



ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE APERFEIÇOAMENTOS PARA UMA ESTEIRA ADAPTADA PARA USO EM ESTUDOS COM ROEDORES

Matheus Pereira de Andrade*¹, Daniel Costa Ramos¹

¹FEELT – Universidade Federal de Uberlândia – Campus Patos de Minas

Resumo – Na introdução é falado sobre a importância de submeter roedores à exercícios em esteiras e o porquê de ela ser uma das formas de desenvolver estudos sobre o câncer na área da saúde. A adaptação de esteiras para animais é possível e foi concretizada, mas demanda um constante processo de aperfeiçoamento para ser utilizado em biotérios. Em materiais e métodos, é abordado os estudos e ações realizados para este fim, visando desenvolver e ajustar a esteira para otimizar sua utilização, bem como possibilitar a exploração de novos aspectos relevantes para a pesquisa. No desenvolvimento fala sobre as adaptações, inicialmente foram feitos ajustes no regulador de ângulo para inclinação, proteção das partes elétricas, higienização e pintura da esteira. Além disso, foram estudadas formas de estimular os animais durante as corridas. A carcaça e o painel da esteira também passaram por ajustes, incluindo adaptação de botões e cabos de energia mais longos. Analisando os resultados pode-se concluir que com todos esses aprimoramentos, a esteira está pronta para testes reais, seguindo as normas de biossegurança e apresentando características de uma esteira comercial.

Palavras-Chave - Esteira ergométrica, Camundongos, Melhorias, Adaptação.

ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF IMPROVEMENTS FOR AN ADAPTED TREADMILL FOR RODENT STUDIES

Abstract - The introduction talks about the importance of subjecting rodents to exercise on treadmills and why it is one of the ways to develop studies on cancer in the health sector. The adaptation of treadmills for animals is possible and has been achieved, but it requires a constant process of improvement to be used in vivariums. In materials and methods, the studies and actions carried out for this purpose are discussed, aiming to develop and adjust the treadmill to optimize its use, as well as enabling the exploration of new aspects relevant to research. In the development it talks about the adaptations, initially adjustments were made to the angle regulator for inclination, protection of electrical parts, cleaning and painting of the treadmill. Furthermore, ways of

stimulating animals during races were studied. The treadmill's housing and panel also underwent adjustments, including adapting buttons and longer power cables. Analyzing the results, it can be concluded that with all these improvements, the treadmill is ready for real tests, following biosafety standards and presenting characteristics of a commercial treadmill.

Keywords - Treadmill, Mice, Improvements, Adaptation.

I. INTRODUÇÃO

Novas descobertas científicas têm fortalecido a conexão entre a prática de atividade física e um estilo de vida saudável, mostrando que ela vai além do combate ao sedentarismo e da redução da obesidade e da resistência à insulina [1]. Os profissionais da área de saúde têm se dedicado incessantemente a investigar os impactos dos exercícios no corpo humano, abrangendo diversas enfermidades cardiovasculares [2] e até mesmo a prevenção do câncer [3].

Um exemplo é a abordagem de estudos na área de saúde para a Doença de Parkinson (DP), uma doença neurodegenerativa que afeta cerca de 1% da população acima de 65 anos. Nos últimos anos, tem havido crescente pesquisa sobre o potencial do exercício físico como uma terapia complementar ou paliativa para a DP. O estudo [4] focou em camundongos com modelos de DP induzidos pela 6-hidroxi dopamina (6-OHDA) e explorou os efeitos do exercício físico na redução das LIDs.

Estudos em camundongos mostraram que o treinamento físico aumentou a transferência de colesterol das células para o plasma, fígado e fezes, bem como a expressão de receptores importantes no fígado e em células sanguíneas relacionadas ao transporte de colesterol. Esse estudo destaca a importância do exercício físico como um elemento crucial para a saúde cardiovascular e o metabolismo lipídico [5].

Por meio destes exemplos, fica claro que nesses tipos de pesquisas, é comum conduzir experimentos em modelos animais antes de aplicá-los em estudos clínicos com seres humanos. Dentre a ampla variedade de ensaios e espécies de animais utilizados, a análise do desempenho da atividade física em camundongos desperta grande interesse em estudos.

Existem diversos modelos de esteiras disponíveis no mercado voltados para animais de pequeno porte, mas seus altos custos tornam inviável seu uso acadêmico sem um

grande investimento financeiro. Uma alternativa é a adaptação da esteira convencional, que requer um projeto cuidadoso que leve em conta os requisitos dos experimentos, como acomodação de vários roedores simultaneamente, regulação da inclinação e inclusão de estímulos específicos.

Esta adaptação foi realizada em um projeto inicial [6], contudo, o desenvolvimento da esteira requer constantes aperfeiçoamentos para que possa ser inserido em ambientes controlados, como um biotério.

Diante desse cenário, o objetivo do projeto é estudar e avançar mais na adaptação da esteira ergométrica tradicional para torná-la uma opção mais acessível aos pesquisadores em comparação aos modelos comerciais disponíveis.

A esteira deve ser preparada rigorosamente em conformidade com as normas de biossegurança [9], garantindo que nenhum resquício de sujeira ou contaminação esteja presente.

Ao obter uma esteira adaptada, os pesquisadores poderão conduzir seus experimentos de forma mais precisa e controlada. Isso contribuirá para a produção de conhecimento científico de alta qualidade e relevância, fortalecendo a posição da universidade como um centro de excelência em pesquisa na área de biotecnologia.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Ao longo de todo o período de pesquisa, cada adaptação do projeto esteve constantemente passando por melhorias e correções, sempre visando aprimorar suas funcionalidades e eliminar possíveis deficiências ou defeitos. Esse processo iterativo e contínuo de refinamento é fundamental para garantir que o projeto atinja seu máximo potencial e atenda às expectativas estabelecidas.

Ao detectar qualquer deficiência no projeto, independentemente de sua natureza, foi dedicado tempo para compreender a origem do problema.

A partir dessas análises, foram propostas soluções e implementadas melhorias significativas. Cada decisão tomada para corrigir os problemas foi cuidadosamente avaliada para garantir que não apenas resolvesse a questão atual, mas também não comprometesse outras partes do projeto. A integridade do sistema como um todo era levada em consideração.

Como resultado desse processo contínuo de aperfeiçoamento, o projeto evoluiu consideravelmente desde sua concepção inicial. As melhorias e correções implementadas tornaram-no mais robusto, eficiente e confiável.

A. Proteção da Esteira

Com a continuação do projeto, foram introduzidas algumas novidades para aprimorar a adaptação da esteira. Uma das principais inovações consistiu na implementação de proteções adicionais feitas de MDF, para o painel, os visores de informações e a placa da esteira, garantindo que siga as regras exigidas pelas normas de biossegurança e uma maior segurança e durabilidade do equipamento. O material dessas proteções foi cuidadosamente escolhido por serem materiais de baixo custo e muita versatilidade, e ao projetar o modelo no

AutoCAD pode ser feito protótipos para teste, conforme indicado na Figura 1.

Em seguida, foram instaladas as placas, tendo como principal objetivo, evitar danos causados por impactos acidentais ou pelo contato direto dos animais com essas partes, como se pode observar na Figura 2.

Figura 1: Projeto no AutoCAD para proteções de placa

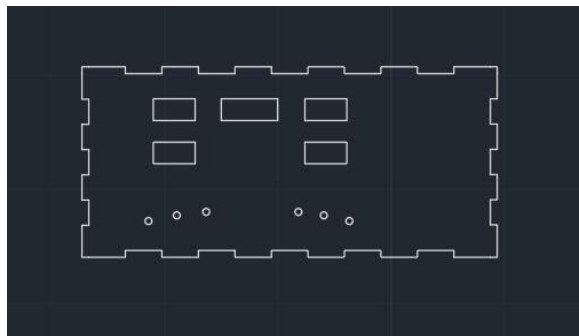
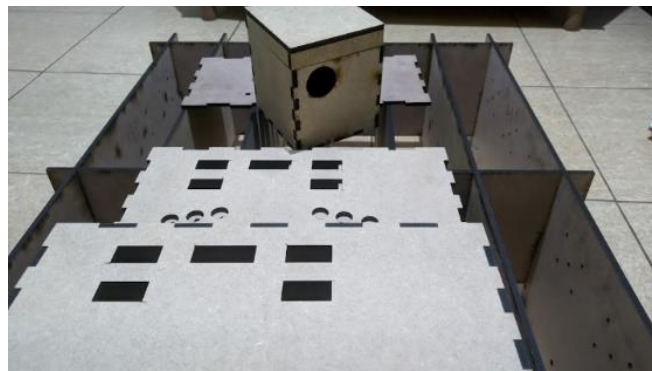


Figura 2: Proteções após o corte a laser do MDF



B. Ajuste de Inclinação

Foi projetado um ajuste de inclinação na esteira adaptada. Esse mecanismo permitirá controlar a inclinação da superfície de corrida, proporcionando a simulação de diferentes níveis de esforço físico durante os exercícios dos roedores. A introdução desse recurso possibilitará a realização de estudos mais abrangentes, explorando os efeitos da inclinação nos resultados obtidos e ampliando as possibilidades de pesquisa.

Para sua montagem foi utilizado ripas de madeira quer foram coladas. Para calcular a altura necessária para cada ajuste de ângulo foi feito utilizando a seguinte relação trigonométrica:

$$\frac{\text{Cateto oposto}}{\text{Hipotenusa}} = \text{sen}(\theta) \quad (1)$$

Deduzindo que a esteira ficara deitada formando um triângulo retângulo em relação ao chão e a sua altura, podemos sugerir que a hipotenusa é o comprimento da esteira e o cateto oposto é a altura correta para a esteira ficar na angulação necessária. A partir da equação 1, temos que:

$$\text{Altura do suporte} = \text{Comprimento da esteira} * \text{sen}(\theta)$$

Sendo θ os ângulos de 5° , 10° e 15° .

Esteiras comerciais tradicionalmente possuem inclinações com ângulos podem variar de 0 até 25 graus, valores confirmados em estudos na área da saúde como em [7]. Essa variação de valores foi escolhida a partir dos padrões das esteiras comerciais e de estudos em [8] e [10], dado que por ser um projeto de adaptação, fazer um regulador de ângulo com menor incremento não seria necessário. Contudo, após avaliar os possíveis usos, foi limitada a inclinação em 15 graus.

Após a colagem das madeiras foi aplicado uma massa acrílica própria para essa aplicação para preencher os desníveis das madeiras, então usando uma lixadeira foi feito um acabamento, e pôr fim a pintura e a colagem dos adesivos para informar os ângulos desse regulador.

Figura 3: Ajustador de ângulo em (antes e depois)



C. Remoção da Corrosão

Um aspecto importante do projeto foi a realização de uma pintura na esteira em peças críticas, visando tanto a higienização quanto a revitalização da carcaça do equipamento.

Para isso, antes foi necessário a aplicação de espuma expansiva e massa acrílica em algumas partes da esteira, com o intuito de seguir as normalidades de onde a esteira seria trabalhada e preencher os espaços vazios na carcaça da esteira evitando um futuro acúmulo de partículas indesejadas. A aplicação dessa pintura proporcionará uma superfície mais fácil de limpar, minimizando o acúmulo de sujeira e facilitando a manutenção da higiene necessária para o bem-estar dos animais e a confiabilidade dos resultados obtidos nos experimentos. Então após toda essa preparação da esteira, ela passou por um processo de lixamento, depois a aplicação do thinner e pôr fim a tinta. Que servirá como uma remoção das oxidações antigas e uma proteção para que não haja novas oxidações.

Figura 4: Esteira antes, durante e depois da pintura



Figura 5: Proteção da placa de controle



D. Painel Frontal

Ao projetar a placa de proteção frontal, onde ficaria a IHM, foi utilizado MDF com uma espessura de 6mm. Essa diferença na espessura trazia um dilema, uma vez que os *push buttons* convencionais não seriam compatíveis com a nova placa, por serem pequenos demais e não conseguirem serem pressionados.

Para contornar essa situação, foi preciso buscar alternativas criativas. A solução encontrada foi utilizar *push buttons* maiores, que dessem altura suficiente para serem pressionados. Esses novos *push buttons* possuíam diâmetros e alturas um pouco maiores, o que exigiu a adaptação da tampa da placa frontal.

Após a troca dos *push buttons* e a instalação da nova tampa, a placa foi parafusada a proteção. A adaptação foi bem-sucedida, proporcionando uma experiência de uso tão boa quanto a original.

E. Outras Melhorias

Além disso, uma modificação significativa foi a extensão do cabo de energia da esteira e a adaptação da própria proteção da esteira para o motor. Essa alteração foi realizada com o objetivo de proporcionar maior flexibilidade e segurança na localização da esteira e facilitar a conexão com a fonte de energia elétrica. A ampliação do comprimento do cabo permitirá a instalação da esteira em diferentes ambientes de pesquisa, sem restrições de distância em relação à tomada elétrica.

Essas inovações introduzidas durante a continuação do projeto demonstram o compromisso em aprimorar a adaptação da esteira, levando em consideração aspectos de segurança, funcionalidade e praticidade. Ao incorporar essas melhorias, espera-se otimizar o desempenho do equipamento e ampliar as possibilidades de estudo, contribuindo para avanços significativos na área de pesquisa relacionada aos efeitos do exercício físico em roedores.

Na Tabela 1 está descrito todos os materiais utilizados durante todo o projeto de adaptação.

Tabela 1: Materiais utilizados no projeto.

Material	Quantidade	Tamanho (cm)
Ripas de madeira	20	Variados
Chapas de MDF	1	100x70x0.6
Chapas de MDF	2	40x20x0.6
Parafusos e roscas	-	Variados
Cola para madeira	2	-
Ferramentas	-	-
Adesivos	-	-
Tintas	-	-
Lixas	-	-
Espuma expansiva	-	-
Massa Tapa Buraco	-	-

III. DESENVOLVIMENTO

Na primeira etapa do projeto, apresentado em [6], foi desenvolvida uma primeira versão da esteira adaptada. O projeto consistiu em retirar partes da esteira original, as quais não seriam necessárias para o propósito do projeto, sendo projetadas e instaladas 10 chapas de MDF. Esse material foi

escolhido por conta de seu custo e adaptado de forma a montar 8 baias para os camundongos. Também foi desenvolvido um protótipo de regulador de ângulo de inclinação e uma proteção para a placa controladora da esteira. Dentre as limitações desta primeira versão, foi a incompatibilidade das modificações com ambiente do biotério, além da exposição excessiva dos circuitos, aumentando o risco de choques.

Neste projeto, para determinar as próximas melhorias, primeiramente foi avaliado as condições em que se encontrava a esteira. Para cada situação, foram conduzidos estudos para determinar exatamente quais materiais seriam necessários para a adaptação ou melhoria.

A primeira etapa foi fazer as melhorias necessárias de [6], sendo elas, primeiramente o regulador de inclinação de ângulo e as proteções para as placas da esteira. Foi realizado um levantamento de custos dos materiais necessários para a construção de um novo regulador de ângulo.

Em seguida, foi realizado o projeto no AutoCAD em que seria possível ajustar o ângulo de inclinação da esteira de cinco em cinco graus com limite de quinze graus. Então foi feito o lixamento das madeiras, a colagem das mesmas e um acabamento no regulador, que durante toda a pesquisa, foi sendo melhorado, com o lixamento para dar um acabamento melhor e até mesmo uma pintura para proteger.

Então, foram feitos estudos sobre o manual e motores da esteira, testes de velocidade para garantir a sua funcionalidade e ajustes na carcaça da esteira, tapando orifícios para que ela siga corretamente as normas de biossegurança.

Foi necessário construir proteções para as placas da esteira a fim de seguir as normas de biossegurança. Inicialmente foi utilizado isopor para adquirir as medidas da placa, para em seguida ser projetado no AutoCAD. As proteções foram feitas em MDF, com o corte feito a laser.

Por conta das oxidações, a alternativa adotada foi de pintar a esteira para que removesse todas essas oxidações, com isso já iria garantir uma proteção e seria mais suscetível a ser aceito ao laboratório de testes. Então o próximo passo foi preparar a esteira para ser pintada, sendo feito o lixamento de toda a sua carcaça e então a aplicação da tinta.

Também foi feito algumas mudanças a para melhorar o uso e a locomoção da esteira, como por exemplo a confecção de um cabo de energia de maior comprimento, dado que o cabo limitava a mobilidade da esteira.

Por fim, para ajudar os usuários da esteira, foi feito um manual de uso e a impressão de alguns adesivos para ajudar a entender como funciona o painel da esteira.

IV. RESULTADOS

Primeiramente, é importante ressaltar que o ajustador de ângulo da esteira foi aprimorado e concluído com sucesso. Agora, os usuários poderão desfrutar de uma experiência mais confortável e adaptável, podendo ajustar facilmente o ângulo de inclinação da esteira de acordo com suas preferências e necessidades durante o exercício.

Além disso, poderá ser feito ainda mais mudanças em futuras melhorias para dar ainda mais estabilidade à esteira. Assim, poderá ser possível implementar uma nova melhoria que proporcionará uma estabilidade adicional, tornando a esteira ainda mais segura e confiável para os usuários.

Outro ponto importante do projeto foram as proteções de MDF instaladas para a placa de controle e a placa do motor. Essas proteções mostraram-se eficientes ao salvaguardar os componentes internos da esteira contra possíveis danos externos, proporcionando uma maior vida útil ao equipamento.

O lixamento e pintura realizados na esteira e em algumas de suas partes também foram bem-sucedidos. Agora, o visual da esteira está mais agradável e, ao mesmo tempo, protegido contra corrosão e desgaste causados pelo uso frequente.

Além disso, a adição de adesivos para identificação de funções e informações durante o uso da esteira foi extremamente útil. Isso tornou a operação do equipamento mais intuitiva e facilitou a compreensão de seus recursos, garantindo uma experiência mais amigável para os usuários.

É importante destacar que, como todo projeto desafiador, algumas etapas precisaram ser revisadas e refeitas para garantir a qualidade final do produto. Essas revisões foram essenciais para melhorar detalhes e corrigir eventuais falhas, demonstrando nosso compromisso em entregar uma esteira de alta qualidade e desempenho aos usuários.

O compromisso contínuo em buscar alternativas éticas e seguras para avaliar o desempenho da esteira, foi realizado um teste usando bolinhas como meio alternativo aos choques elétricos para incentivar os camundongos a correrem. Esse método, baseado no estímulo lúdico, cria um ambiente mais ameno e livre de estresse para os animais durante o experimento. As bolinhas foram colocadas na esteira, e testadas, porém, testes não foram feitos com os camundongos. Continuaremos a aprimorar esse método alternativo, buscando cada vez mais garantir o bem-estar das cobaias em pesquisas científicas.

Figura 6: Bolas como meio de estímulo



Ao final da adaptação do projeto foi confeccionado um manual de uso, para os futuros pesquisadores que precisarem utilizar a esteira, então as necessidades de pesquisa como velocidade, altura, botões de funcionamento, cuidados, foram

todos contidos nesse manual para garantir o bom uso da esteira.

Figura 7: Esteira em seu estágio final



Figura 8: Capa do manual para o usuário da esteira



V. CONCLUSÃO

As dificuldades enfrentadas, principalmente relacionadas à falta de ferramentas adequadas para algumas ações, não foram obstáculos intransponíveis. Ao longo do processo, aprendeu-se da importância de adaptar e buscar soluções criativas para superar essas limitações, resultando em uma

esteira totalmente utilizável para qualquer pesquisa relacionada a área.

As melhorias realizadas no ajustador de ângulo e nas proteções de MDF foram essenciais para tornar a esteira mais funcional, segura e durável. O lixamento, pintura e a identificação com adesivos também aprimoraram a estética e a usabilidade do equipamento.

Entretanto, o trabalho não termina aqui. Para garantir que a esteira atenda aos mais altos padrões de qualidade e ética, é essencial submetê-la a testes com camundongos, onde seria possível avaliar seu desempenho em condições mais próximas da realidade.

Para consolidar os benefícios da adaptação da esteira, o próximo passo crucial é a realização de experimentos com camundongos. Isso envolveria a exposição de camundongos na esteira, avaliando seu desempenho e o seu comportamento em condições controladas. Os resultados desses testes fornecerão dados essenciais sobre a viabilidade e a utilidade da tecnologia na pesquisa científica e em aplicações práticas.

Após a realização dos testes com camundongos, é fundamental coletar feedbacks dos usuários, como pesquisadores e profissionais da área. Esses usuários têm perspectivas valiosas para identificar falhas e oportunidades de melhorias na esteira adaptada. A partir desse feedback, pode-se aprimorar o projeto para aumentar a eficácia e a usabilidade do dispositivo.

Uma das melhorias potenciais a serem consideradas é o uso de acrílico nas baias que acomodam os camundongos durante os testes na esteira. Embora a implementação do acrílico nas baias seja uma melhoria valiosa, é importante reconhecer que o custo deste material pode ser significativo. A viabilidade de adotar o acrílico dependerá de um futuro financiamento para o projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do Projeto RoboPatos APQ-02616-22 e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa.

REFERÊNCIAS

- [1] L. O. Pereira, R. P. de Francischiet, “Obesidade: hábitos nutricionais, sedentarismo e resistência à insulina”, *Arq Bras Endocrinol Metab*, vol. 47, no. 2, pp. 111-127, Abril 2003.
- [2] A. B. R. Rique, E. A. de Soares, C. de M. Meirelles, “Nutrição e exercício na prevenção e controle das doenças cardiovasculares”, *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, vol. 8, no. 6, pp. 244-254, 2002.
- [3] M. P. Munhoz, “Efeito do exercício físico e da nutrição na prevenção do câncer”, *Revista Odontológica de Araçatuba*, vol. 37, no. 2, pp. 09-16, 2016.
- [4] A. E. S. Aguiar, “O exercício físico reduz as discinesias induzidas por LDOPA: investigação da neuroproteção e das modificações na metaplasticidade

estriatal”, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

[5] P. R. Pinto, “Treinamento físico aeróbio em camundongos selvagens e transgênicos para CETP não altera a remoção de colesterol celular e a expressão de genes envolvidos no fluxo de lípidos em macrófagos e arco aórtico”, Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2015.

[6] E. Elias, “Análise de requisitos e projeto de adaptação de uma esteira para uso em estudos com roedores na área da saúde”, Iniciação científica (Graduação em Engenharia Eletrônica e de telecomunicações), Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2022.

[7] A. F. Santos, T. Peixoto Gaid Machado, L. A. Alves, A. P. Santos, A. S. & Dias Machado, “Treino de baixa intensidade mantém a funcionalidade e fibrose em camundongos mdx”, *Revista Neurociências*, vol. 30, pp. 1–28. Acedido em 2022, em: <https://doi.org/10.34024/rmc.2022.v30.13541>

[8] B. C. Pereira, “Efeitos do overtraining induzido através de exercício em esteira rolante sem inclinação, em aclave e em declive, no conteúdo e ativação das proteínas das vias inflamatória e de sinalização da insulina em camundongos”, Tese de Mestrado, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2015.

[9] M. A. A. Frisso, B. E. C. & Soares, “Ensino em Biossegurança: Educação e Sensibilização do Profissional de Biotério para as Práticas Seguras de Experimentação Animal” *REMPEC - Ensino, Saúde e Ambiente*, 2010.

[10] V. M. Reis, A. J. Silva, A. C. Ferreira, A. C. Sá, A. & Moreira, “Treino Intervalado Intensivo: Comparação entre a corrida em plano horizontal e em plano inclinado”, *Motricidade*, vol. 1, no. 1, pp. 20-26. Acedido em 2005, em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273021333003>