



## ANÁLISE DE REQUISITOS E PROJETO DE ADAPTAÇÃO DE UMA ESTEIRA PARA USO EM ESTUDOS COM ROEDORES NA ÁREA DA SAÚDE

**Resumo** – Existem evidências de que a prática regular de exercícios físicos de intensidade moderada à vigorosa, reduz o risco de desenvolver câncer de mama na pós-menopausa e melhora a sobrevida após o seu diagnóstico. No entanto, para realizar este tipo de estudo, é necessário ensaios em modelos animais para a transposição clínica em seres humanos, no qual se destaca a análise de desempenho de atividade física em camundongos realizado em esteiras ergométricas. Contudo, o campus da UFU em Patos de Minas carece de equipamentos para a realização destes experimentos. Desta forma, foi proposta uma parceria para que uma esteira adaptada seja desenvolvida, na qual exige certas especificidades e planejamento. Logo é proposto neste trabalho um estudo sobre as esteiras para roedores e um levantamento das características que os mesmos devem ter para as pesquisas na área da saúde, visando a concretização da adaptação física de uma esteira. O projeto foi dividido em etapas de estudo teórico e de adaptação prática, utilizando uma esteira comercial que foi adaptada inicialmente com MDF. Ao final do projeto, espera-se obter um protótipo funcional capaz de atender as necessidades de pesquisa do campus.

**Palavras-Chave** - esteira para roedores, equipamento de pesquisa, estudo multidisciplinar

### TITLE HERE IN ENGLISH IS MANDATORY

**Abstract** - There are cancer prevention situations that are regular physical exercise practices to prevent cancer, the risk of postmenopausal cancer and improve survival after diagnosis. However, in order to carry out the type of study, tests in animal models are necessary to clinical trans in humans, not which an analysis of performance of physical activity in mice performed on treadmills stands out. However, the UFU campus in Patos de Minas lacks equipment to carry out these experiments. In this way, a partnership was proposed so that a requirement is adapted, in which certain specificities and planning. Therefore, it is proposed in these studies as a survey study of the physical characteristics that they must have for the health area, a projected study and research projected for the conception of a health work area. The project was divided into stages of theoretical study and practical adaptation, using a commercial mat that was initially adapted with MDF (Medium Density Fiberboard). At the

end of the project, it is expected to obtain a functional prototype capable of meeting the research needs of the campus.

**Keywords** - rodent mat, research equipment, multidisciplinary study

### I. INTRODUÇÃO

A prática de exercícios físicos sempre foi associada a um estilo de vida mais saudável, combatendo o sedentarismo e reduzindo a incidência de problemas mais sérios como obesidade e até mesmo resistência à insulina [1]. Profissionais da área frequentemente estão pesquisando os benefícios e malefícios que tais exercícios podem causar ao corpo humano, como por exemplo nos diferentes tipos de enfermos cardiovasculares [2] ou até mesmo na prevenção do câncer [3].

Segundo o trabalho de [4], há evidências de que a prática regular de exercícios físicos de intensidade moderada à vigorosa, reduz o risco de desenvolver câncer de mama na pós-menopausa e melhora a sobrevida após o seu diagnóstico. Algumas hipóteses para esse efeito protetor foram propostas, mas ainda é uma área da saúde de intensa pesquisa.

Neste tipo de pesquisa é comum os ensaios em modelos animais para a transposição clínica de estudos em seres humanos. Dentre a grande variedade de tipos de ensaios e de espécies de animais envolvidas, a análise de desempenho de atividade física em camundongos é de grande interesse para estudos como câncer [5] e doenças respiratórias [6]. Utilizando mais precisamente dos exercícios aeróbicos em esteiras, pesquisas já indicam o tratamento de câncer colorretal em camundongos através da atividade física [7] e também no tratamento de Distrofinopatia de camundongos *mdx* [8]. Ainda, foi demonstrado que utilizando-se de camundongos e exercícios forçados em esteira com intensidade moderada, é possível observar o efeito benéfico do exercício físico na redução da carcinogênese mamária, com consequente redução do tamanho tumoral [4].

Para realizar este tipo de experimento, são utilizados equipamentos como as esteiras elétricas, a roda de exercícios de pequeno porte e o simulador de escadas; todos variam para diferentes modelos dependendo da atividade proposta.

Trazendo o foco à esteira, este é um equipamento para exercícios físicos a fim de simular uma caminhada ou corrida sem se deslocar do local. Baseia-se em um princípio eletromecânico, nos quais motores são ativados através de uma fonte de energia elétrica, fazendo com que uma lona rotacione no sentido dos eixos dos motores. As esteiras variam

de várias formas e tamanhos, saindo das mais básicas até modelos avançados e tecnológicos que integram, controle de inclinação, câmara de oxigenação, entre outras funções.

No caso da Universidade Federal de Uberlândia campus de Patos de Minas, o curso de Biotecnologia possui pesquisadores que realizam projetos voltados para o estudo dos efeitos de diferentes estímulos sobre o câncer de mama incluindo a prática de exercícios físicos de camundongos. Ensaio em modelos animais são essenciais para a transposição clínica e o comportamento é fator de risco comprovado para o desenvolvimento de tumores. Contudo, o campus carece de equipamentos para a realização dos experimentos, e o desenvolvimento de uma esteira adaptada é crucial para o correto manejo dos animais. No mercado não há muitos produtos que atendam essa necessidade imposta, e, aqueles que há, se constituem em preços elevados devido aos níveis de detalhes procurados no equipamento serem tão específicos.

Devido ao fato apresentado, observa-se que a adaptação de uma esteira ergométrica comum para o experimento, não é só uma ideia palpável como também a de menor custo possível visando manter a mesma qualidade que uma esteira específica poderia fornecer. No entanto, essa adaptação exige cuidados e planejamento. É necessário um projeto das modificações baseado nos requisitos dos experimentos, como a adaptação de compartimentos para diversos roedores simultâneos, da regulação da inclinação, a presença de estímulos, dentre outras especificidades.

No mercado atual há modelos de esteiras para animais de pequeno porte. Contudo, os valores atingem a faixa de US\$ 8000,00, o que torna o uso das mesmas para a área acadêmica inviável sem grande aporte financeiro. Tendo em vista tal situação, o projeto tem como objetivo estudar e adaptar uma esteira ergométrica tradicional ao ponto de deixá-la suficientemente utilizável para cobaias de pequeno porte como ratos e camundongo, atendendo a necessidade dos pesquisadores e que tenha custo relativamente inferior ao encontrado no mercado.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos iniciaram pelo levantamento de esteiras para camundongos comerciais e suas principais características, tanto em artigos científicos quanto em sites especializados de venda deste tipo de equipamento. Esta etapa foi fundamental para compreender as principais características da esteira e quais as características que devem ser adaptadas em uma esteira convencional.

A segunda etapa foi aquisição de uma esteira convencional usada de menor custo e o estudo de possíveis adaptações para atingir os objetivos caracterizados na primeira fase. O único critério adotado para escolha da esteira foi estar funcionando, ter regulagem de velocidade e ser de baixo custo. Nesta etapa foi feita a análise de possíveis cenários para adaptações e de custos, sendo traçada uma estratégia de menor custo para adaptação.

Em seguida, foram iniciadas e executadas as adaptações da esteira, iniciando pelo desmonte das peças que não serão utilizadas e adaptando as baias, a inclinação e o painel de controle.

Dado o tamanho do projeto, o mesmo foi dividido em etapas de desenvolvimento, sendo essa a primeira, que finaliza com a adaptação inicial das esteiras com as baias. Os pontos em abertos estão atualmente em desenvolvimento.

Para a adaptação das baias, foi inicialmente proposto a utilização de acrílico. No entanto, o custo estimado das baias foi cotado em R\$1500,00, o que inviabiliza a proposta de baixo custo. Desta forma, foi escolhido utilizar inicialmente o MDF de 6mm para as chapas que irão compor as baias e suas divisões. A escolha do MDF permitiu que as chapas fossem produzidas com custo inferior a R\$150,00.

Para evitar desperdício de material e reduzir o orçamento gasto, antes da implantação da adaptação, os desenhos e medidas foram obtidas utilizando uma estrutura com isopor, a fim de estabelecer as peças para o desenho no qual será transformado nas chapas em MDF.

Por fim, foi feita a documentação do projeto para que os próximos discentes que atuarem no projeto, possam dar continuidade sem muita dificuldade, seguindo o planejamento inicial e avaliando o impacto das escolhas realizadas visto o objetivo final de atender os pesquisadores da área da saúde. O material gasto até o momento é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Materiais utilizados no projeto.

Material	Quantidade	Tamanho (cm)
Esteira DR-2110	1	154x74x126,5
Chapas de isopor	4	100x50x10
Blocos de madeira	10	Variados
Chapas de MDF	2	90x23x0.6
Chapas de MDF	5	90x20x0.6
Chapas de MDF	3	67x20x0.6
Chapas de MDF	2	29.5x15.5x0.6
Chapas de MDF	2	15.5x5x0.6
Chapas de MDF	2	29.5x5x0.6

## III. DESENVOLVIMENTO

Atualmente, os modelos de esteiras para animais de pequenos portes como ratos e camundongos são adquiridos para usos laboratoriais específicos, deixando-as como produtos inviáveis para aquisição no âmbito de pesquisas acadêmicas devido ao seu alto preço de valor de mercado. Entretanto, tais modelos ainda podem auxiliar para a construção e adaptação de protótipos substitutos que sejam mais módicos.

O principal conceito destas esteiras é a disponibilização de baias individuais para os animais, o controle de velocidade e a possibilidade de regular a inclinação. Estas características são observadas nas imagens dos modelos comerciais encontrados, dentre eles a EP131 da empresa Insight, a Exer 3/6 da empresa Columbus Instruments, a T-ME da empresa Maze Engineers e o SLP-038 da empresa ScienLabor, conforme ilustrado na Figura 1.

Outras características foram levantadas, como a faixa de operação de velocidade, se há estímulos para aplicar nos animais, qual o valor máximo da inclinação, a tensão de alimentação, o tamanho total, o peso, quantas baias e seus respectivos tamanhos, a presença de interface (IHM) e se há dados transmitidos via software ou não. As informações de 6 modelos comerciais encontrados foram listados na Tabela 2.

Figura 1: Exemplos de modelos comerciais de esteiras para roedores – a) EP131 da Insight, b) Exer 3/6 da Columbus Instruments, c) T-ME da Maze Engineers e d) SLP-038 da ScienLabor.

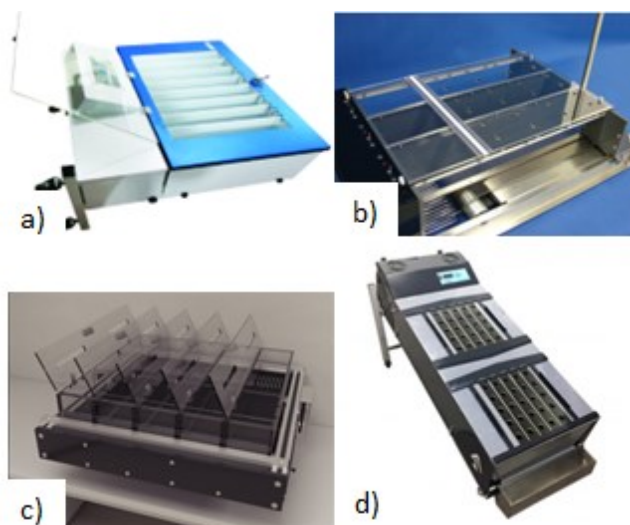


Tabela 2: Dados comparativos entre modelos comerciais de esteira, disponibilizados pelas fabricantes nos manuais.

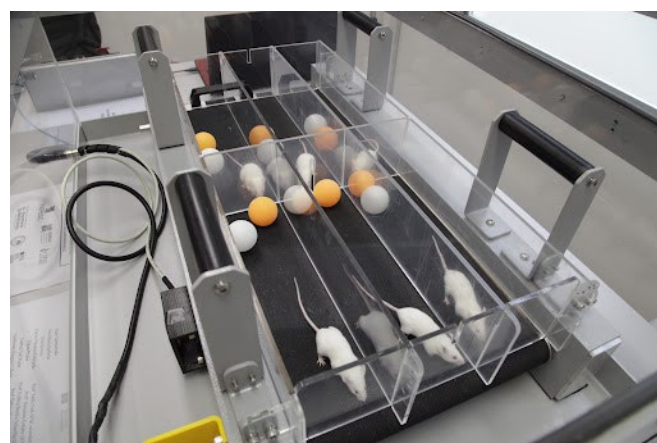
	UB-47300	Bonter	EP-131	Exer 3/6	T-ME	SLP-038
Velocidade [m/min]	3 – 100	0 – 60	6 – 60	3 – 100	0 – 80	0 – 60
Estímulo [mA]	0 – 2	0 – 2	Sim	0 – 1.5	0 – 4	0 – 4
Inclinação [°]	±25	±25	±10	-15 a 25	25	60
Alimentação	85 – 264V	220V	220V	-	-	220
Tamanho [cm] wxdxxh	56x67x35	80x85x85	-	50,8x50,8x33	-	57x144x32
Peso [Kg]	22-27	40	50	-	-	50
Baia* [cm]	3x45x11x15 6x45,5x5x7	Sob medida	6/8	3 de 43,8x12x12,7 6 de 43,8x6x12,7	3 de 44x12x12,7 3 de 44x6x12,7	10 de 38,5x5,5x18
IHM	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Dados	USB/Sftw	N/A	N/A	Sftw	Sftw	N/A

Dentre as informações mais relevantes, destaca-se o tamanho das baias, que comprimento médio em de 40 cm, com

altura e largura em torno de 12 cm. Em relação às inclinações, a maioria dos modelos limitam em 25 graus os valores máximos. Além disso, todos os modelos apresentam estímulos por meio de choques elétricos.

Durante as pesquisas, um modelo de esteira desenvolvido no Brasil [10] teve destaque por compreender os requisitos buscados e incorporar outras funcionalidades, como a utilização em conjunto de uma câmara hiperbárica. No entanto, apenas dados visuais estão disponíveis (Figura 2), dado que o produto está em fase de patenteamento. Contudo, é possível extrair algumas informações, iniciando pelo tipo de estímulo, que não adota o choque e sim as esferas coloridas. Também se destaca que não há necessidade de uma tampa superior, desde que as baias sejam altas o suficiente para os roedores não subirem.

Figura 2: Esteira do IFSC/UDESC e o estímulo realizado através de esferas.



#### A. Modelo de Esteira Proposto

A esteira proposta como ideal deve conter algumas especificações desejadas. Entretanto nem todos os critérios desejados podem estar presentes, pois como o objeto de pesquisa será adaptado e não construído, alguns desses fatores são inviáveis no quesito de alterações ou são demasiadamente complexos de implementar.

Para facilitar a comunicação, análise de dados e configurações gerais, a adaptação conterà uma IHM que irá expor os dados, como a velocidade, a inclinação e amperagem do estímulo. Caso seja possível, também deve ocorrer o ajuste das configurações através do painel digital.

A velocidade ideal para a esteira que sofrerá a adaptação será de 0 até 100 metros por minuto [m/min] [9]. O ajuste será possível por meio da IHM.

O estímulo para os roedores pode ser feito através de pequenos choques com uma corrente de no máximo até 2 [mA] [9], na qual poderá ser ajustada através de um circuito analógico ou digital. O estímulo também pode ser realizado por esferas na baia do roedor, como é indicado em [10] e na Figura 2. Assim facilita o processo em relação à construção de um sistema para dar pequenos choques, além de deixar mais acessível em relação aos custos de projeto e manutenção.

A inclinação dá-se por um sistema de fácil manuseio no qual o passo é de  $\pm 5^\circ$ , com limite estabelecido em  $25^\circ$ . As baias

deverão comportar ao menos 6 roedores e deverão ter um comprimento médio 40 cm e largura de 10 cm.

### B. Adaptação da Esteira

A esteira a ser adaptada, foi a primeira esteira usada encontrada que atende aos requisitos de controle de velocidade, estar funcionando corretamente e ser de baixo valor. A esteira ergométrica encontrada foi o modelo “DR 2110” ao custo de R\$700,00 e servirá de base para sofrer todas as modificações necessárias.

A primeira parte da adaptação se deu na retirada da estrutura metálica principal da esteira, deixando então somente a parte na qual se apoia para a corrida (Figura 3). Desta forma, a estrutura principal a ser utilizada foi resumida em apenas na parte da lona para corrida, a fim de diminuir a estrutura total e facilitar o processo de locomoção do aparelho.

Figura 3: Parte útil da esteira a ser utilizada.



Para a esteira adaptada, a mesma conta com um painel que para visualizar a velocidade e distância percorrida, nas unidades de quilômetros por hora [km/h] e quilômetros [km] respectivamente (Figura 4). Nesta, também há os interruptores para a alteração da velocidade, além da chave liga-desliga. Caso seja necessário, uma segunda interface pode ser confeccionada para a visualização e ajuste de outros parâmetros, mas não foi o foco do atual projeto.

Contudo, inicialmente a velocidade a ser utilizada será a padrão fornecida pela esteira que é de no máximo 14,9 [km/h] que convertidos da 216,667 [m/min]. O único método de ajuste disponível é através dos botões do próprio painel da esteira nos quais variam a velocidade com um passo de 0.1[km/h]. Observa-se que a velocidade máxima da esteira vai muito além de 100 [m/min], logo para uma melhor adaptação, os limites de velocidade para os ratos e camundongos devem ser respeitados para evitar acidentes.

A esteira contará com uma inclinação de 0 e +5° para o projeto de adaptação inicial. Neste caso será utilizado um método mecânico, dando início ao nivelamento através de

pequenos blocos de madeira. Logo, a angulação pode sofrer alteração de acordo com a quantidade de blocos utilizados.

Foi utilizado um transferidor para aferição e um medidor de ângulos para confirmar os resultados. Atualmente, para o nivelamento da esteira estão sendo utilizados blocos que constituem uma altura equivalente a 6 [cm]

Figura 4: IHM da esteira a ser adaptada.



A alimentação será para o padrão brasileiro de energia (60[Hz]). Idealmente, as tensões de alimentação serão tanto em 127[V] como 220[V]. Todavia a alimentação ocorrerá com a especificação descrita no manual do produto cujo valor é bivolt (127 [V] e 220 [V]).

A parte frontal da esteira foi retirada, que é composta pelo painel digital e a ferragem, deixando-a apenas com a base (motor e apoio). Com isto, pôde-se demarcar o espaço útil no qual será utilizado pelos camundongos.

Foi dimensionado uma adaptação de 8 baias de aproximadamente 40x10[cm]. Como o projeto utilizará de placas devidamente cortadas para encaixe, a quantidade de baias pode ser controlada de acordo com a necessidade do usuário, com um mínimo de quatro e um máximo de oito (Figura 5).

Figura 5: Esteira com simulação das divisões de baias e proteção.



Contudo um fator importante é altura entre as peças e a lona na qual irá rotacionar nos eixos dos motores. É

considerável ter uma altura mínima para que não haja um desgaste das peças e nem da lona, além de não atrapalhar a rotação ocasionando em perdas de velocidade e eficiência da esteira. Além disso, tal altura também não pode ser um valor no qual os camundongos consigam escapar por baixo. Levando em consideração tais hipóteses, chegou-se a um consenso de uma altura de 0,5[cm].

#### IV. RESULTADOS

O projeto das peças foi-se realizado no Autocad, conforme ilustra a Figura 6, e fabricado em MDF de 6mm, com auxílio do FABLAB de Patos Minas. As peças construídas são as listadas na Tabela 1.

Figura 6: Projeto no Autocad da chapa 1 (Suporte Lateral Esquerdo Externo) e das divisórias transversais.

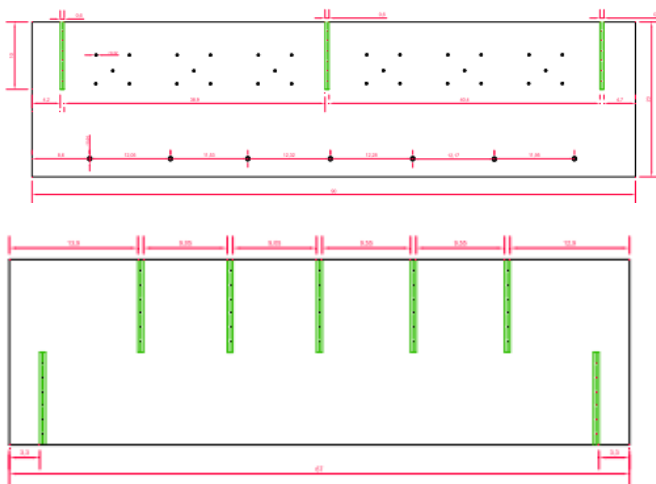


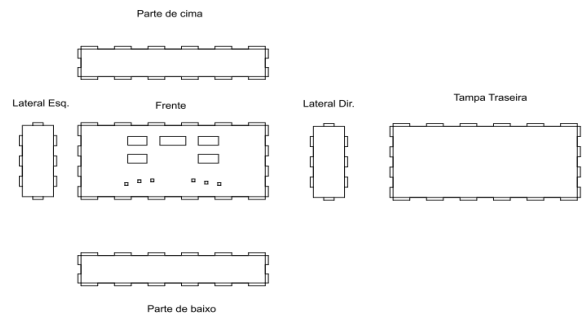
Figura 7: Estrutura de divisão de baias e proteção em MDF



Algumas considerações tiveram de ser feitas, devido a limitação da máquina de corte em 90cm. Isso delimitou o uso das baias úteis (que coincidem com a lona), em 6. Após a fixação, o resultado final na esteira ficou conforme indicado na Figura 7.

Em relação a placa de controle, como foi retirada a sua estrutura original, optou-se por realizar uma nova estrutura para comportar a mesma, conforme o projeto indicado na Figura 8.

Figura 8: Peças com seus respectivos encaixes para a montagem da caixa que comportará a placa

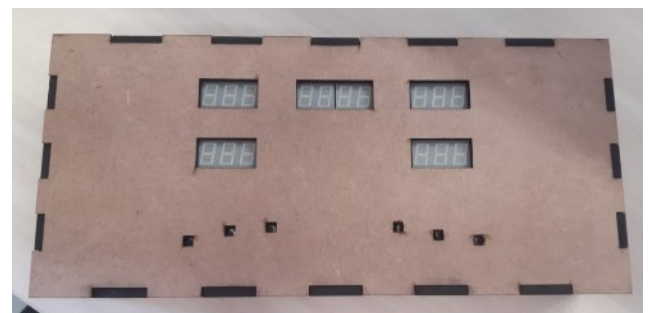


Desta maneira, a visualização das informações necessárias além da manipulação de controle através da placa ficou mais fácil de se observar, manusear, além de ser mais compacta, podendo encaixar ou mover a base para um local mais apropriado, como indica as Figura 9 e 10.

Figura 9: Nova estrutura para comportar a placa de controle



Figura 10: Nova estrutura (fechada) para comportar a placa de controle



Observa-se que por dentro da caixa foram colocadas chapas de isopor, para complementar o espaço vago e deixar a placa rente ao tampo, porém ainda há vaga dentro da caixa para comportar cabos e outras estruturas de expansão caso necessário. Também há o espaço para o encaixe de botões, para facilitar o pressionamento de tais, visto que os originais já inclusos na placa estão a um nível inferior no qual não pode ser alcançado com os dedos. Esta opção foi escolhida por uma questão de segurança além de melhorar a estética futuramente.

Durante os testes foi possível observar que as baias ficaram rente a lona como previsto, sem atrapalhar o movimento da mesma. Como a esteira possuía uma tabua de madeira em sua base, houve maior facilidade na fixação das baias na mesma pelas laterais.

Com o funcionamento da esteira com as adaptações, pode-se concluir que esta etapa inicial de desenvolvimento foi concluída com sucesso, sendo algumas questões abordadas em trabalhos futuros, como a adequação e limpeza da mesma para ambientes de biotério.

## V. CONCLUSÃO

Finalizando o projeto, as atividades previstas foram realizadas com sucesso, desde a pesquisa inicial, a projeção e desenho da adaptação, a execução da adaptação, os testes e a validação dos resultados sendo estes principalmente a resistência mecânica de toda a estrutura e finalmente a documentação.

Foram apresentados diversos modelos de esteiras comerciais para roedores, um equipamento que não é fácil de se encontrar e nem possui muitas informações disponíveis. No entanto, a partir dos manuais e das observações realizadas, foi possível levantar algumas das principais características, que podem auxiliar outros pesquisadores a desenvolver seus próprios modelos de esteiras.

Ainda, foi iniciado o processo de adaptação de uma esteira para roedores, na qual preconiza o baixo custo e o uso de materiais alternativos. O projeto no estado atual, atenderia de forma inicial a demanda de testes simples com roedores em ambientes não controlados. No entanto, o biotério possui normas contra contaminação, o que exige que o equipamento passe por uma esterilização. Neste sentido, futuras adaptações para isolar os cabos e o restante do circuito são necessárias, além de ser necessário cobrir os pontos de ferrugem e orifícios nas barras de metal.

Em relação a dificuldades de implementação da proposta, a maior dificuldade foi conseguir os materiais com baixo custo, além do serviço para cortar as chapas para a montagem da estrutura, visto que essa era a parte principal do projeto.

Em suma, conclui-se que o projeto foi um sucesso, dado que a adaptação foi concluída. A validação dos dados em relação à velocidade, estímulo, controle total da esteira e seu comportamento prático com os camundongos serão realizados em continuidade ao projeto.

## REFERÊNCIAS

[1] L. O. Pereira, Rachel P. de Francischi, et al., “Obesidade: hábitos nutricionais, sedentarismo e resistência à

insulina”, *Arq Bras Endocrinol Metab*, São Paulo, v. 47, n. 2, p. 111-127, Apr. 2003 .

- [2] A. B. R. Rique, E. de A. Soares, C. de M. Meirelles, “Nutrição e exercício na prevenção e controle das doenças cardiovasculares”, *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 8, n. 6, p. 244-254, 2002.
- [3] M. P. Munhoz, et al., “Efeito do exercício físico e da nutrição na prevenção do câncer”, *Revista Odontológica de Araçatuba*, v. 37, n. 2, p. 09-16, 2016.
- [4] A. Vulczak, “Exercício físico aeróbico de intensidade moderada reduz a velocidade de crescimento e modula o metabolismo energético tumoral em modelo experimental de câncer de mama triplo-negativo”, Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2018.
- [5] G. Rodrigues, “Eletroquimioterapia para tratamento de câncer - desenvolvimento e avaliação em estudo de caso com camundongos portadores de melanoma B16F10”, Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Biotecnologia, University of São Paulo, São Paulo, 2015, doi:10.11606/T.87.2016.tde-31082015-125429.
- [6] P. P. Herculiani, “Efeitos da inalação crônica de cocaína "crack" no aparelho respiratório de camundongos. 2007”, Tese (Doutorado em Patologia) - Faculdade de Medicina, University of São Paulo, São Paulo, 2007.
- [7] A. de F. Gonçalves, et al., “Efeito do exercício físico no músculo esquelético de camundongos com câncer colorretal: revisão de literatura”. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 3, n. 2, p. 3685-3693, 2020.
- [8] P. A. Saenz-Suarez, et al., “Terapia farmacológica com deflazacorte e omega-3 na distrofinopatia de camundongos mdx exercitados na esteira”, 2019.
- [9] U. Wisloff, et al., “Intensity-controlled treadmill running in rats: VO(2 max) and cardiac hypertrophy”, *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, v. 280, n. 3, p. H1301-10, Mar 2001.
- [10] Esteira para Camundongos, Em Ação - IFSC, IFSC/UDESC, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6dLcZFIIQiE> . Acedido em 20 de setembro de 2022.