesogênico (SCARIOT et al., 2015). Mais recentemente, construímos uma gaiola de grande dimensão (GGD), capaz de quantificar a AFE (SCARIOT et al., 2019). Com tal sistema, foi possível verificar que o espaço habitacional é um modulador da AFE haja vista que gaiolas amplas propiciam maior liberdade de locomoção, podendo levar os roedores a exibirem aumento da AFE, com conseqüente melhoria da aptidão física.

No que tange especificamente às capacidades aeróbias e anaeróbias, é válido mencionar que seu aprimoramento é muito importante não somente para a performance esportiva, mas também para amenizar os prejuízos do envelhecimento sobre o metabolismo e à saúde. Embora se conheçam os vários aspectos indesejáveis frente ao declínio dessas capacidades, as razões dessas respostas ainda não são totalmente conhecidas. É evidente que o estilo de vida exerce grande impacto na

deterioração dessas capacidades. Contudo, a maioria dos estudos que investigam o estilo de vida se limitam às práticas de exercício voluntário (planejado, intencional), enquanto pouco é explorado acerca do envolvimento da AFE.

Existe uma considerável quantia de estudos demonstrando que o declínio das capacidades aeróbias e anaeróbias, que ocorre ao longo da vida, está associado à incidência de desordens metabólicas, tais como obesidade (KOTZ et al., 2017; GARLAND, et al., 2011). Isso pode ser visto na sociedade atual, onde as pessoas ficam muito tempo sentadas no trabalho, ocasionando uma diminuição da atividade física espontânea que está intimamente associada ao sedentarismo responsável por diminuir as atividades da vida diária e reduzir a expectativa de vida da população (MCCRADY; LEVINE, 2009; KATZMARZYK; LEE, 2012). Por outro lado, estudos com humanos mostram que alterações no ambiente de trabalho podem estar associadas ao aumento da AFE, que pode conceder benefícios consistentes à saúde e a vida mais longa (BEN-NER, et al., 2014; LEVINE, 2007).

Considerando que o amplo espaço habitacional aproxima os camundongos de seu ambiente natural, aumentando a AFE e seu gasto energético diário, é provável que modulações térmicas também aconteçam em animais mais ativos. Dessa forma, esses animais aumentam a quantidade de alimentos ingeridos, mas por ter um metabolismo acelerado pela alta atividade muscular, conseguem oxidar substratos energéticos. Assim, mesmo em repouso, eles têm maior taxa metabólica basal interferindo em ajustes da temperatura corporal pela dissipação da energia na forma de calor (KOTEJA, 2000; BROETTO e BRITO, 2012).

O fluxo sanguíneo da pele humana apresenta respostas fisiológicas frente ao aquecimento e resfriamento do corpo, as quais são fundamentais para os processos de termorregulação. A vasoconstrição periférica é provocada por baixas temperaturas e a vasodilatação periférica acontece em resposta a temperaturas elevadas, que juntamente com os órgãos termorreguladores, promovem a transferência de calor corporal central para as regiões periféricas ou para a pele, a fim de evitar o superaquecimento central (CHARKOUDIAN, 2010; VERDUZCO-MENDOZA et al., 2021).

A realização de exercícios físicos promove alterações fisiológicas e térmicas, por aumentar a temperatura central. Isso faz com que ocorra uma vasodilatação cutânea e sudorese, aumentando o fluxo sanguíneo para a pele e facilitando a troca de calor com o ambiente (CHARKOUDIAN, 2010). Independentemente do tipo de

exercício realizado, há diminuição da temperatura logo após o início do exercício devido ao redirecionamento do fluxo sanguíneo para os músculos ativos, que é gerado pelo reflexo de vasoconstrição da pele. No entanto, durante o exercício, as respostas de temperatura variam de acordo com diversos fatores como: tipo, duração, intensidade do exercício, percentual de gordura, idade do indivíduo e estado de treinamento (NEVES et al., 2015; WEIGERT et al., 2018; FERREIRA et al., 2008).

Assim como a palma da mão humana, estudos envolvendo roedores mostraram que a cauda do rato é um órgão termorregulador, que devido a sua alta vascularização e ausência de pelos, é uma das principais janelas térmicas envolvidas na termorregulação, já que responde rapidamente às alterações vasomotoras locais, favorecendo a perda ou ganho de temperatura pela alteração do diâmetro dos vasos sanguíneos. Sob condições hipertérmicas, a vasodilatação e o consequente aumento do fluxo sanguíneo são ativados como meio de dissipar o calor. Essas características vasculares permitem a fácil dissipação de até 25% do calor corporal em climas com calor extremo (ROMANOVSKY, 2014; VERDUZCO-MENDOZA et al., 2021).

Diante do contexto citado, observamos uma carência de investigações sobre os impactos de um estilo de vida ativo (maior AFE) sobre as adaptações aeróbias e anaeróbias e temperatura corporal. Nossa hipótese é que a AFE exerça grande impacto sobre as capacidades aeróbias e anaeróbias de camundongos, e que maior AFE nos roedores mantidos em GGD deverá contribuir para a melhoria da velocidade crítica ( $V_{crit}$ ), considerada como capacidade aeróbia. Com isso, o presente estudo tem como objetivo examinar a AFE,  $V_{crit}$ , Capacidade de Corrida Anaeróbia (CCA) e temperatura corporal em camundongos C57BL/6J após 4 e 8 semanas vivendo em dois diferentes espaços habitacionais: GPD e GGD.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

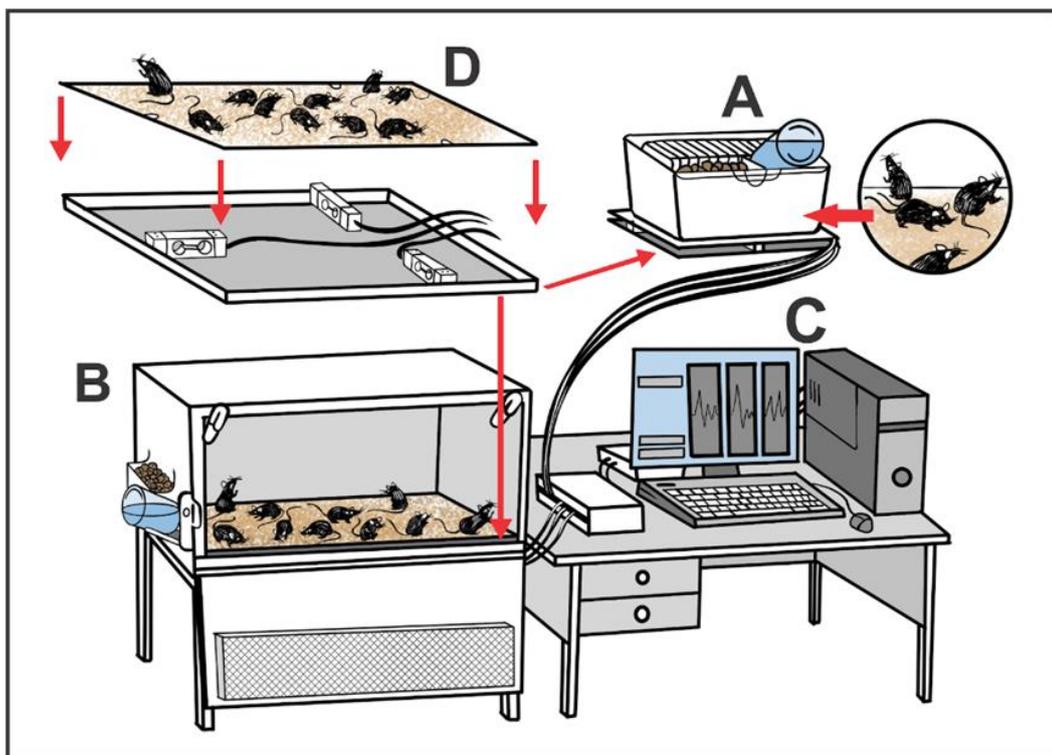
### **2.1 Animais**

Para a execução desse projeto, 20 camundongos isogênicos C57BL/6J, recém desmamados (21 dias) chegaram do Centro Multidisciplinar de investigação Biológica (CEMIB). O experimento foi conduzido no Biotério de Ciências do Esporte da Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP), Campus de Limeira - SP. As condições de luminosidade do biotério foram respeitadas com a adoção de um ciclo claro-escuro de 12 horas (claro: 6-18h, escuro: 18-6h). Os animais foram mantidos em

um ambiente climatizado, sendo a temperatura mantida entre  $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Em todos os grupos, os animais foram alimentados com ração comercial (*Nuvilab*<sup>®</sup>, *CR1*, *Nuvital*) e receberam água ad libitum. O experimento foi realizado de acordo com a legislação Brasileira corrente e o estudo presente recebeu aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais.

## 2.2 Desenho experimental

Os animais foram divididos conforme as condições de alojamento, sendo separados em dois grupos: animais mantidos em gaiola de pequena dimensão (GPD,  $n=10$ ) e animais mantidos em gaiola de grande dimensão (GGD,  $n=10$ ). O alojamento diferencial ocorreu quando os animais atingiram a idade de 150 dias (adultos). Os camundongos foram mantidos sob as intervenções experimentais durante oito semanas (até a idade de 210 dias). As capacidades aeróbia e anaeróbia dos animais foram obtidas pelo protocolo de velocidade crítica no meio (4 semanas) e ao término do experimento (8 semanas). A AFE foi quantificada nessas mesmas semanas experimentais, sendo que foi obtido 7 dias de registros.



**Figura 1:** A atividade física espontânea dos camundongos foi medida gravimetricamente em gaiola de pequena dimensão (**Painel A**) e gaiola de grande dimensão (**Painel B**). Conforme ilustrado no **Painel C**, os sinais de saída das células de carga foram coletados por um sistema de aquisição de sinais. Em ambos os tipos de alojamento, três células de carga idênticas foram fixadas entre duas plataformas de ferro em um layout triangular, conforme desenhado no **Painel D** (Retirado de Scariot et al., 2021).

### 2.3 Condições de alojamento

GPD foi caracterizado com uma gaiola contendo as seguintes dimensões: 40,0 centímetros de comprimento, 33,0 centímetros de largura e 16,0 centímetros de altura. No GPD, dez (10) animais foram confinados em uma área de solo correspondente a 1,320 cm<sup>2</sup> a qual possibilita uma densidade espacial de 132 cm<sup>2</sup> por animal. Por outro lado, GGD foi caracterizado com uma gaiola contendo as seguintes dimensões: 80,0 centímetros de comprimento, 60,0 cm de largura e 33,3 centímetros de altura. No GGD, dez (10) animais foram confinados em uma área de solo correspondente a 4,800 cm<sup>2</sup> a qual possibilita uma densidade espacial de 480 cm<sup>2</sup> por animal.

### 2.4 Determinação da AFE

A AFE foi avaliada gravimetricamente em GPD e GGD. Todos os movimentos produzidos pelos camundongos, gerando forças verticais na base das gaiolas, sensibilizaram células de carga (2 kg, *PWZL*®, MK, BR), gerando sinais que foram amplificados (*SC-2345-SCC*®, NI, EUA) e capturados por um sistema de aquisição (*NI-USB 6008*®, NI, EUA) com frequência de amostragem de 200 Hz. Nos dois tipos de alojamento, três células de carga idênticas foram fixadas entre duas plataformas de ferro em um layout triangular. O princípio gravimétrico permite a quantificação tanto de movimentos associados ao deslocamento, como também de movimentos verticais, como os de se erguer, alisar e mexer sem deslocamento. Além disso, tais atividades podem ser registradas por este equipamento sem que os animais sejam removidos de sua gaiola. Durante os registros da AFE, os camundongos foram alojados coletivamente para preservar a habitação social, visando não alterar os parâmetros metabólicos e comportamentais (GOLDSMITH et al., 1978; PARKER e MORINAN, 1986). A AFE foi calculada usando software *Matlab*® seguindo função matemática previamente descrita (POLISEL et al., 2021; SCARIOT et al., 2019). A AFE foi calculada por 19 horas contínuas a cada dia (12 horas de período escuro a 7 horas de período claro). Os sinais capturados foram transmitidos a um software de aquisição digital. Cada célula de carga foi calibrada em ambas as gaiolas, sendo determinadas equações lineares ( $y = ax + b$ ), permitindo a conversões de sinais ( $x$  da equação-volts) para massa ( $y$  da equação - gramas). Tais equações alimentaram o código desenhado em *Matlab*®, para que cada célula de carga, agrupadas em triângulos nas bases das

gaiolas, pudessem determinar a AFE, considerada a resultante vetorial dos sinais obtidos pelos três sensores. A AFE foi calculada pelo método matemático proposto por BIESIADECKI et al. (1999).

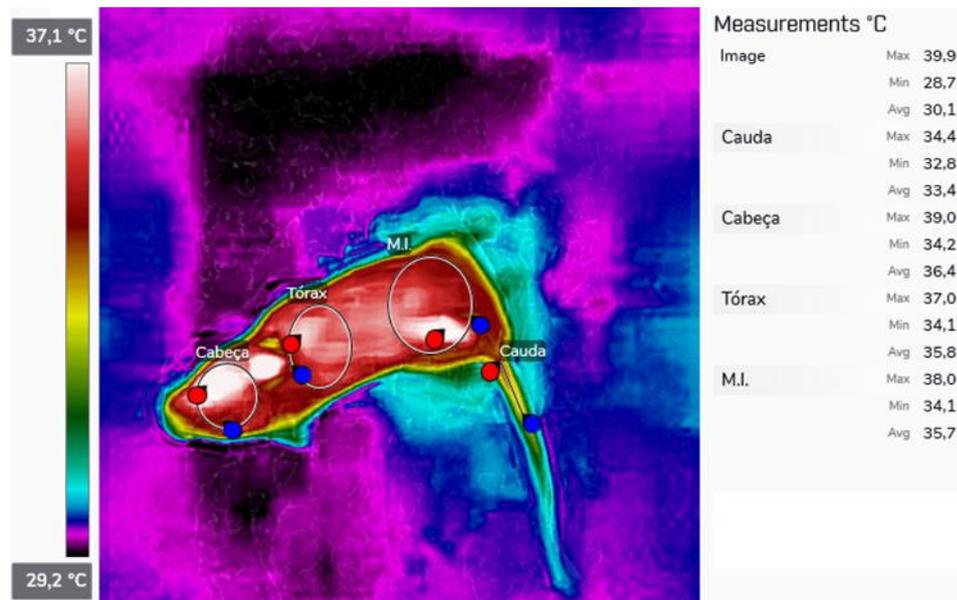
## 2.5 Velocidade Crítica e Capacidade de Corrida Anaeróbia

O procedimento adotado para a determinação das capacidades aeróbia e anaeróbia atendeu os pressupostos do modelo de velocidade crítica, cuja proposta para humanos foi sugerida por MONOD e SCHERRER (1965), adaptada para ratos Wistar por MANCHADO-GOBATTO et al. (2011) e para camundongos por BILLAT et al. (2005). Para tal, os animais C57BL/6J foram inicialmente submetidos a uma adaptação à corrida em esteira rolante por três dias. Posteriormente, realizaram quatro sessões de exercício separadas por intervalo de 24 a 48 horas, sendo em cada um desses dias submetidos à corrida contínua até a exaustão. As intensidades foram individualmente selecionadas para que o tempo limite de exercício ( $t_{lim}$ ) ocorresse na faixa de duração do esforço sugerida pelo modelo (1 a 15 minutos). A partir de uma relação linear entre distância vs. tempo limite foi possível determinar o coeficiente angular e o intercepto  $y$ , os quais correspondem, respectivamente, à velocidade crítica ( $V_{crit}$ , capacidade aeróbia) e a capacidade de corrida anaeróbia (CCA, capacidade anaeróbia).

## 2.6 Registros termográficos

Os registros termográficos foram coletados individualmente de vinte roedores, para análise da temperatura em repouso da cabeça, tórax, membros inferiores e cauda. Eles foram obtidos por uma câmera termográfica da marca FLIR®, modelo *One Pro* para IOS (19.200 pixels), que possui sensibilidade térmica para aferir temperaturas compreendidas entre  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  até  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ , com resolução de  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Um espaço específico, restrito e climatizado foi reservado no Biotério para que a câmera termográfica fosse posicionada sempre no mesmo local e os registros fossem efetuados à distância padronizada para potencializar as capturas térmicas (ADAMCZYK et al., 2016). Com o intuito de minimizar as interferências extrínsecas, a câmera foi ligada 30 minutos antes do início dos registros. Após a obtenção das imagens, a análise foi efetuada quantificando a temperatura corporal total e por

regiões de interesse em valores máximos, médios e mínimos (**Figura 2**). As regiões de interesse foram selecionadas por círculos ou linhas (no caso da cauda).



**Figura 2:** Exemplo de termografia da cabeça, tórax, membros inferiores e cauda obtidas com os roedores em repouso. Essa imagem foi feita apenas para a padronização das imagens na gaiola de pequena dimensão com os camundongos em condição basal, ou seja, antes de iniciar qualquer procedimento. A escala à esquerda indica as cores para determinadas temperaturas. À direita, é possível observar os valores máximos, médios e mínimos de temperatura corporal em cada região de interesse.

## 2.7 Análise estatística

Os pressupostos de normalidade e homogeneidade foram testados por *Shapiro-Wilk* e *Levene*, respectivamente. Foi utilizado a análise de variância (ANOVA) para determinar os efeitos do espaço habitacional (GPD vs GGD) e o efeito do tempo (4 vs 8 semanas) sobre a AFE, Vcrit e CCA. O teste post-hoc de Fisher LSD foi usado para indicar diferenças entre os grupos. Em todos os casos, o nível de significância foi estabelecido em  $p < 0,05$ .

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de Vcrit e CCA estão ilustrados na **Tabela 1**. ANOVA identificou um efeito da gaiola mostrando que animais vivendo em GGD exibem maior Vcrit quando comparados aos animais mantidos em GPD. A análise de *post-hoc* identificou que a Vcrit (na 8ª semana) é significativamente maior nos animais vivendo em GGD em

comparação com GPD. Não foi encontrado nenhum outro efeito estatístico para a  $V_{crit}$  e CCA.

**Tabela 1:** Velocidade crítica ( $V_{crit}$ ) e capacidade de corrida anaeróbia (CCA) de roedores mantidos em gaiolas de pequenas dimensões (GPD) e gaiolas de grandes dimensões (GGD) na quarta e oitava semana.

	Gaiola de pequena dimensão		Gaiola de grande dimensão		ANOVA		
	4ª semana	8ª semana	4ª semana	8ª semana	Tempo	Gaiola	Interação
<b><math>V_{crit}</math></b> (m.min <sup>-1</sup> )	19,1±0,9	18,0±0,8	20,1±0,6	20,4±0,8#	F=0,28, P=0,59	F=5,26, P=0,02	F=0,88, P=0,35
<b>CCA</b> (m)	6,9±0,9	8,4±0,9	5,9±1,2	8,4±1,6	F=2,82, P=0,10	F=0,16, P=0,68	F=0,18, P=0,67

# diferente da gaiola de pequena dimensão no mesmo período

Como ilustrado na **Tabela 2**, ANOVA identificou um efeito da gaiola mostrando que animais vivendo em GGD exibem maior AFE quando comparados aos animais mantidos em GPD. Análise de post-hoc também confirmou que os camundongos alojados em GGD tiveram maior AFE, tanto na 4ª semana como na 8ª semana em comparação aos camundongos alojados em GPD. Observamos uma redução da AFE (diária e no ciclo escuro) na 8ª semana em comparação com a AFE da 4ª semana apenas para o grupo GGD (mas não para o grupo GPD).

**Tabela 2:** Atividade física espontânea de roedores mantidos em gaiolas de pequenas dimensões (GPD) e gaiolas de grandes dimensões (GGD) na quarta e oitava semana.

	Gaiola de pequena dimensão		Gaiola de grande dimensão		ANOVA		
	4ª semana	8ª semana	4ª semana	8ª semana	Tempo	Gaiola	Interação
<b>AFE</b> <b>diária</b>	240,2±13,8	274,6±6,6	426,9±21,1#	357,5±13,2##*	F=1,4, P=0,24	F=85,14, P<0,05	F=12,63, P<0,05
<b>AFE</b> <b>(ciclo escuro)</b>	326,8±23,0	372,4±11,6	601,5±30,4#	478,7±22,3##*	F=2,8, P=0,10	F=69,52, P<0,05	F=13,58, P<0,05
<b>AFE</b> <b>(ciclo claro)</b>	91,6±12,1	107,1±11,7	127,5±9,3#	149,8±12,9#	F=2,6, P=0,11	F=11,54, P<0,05	F=0,09, P=0,77

Os resultados estão em média e erro padrão (7 dias por semana) # diferente de GPD no mesmo período, \* diferente da 4ª semana dentro do mesmo grupo.

Na **Tabela 3**, ANOVA identificou uma diferença estatística na temperatura da cauda dos camundongos em repouso quando comparado com a cabeça, tórax e membros inferiores. A análise de *post-hoc* também confirmou que os registros termográficos da cauda foram menores tanto para temperatura máxima, quanto para média e mínima em comparação com cabeça, tórax e membros inferiores. Nenhuma diferença foi encontrada entre a temperatura da cabeça, tórax e membros inferiores.

**Tabela 3:** Registros termográficos da cabeça, tórax, membros inferiores e cauda obtidos em camundongos alojados em GPD em valores médios, máximos e mínimos, respectivamente.

Temperatura	Cabeça	Tórax	Membros Inferiores	Cauda	ANOVA one-way
<b>Máxima</b>	38,0 ± 1,4	37,5 ± 1,3	37,9 ± 1,4	34,1 ± 1,3 $\alpha$	F=38,6, p<0,01
<b>Média</b>	36,3 ± 1,1	36,3 ± 1,0	35,9 ± 1,1	33,3 ± 1,3 $\alpha$	F=31,0, p<0,01
<b>Mínima</b>	34,8 ± 1,1	34,7 ± 1,5	34,0 ± 1,2	32,6 ± 1,2 $\alpha$	F=12,8, p<0,01

$\alpha$  diferente das demais regiões corporais

Com base nos dados apresentados, o estudo confirmou que os camundongos que viveram 8 semanas em GGD apresentaram aumento da AFE quando comparados com os que viveram em GPD, mostrando que é possível elevar a AFE quando alterações no ambiente são feitas. Entretanto, observamos uma redução da AFE (diária e no ciclo escuro) na 8ª semana em comparação com a AFE da 4ª semana no grupo GGD, mostrando que houve interação. Isso pode ter acontecido, pois a familiarização à gaiola pode ter deixado os camundongos indiferente ao ambiente, ou seja, quando eles foram para a GGD estavam se adaptando a novidade, então a AFE aumentou, entretanto, ao longo das 8 semanas, os camundongos provavelmente se acostumaram com o ambiente e a AFE começou a diminuir, embora ainda tenha se mantido superior quando comparado com a GPD.

Sabemos que na sociedade atual, as pessoas ficam muito tempo sentadas no trabalho, ocasionando diminuição da AFE, o que está intimamente associada ao sedentarismo, com consequente ganho de gordura, tornando-as predispostas a desenvolver obesidade e reduzindo sua expectativa de vida (MCCRADY; LEVINE,

2009). Sendo assim, os resultados encontrados neste estudo corroboram com aqueles envolvendo humanos, que mostram que adequações ambientais (no âmbito doméstico ou laboral) podem favorecer o aumento da AFE, que pode conceder benefícios consistentes à saúde e a uma vida mais longa (BEN-NER, et al., 2014). Posto isso, é preciso encontrar estratégias que possam ser aplicadas em ambientes obesogênicos para aumentar a AFE e prevenir a obesidade e doenças metabólicas (SCARIOT et al., 2019).

Já foi demonstrado em estudos anteriores melhora em diferentes indicadores de aptidão física (e.g. ganhos de massa corporal e adiposa, enzimas musculares e estoque de glicogênio) em roedores de laboratório alojados em um maior espaço habitacional com maiores oportunidades de se moverem livremente (SPANGENBERG et al., 2005, SCARIOT et al., 2019). Sendo assim, nosso estudo sugere que a GGD pode melhorar a saúde de camundongos, já que a baixa AFE e conseqüentemente menor capacidade aeróbia estão ligadas a várias doenças metabólicas (GAVINI et al., 2014).

Além disso, utilizamos a estratégia de aumentar o tamanho da gaiola que os roedores ficaram alojados e foi observado um aumento da AFE nos animais que ficaram em GGD quando comparado com GPD na 4ª e na 8ª semana e esse aumento da AFE gerou também maior  $V_{crit}$ , representando um maior desempenho da capacidade aeróbia. Sendo assim, é coerente que um aumento da AFE poderá atenuar o declínio das capacidades aeróbias e anaeróbias que acontece naturalmente em virtude da idade por uma diminuição dos aspectos comportamentais devido ao alojamento obesogênico (SCARIOT et al., 2015). Entretanto, esse estudo observou a AFE e capacidade aeróbia em camundongos após 4 e 8 semanas de intervenção, não sendo suficiente para observar características do envelhecimento. Por isso, é importante que a AFE seja estudada por um maior período de intervenção para ver se tem algum declínio da AFE, sobretudo na GPD e avaliar se uma maior AFE na GGD tem relação com o processo de envelhecimento saudável, dando a oportunidade de perspectiva de continuidade para esse estudo, já que a compreensão do papel da AFE está se tornando cada vez mais importante e necessária em pesquisas biomédicas, sobretudo as que envolvam investigações sobre o envelhecimento.

No que tange a temperatura corporal, esse estudo fez uma padronização de procedimentos das imagens termográficas apenas em GPD, mostrando que a temperatura da cauda foi significativamente menor que a temperatura das demais

regiões do corpo dos camundongos em repouso vivendo em GPD, corroborando com o estudo que mostra que a cauda de roedores é um órgão termorregulador, por ter alta vascularização e ausência de pelos (ROMANOVSKY, 2014). Outro estudo analisou as diferentes respostas dos músculos esqueléticos e cardíacos induzidas pela roda de corrida livre (FRW) e treinamento forçado, usando um protocolo HIIT em esteira. Do ponto de vista central e periférico, os regimes FRW e HIIT modularam positivamente a capacidade funcional dos animais para realizar o exercício máximo. Em relação aos ensaios termográficos, FRW e HIIT aumentaram a capacidade de perder calor pela cauda durante a carga de trabalho máxima (MWT). A temperatura do rabo começou a diminuir nos estágios iniciais do exercício de baixa intensidade e depois aumentou rapidamente, com a intensificação do exercício, devido aos mecanismos de vasodilatação da pele, a fim de contribuir para a liberação de calor. Esse aumento da temperatura atingiu um platô, que se manteve até a exaustão. Assim, para ambos os protocolos de exercício, a temperatura geral observada do rabo aumentou durante a 12ª semana MWT, sugerindo adaptações termorregulatórias semelhantes traduzidas em um aumento da capacidade de perder calor pela cauda durante o MWT (BELEZA et al., 2019).

Na GGD imagens termográficas não foram determinadas por empecilhos práticos. Devemos mencionar que a retirada dos camundongos na GGD nos pareceu inviabilizar uma mensuração padronizada das imagens termográficas, haja vista que os pesquisadores tiveram dificuldades em capturar os animais. Percebeu-se durante os estudos que a tentativa de escape dos roedores era facilitada pela rápida dispersão devido ao tamanho da gaiola. Esses componentes favorecem o estresse, tal qual poderia descaracterizar os resultados obtidos nas imagens termográficas. Por acreditarmos que a mensuração da temperatura corporal é facilmente influenciada por vieses experimentais, em perspectivas futuras, buscaremos obter registros termográficos utilizando câmeras (infravermelho) acopladas internamente a gaiola. Diante desse cenário, esse estudo tem perspectiva de continuidade, já que é necessário criar uma padronização de imagens termográficas na GGD sem que os animais tenham que ser removidos para outro local.

#### **4. CONCLUSÃO**

Em conclusão, mostramos que o espaço habitacional é um modulador da AFE, já que animais vivendo em GGD apresentaram maior AFE do que os alojados em GPD, que implicou em impactos sobre as adaptações aeróbias, exibindo maior  $V_{crit}$  na 8ª semana quando comparados com animais mantidos em GPD. Além disso, observamos que em situação de repouso a cauda apresenta reduzida temperatura em comparação com a cabeça, tórax e membros inferiores. Sendo assim, é possível que a temperatura da cauda exerça maior relevância em situações de exercício colaborando na dissipação do calor e na regulação da temperatura corporal dos camundongos.

## 5. AGRADECIMENTOS E APOIO FINANCEIRO

Os autores divulgaram o recebimento do seguinte apoio financeiro pela pesquisa. Este trabalho foi financiado pela PRÓ-REITORIA DE PESQUISA (PRP) - UNICAMP Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica.

## 6. REFERÊNCIAS

- ADAMCZYK, J.G.; KRASOWSKA, I.; BOGUSZEWSKI, D.; REABURN, P. **The use of thermal imaging to assess the effectiveness of ice massage and cold-water immersion as methods for supporting post-exercise recovery.** *Journal of thermal biology*, v.60, p.20–25, 2016.
- BELEZA, J.; ALBUQUERQUE, J.; ALVES, E. S.; FONSECA, P.; SANTOCILDES, G.; STEVANOVIC, J.; RODRIGUES, S. R.; ROCAL, D. R.; ASCENSÃO, A.; TORRELLA, J. R.; MAGALHÃES, J. **Self-paced free-running wheel mimics high-intensity interval training impact on rats' functional, physiological, biochemical, and morphological features.** *Frontiers in Physiology*, v.10, p.1–16, 2019.
- BEN-NER, A.; HAMANN, D.J.; KOEPP, G.; MANOHAR, C.U.; LEVINE, J. **Treadmill workstations: the effects of walking while working on physical activity and work performance.** *PLoS One*, v.9(2), p.e88620, 2014.
- BIESIADECKI, B.J.; BRAND, P.H.; KOCH, L.G.; BRITTON, S.L. **A gravimetric method for the measurement of total spontaneous activity in rats.** *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, v.222(1), p.65–69, 1999.
- BILLAT, V.L.; MOUISEL, E.; ROBLOT, N.; MELKI, J. **Inter- and intrastrain variation in mouse critical running speed.** *J Appl Physiol*, v. 98(4), p.1258–1263, 2005.

BROETTO, F.; BRITO, M. **Tecido adiposo marrom e obesidade em humanos.** Revista Saúde e Pesquisa, v.5(1), p.121-135, 2012.

CHARKOUDIAN, N. **Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans.** J Appl Physiol, v.109(4), p1221-8, 2010.

FERREIRA, J. J.; MENDONÇA, L. C.; NUNES, L. A.; ANDRADE FILHO, A. C.; REBELATTO, J. R.; SALVINI, T. F. **Exercise-associated thermographic changes in young and elderly subjects.** Annals of biomedical engineering, v.36(8), p.1420–1427, 2008.

GARLAND, T.; JR., SCHUTZ, H.; CHAPPELL, M.A.; KEENEY, B.K.; MEEK, T.H.; COPEL, L.E.; ACOSTA, W.; DRENOWATZ, C.; MACIEL, R.C.; DIJK, G.; KOTZ, C.M.; EISENMANN, J.C. **The biological control of voluntary exercise, spontaneous physical activity and daily energy expenditure in relation to obesity: human and rodent perspectives.** J Exp Biol, v.14(2), p.206-229, 2011.

GAVINI, C.K.; MUKHERJEE, S.; SHUKLA, C.; BRITTON, S.L.; KOCH, L.G.; SHI, H.; NOVAK, C.M. **Leanness and heightened nonresting energy expenditure: role of skeletal muscle activity thermogenesis.** Am. J. Physiol Endocrinol Metab, v.306(6), p.E635-E647, 2014.

GOLDSMITH, J.F.; BRAIN, P.F.; BENTON, D. **Effects of the duration of individual or group housing on behavioural and adrenocortical reactivity in male mice.** Physiol Behav, v.21(5), p.757-760, 1978.

KATZMARZYK, P. T.; LEE, I.-M. **Sedentary behaviour and life expectancy in the USA: a cause-deleted life table analysis.** BMJ Open, v.2(4), p.e000828, 2012.

KOTEJA, P. **Energy assimilation, parental care and the evolution of endothermy.** Proc. R. Soc. Lond, v.267(1442), p.479-484, 2000.

KOTZ, C.M.; PEREZ-LEIGHTON, C.E.; TESKE, J.A.; BILLINGTON, C.J. **Spontaneous physical activity defends against obesity.** Curr Obes Rep, v.6(4), p.362-370, 2017.

LEVINE, J. A. **Nonexercise activity thermogenesis - Liberating the life-force.** Journal of Internal Medicine, v.262(3), p.273–287, 2007.

MANCHADO-GOBATTO, F.B.; GOBATTO, C.A.; CONTARTEZE, R.V.L.; MELLO, M.A.R. **Non-exhaustive test for aerobic capacity determination in running rats.** Indian Journal Of Experimental Biology. New Delhi: Natl Inst Science Communication-niscair, v.49(10), p.781-785, 2011.

MCCRADY, S. K.; LEVINE, J. A. **Sedentariness at work: How much do we really sit.** Obesity, v.17(11), p.2103–2105, 2009.

MONOD, H., SCHERRER, J. **The work capacity of a synergic muscular group.** *Ergonomics*, v.8, p.329–338, 1965.

NEVES, E. B.; VILAÇA-ALVES, J.; ANTUNES, N.; FELISBERTO, I. M. V.; ROSA, C.; REIS, V. M. **Different responses of the skin temperature to physical exercise: Systematic review.** *Engineering in Medicine and Biology Society*, p.1307-1310, 2015.

NOVAK, C. M.; ESCANDE, C.; BURGHARDT, P. R.; ZHANG, M.; BARBOSA, M. T.; CHINI, E. N.; BRITTON, S.L.; KOCH, L.G.; AKIL, H.; LEVINE, J.A. **Spontaneous activity, economy of activity, and resistance to diet-induced obesity in rats bred for high intrinsic aerobic capacity.** *Horm Behav*, v.58(3), p.355-367, 2010.

PARKER, V.; MORINAN, A. **The socially-isolated rat as a model for anxiety.** *Neuropharmacology*, v.25(6), p.663-664, 1986.

PEREZ-LEIGHTON, C.E.; BOLAND, K.; BILLINGTON, C.J.; KOTZ, C.M. **High and low activity rats: Elevated intrinsic physical activity drives resistance to diet-induced obesity in non-bred rats.** *Obesity*, v.21(2), p.353-360, 2013.

POLISEL, E.E.C.; BECK, W.R.; SCARIOT, P.P.M.; PEJON, T.M.M.; GOBATTO, C.A.; MANCHADO-GOBATTO, F.B. **Effects of high-intensity interval training in more or less active mice on biomechanical, biophysical and biochemical bone parameters.** *Sci. Rep*, v.11(1), p.6414, 2021.

ROMANOVSKY, A.A. **Skin temperature: its role in thermoregulation.** *Acta Physiol*, v.210(3), p.498-507, 2014.

SCARIOT, P.P.M.; MANCHADO-GOBATTO, F.B.; VAN GINKEL, P.R.; PROLLA, T.A.; GOBATTO, C.A. **Aerobic training associated with an active lifestyle exerts a protective effect against oxidative damage in hypothalamus and liver: The involvement of energy metabolism.** *Brain Research Bulletin*, v.175, p.116–129, 2021.

SCARIOT, P.P.M.; MANCHADO-GOBATTO, F.B.; PROLLA, T.A.; MASSELLI DOS REIS, I.G.; GOBATTO, C.A. **Housing conditions modulate spontaneous physical activity, feeding behavior, aerobic running capacity and adiposity in C57BL/6J mice.** *Horm Behav*, v.115, p.104556, 2019.

SCARIOT, P.P.M.; MANCHADO-GOBATTO, F.B.; TORSONI, A.S.; TORSONI, M.A.; DOS REIS, I.G.; BECK, W.R.; GOBATTO, C.A. **Wide housing space and chronic exercise enhance physical fitness and adipose tissue morphology in rats.** *Appl Physiol Nutr Metab*, v.40(5), p.489-492, 2015.

SPANGENBERG, E.M.; AUGUSTSSON, H.; DAHLBORN, K.; ESSEN-GUSTAVSSON, B.; CVEK, K. **Housing-related activity in rats: effects on body weight, urinary corticosterone levels, muscle properties and performance.** *Lab Anim*, v.39(1), p.45-57, 2005.

TESKE, J.A.; BILLINGTON, C.J.; KUSKOWSKI, M.A.; KOTZ, C.M. **Spontaneous physical activity protects against fat mass gain.** *Int J Obes*, v.36(4), p.603-613, 2012.

TESKE, J.A.; BILLINGTON, C.J.; KOTZ, C.M. **Neuropeptidergic mediators of spontaneous physical activity and non-exercise activity thermogenesis.** *Neuroendocrinology*, v.87(2), p.71-90, 2008.

VERDUZCO-MENDOZA, A.; BUENO-NAVA, A.; WANG, D.; MAETÍNEZ-BURNES, J.; OLMOS-HERNÁNDEZ, A.; CASAS, A.; DOMÍNGUEZ, A.; MOTA-ROJAS, D. **Experimental applications and factors involved in validating thermal windows using infrared thermography to assess the health and thermostability of laboratory animals.** *Animals*, v.11(12), p.3448, 2021.

WEIGERT, M.; NITZSCHE, N.; KUNERT, F.; LOSCH, C.; SCHULZ, H. **The influence of body composition on exercise-associated skin temperature changes after resistance training.** *Journal of Thermal Biology*, v.75, p.112–119, 2018.