



## EPIGENÉTICA EM EQUINOS ATLETAS: IMPACTO DO EXERCÍCIO NAS ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS E NO DESEMPENHO ESPORTIVO

Maria Carolina Toledo Braga<sup>1\*</sup> e Matheus Camargos de Britto Rosa<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Discente no Curso de Medicina Veterinária – Centro Universitário de Lavras - Unilavras – Lavras/MG – Brasil – \*Contato: mctoledobraga@gmail.com

<sup>2</sup>Docente do Curso de Medicina Veterinária – Centro Universitário de Lavras - Unilavras – Lavras/MG – Brasil

### INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a epigenética na Medicina Veterinária, tem sido uma área de pesquisa promissora para entender fatores ambientais, como o exercício, podem impactar na expressão gênica, sem alteração na sequência do DNA. Os mecanismos epigenéticos, incluindo a metilação do DNA e as modificações nas histonas, são cruciais para as adaptações fisiológicas em equinos atletas<sup>1</sup>. O exercício, envolvendo o treinamento de alta intensidade, induz alterações epigenéticas que influenciam a regulação de genes envolvidos no metabolismo energético, na regeneração muscular e na capacidade cardiovascular, elementos cruciais para o desempenho esportivo desses animais<sup>2</sup>.

De acordo com alguns estudos recentes, o perfil epigenético dos equinos atletas podem ser modulado ao decorrer do tempo pelo exercício, o que favorece adaptações que melhoram a eficiência do sistema cardiovascular e muscular<sup>3</sup>. Além disso, há evidências de que essas mudanças epigenéticas podem ter efeitos a longo prazo, influenciando a performance e o bem-estar dos cavalos mesmo após o fim do treinamento<sup>4</sup>. Existem estratégias que possibilitam que programas de treinamento personalizados, baseados em fatores epigenéticos, podem melhorar o desempenho esportivo dos equinos de maneira mais direcionada e eficaz<sup>5</sup>.

Com base nessas premissas, este estudo tem como objetivo explorar o impacto do exercício nas adaptações fisiológicas mediadas por mecanismos epigenéticos em equinos atletas, considerando pesquisas recentes. O trabalho busca auxiliar no entendimento de como o treinamento físico modula as modificações epigenéticas e como essas alterações podem ser aproveitadas para otimizar o desempenho esportivo e melhorar o bem-estar dos cavalos.

### MATERIAL E MÉTODOS

Para elaborar este trabalho, foi realizada uma revisão abrangente da literatura científica sobre o impacto do exercício nas adaptações epigenéticas em equinos atletas. Foram consultados periódicos como *Molecules and Cells*, *Equine Veterinary Journal*, *Frontiers in Genetics*, *Nature Reviews Endocrinology*, *BMC Genomics*, *Animals e Scientific Reports*. Essas fontes forneceram dados relevantes sobre a regulação epigenética e suas implicações para o desempenho esportivo dos equinos.

A pesquisa foi conduzida através de plataformas científicas como *PubMed*, *Google Scholar* e *ScienceDirect*, priorizando publicações dos últimos cinco anos e artigos de revistas indexadas e revisadas por pares. As palavras-chave utilizadas na pesquisa incluíram "epigenética equina", "exercício e epigenética", "modificações epigenéticas em equinos atletas", "metilação do DNA", "modificações das histonas", "regulação epigenética do desempenho esportivo" e "adaptações epigenéticas ao exercício". O processo incluiu a leitura crítica e a síntese das informações para garantir uma visão atualizada e confiável sobre como o exercício físico influencia as modificações epigenéticas e seu impacto no desempenho e bem-estar dos cavalos atletas.

### RESUMO DE TEMA

A epigenética tem se estabelecido como um campo de grande relevância para compreensão das adaptações fisiológicas ao exercício em equinos atletas, destacando-se como ferramenta primordial para otimizar o desempenho esportivo. Modificações epigenéticas, como a metilação do DNA e alterações em histonas, são cruciais para a regulação de processos fisiológicos complexos, incluindo a regulação do metabolismo energético, a síntese e a degradação de proteínas musculares, e a resposta ao estresse oxidativo<sup>1,2</sup>. Em equinos, o treinamento físico intenso é capaz de induzir essas mudanças epigenéticas, promovendo melhorias na capacidade

aeróbica, resistência muscular e recuperação pós-exercício, todas fundamentais para o desempenho esportivo<sup>3</sup>.

O conceito de epigenética refere-se às modificações herdáveis na expressão gênica que não envolvem alterações na sequência do DNA, mas sim modificações químicas que podem influenciar a forma como os genes são ativados ou desativados. Estas modificações podem ser causadas por diversos fatores ambientais, incluindo o exercício físico<sup>1,4</sup>. A importância da epigenética reside na sua capacidade de revelar como fatores externos podem moldar a expressão gênica e, consequentemente, impactar o desempenho e a saúde dos equinos atletas. Ao compreender esses mecanismos, é possível identificar maneiras de melhorar a eficiência do treinamento e a recuperação dos animais<sup>5</sup>.

O exercício físico exerce um efeito significativo no perfil epigenético dos equinos, induzindo modificações específicas que promovem adaptações fisiológicas duradouras. A prática regular de exercícios pode causar mudanças na metilação do DNA e em modificações das histonas, como acetilação e metilação, que regulam a expressão de genes envolvidos em processos críticos<sup>1,2</sup>. Especificamente, a metilação do DNA pode silenciar genes que regulam a inflamação e a apoptose, enquanto a acetilação das histonas pode aumentar a transcrição de genes associados à síntese de proteínas musculares e ao aumento da capacidade aeróbica. Além disso, a metilação e a acetilação afetam a regulação dos genes responsáveis pela resposta ao estresse oxidativo e pela adaptação metabólica durante e após o exercício, contribuindo para uma melhora na eficiência energética, recuperação muscular e resistência ao estresse oxidativo<sup>4,5</sup>. Essas modificações epigenéticas são essenciais para a melhoria da capacidade aeróbica e da resistência muscular durante o treinamento. Por exemplo, a metilação do DNA pode ajustar a expressão de genes relacionados à síntese de proteínas musculares e à recuperação, enquanto alterações nas histonas podem influenciar a atividade dos genes envolvidos na adaptação ao estresse físico<sup>4,5</sup>. Essas adaptações não se limitam ao período de treinamento, mas também persistem após a cessação dos exercícios, contribuindo para uma recuperação mais eficiente e um bem-estar geral dos animais<sup>6,7</sup>.

A aplicação da epigenética no treinamento de equinos atletas pode revolucionar a forma como esses animais são preparados para competições. Ao identificar as modificações epigenéticas induzidas por diferentes tipos e intensidades de exercício, os treinadores poderão ajustar os programas de treino de forma personalizada, visando potencializar as adaptações fisiológicas específicas de cada cavalo. Isso significa que, com base no perfil epigenético de um equino, seria possível definir o tipo de exercício mais adequado para melhorar sua resistência, capacidade aeróbica ou recuperação muscular<sup>1,3</sup>. Além disso, esses conhecimentos podem ser usados para monitorar o impacto do estresse físico e psicológico no desempenho dos cavalos, permitindo ajustes em tempo real para evitar sobrecargas que poderiam comprometer sua saúde a longo prazo<sup>5</sup>.

Além dos benefícios imediatos, a epigenética também tem o potencial de influenciar futuras gerações de equinos atletas. Como algumas dessas alterações epigenéticas podem ser herdadas, cavalos que passaram por treinamentos otimizados podem transmitir essas características favoráveis aos seus descendentes<sup>6,7</sup>. Isso sugere que a criação de linhagens de cavalos atletas não dependeria apenas de sua genética, mas também de como foram submetidos a treinamentos ao longo da vida. Em um cenário futuro, o manejo epigenético poderia ser uma ferramenta fundamental para a seleção de cavalos com maior predisposição para desempenho atlético, elevando ainda mais os padrões das competições<sup>8</sup>.



## XIV Colóquio Técnico Científico de Saúde Única, Ciências Agrárias e Meio Ambiente

A importância dessas descobertas vai além do impacto imediato no desempenho esportivo. A capacidade de personalizar os programas de treinamento com base no perfil epigenético individual dos cavalos pode resultar em uma otimização mais eficiente da performance e na redução de riscos de lesões. Além disso, o conhecimento sobre as modificações epigenéticas pode melhorar as estratégias de manejo e recuperação, contribuindo para a saúde e longevidade dos equinos atletas<sup>8</sup>.

Essas descobertas têm efeitos importantes para o manejo esportivo de equinos, pois programas de treinamento baseados em fatores epigenéticos podem maximizar a performance esportiva de maneira mais eficiente e garantir o bem-estar dos animais. Este estudo teve como objetivo revisar o impacto do exercício nas adaptações epigenéticas em equinos atletas, utilizando as mais recentes evidências para propor abordagens práticas que possam ser aplicadas à Medicina Veterinária esportiva e ao treinamento de cavalos de alta performance.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

As evidências discutidas ao longo deste trabalho reforçam a importância dos mecanismos epigenéticos nas adaptações fisiológicas ao exercício em equinos atletas. As alterações epigenéticas, como a metilação do DNA e as modificações em histonas, demonstram influenciar diretamente a capacidade dos cavalos de otimizar o metabolismo energético, melhorar a resistência muscular e acelerar a recuperação pós-exercício. Além disso, essas modificações podem ter efeitos duradouros, impactando o desempenho e o bem-estar dos animais mesmo após o fim do treinamento<sup>1,2,3</sup>.

Diante dessas constatações, uma solução viável seria a implementação de programas de treinamento mais personalizados, baseados no perfil epigenético dos equinos. Isso permitiria uma abordagem mais eficaz, maximizando o desempenho esportivo e prevenindo lesões, além de favorecer o bem-estar a longo prazo<sup>4,5</sup>. A integração de exames epigenéticos rotineiros na prática veterinária esportiva pode contribuir significativamente para otimizar o manejo dos cavalos atletas, ajustando o treinamento de acordo com as necessidades específicas de cada animal<sup>6,7</sup>.

Para pesquisas futuras, recomenda-se aprofundar o estudo das interações entre diferentes tipos de treinamento e suas respectivas influências no perfil epigenético dos equinos, além de investigar como essas modificações podem ser transmitidas entre gerações. Estudos de longo prazo, envolvendo uma análise mais detalhada dos impactos das mudanças epigenéticas em diferentes raças e modalidades esportivas, também seriam valiosos para compreender melhor os fatores que contribuem para a performance de elite<sup>8</sup>.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GIM, J.-A. et al. **Genome-Wide Analysis of DNA Methylation before and after Exercise in the Thoroughbred Horse with MeDIP-Seq.** *Molecules and Cells*, v. 38, n. 3, p. 210–220, 30 jan. 2015.
2. SCHRÖDER, W.; KLOSTERMANN, A.; DISTL, O. **Candidate genes for physical performance in the horse.** *The Veterinary Journal*, v. 190, n. 1, p. 39–48, out. 2011.
3. DENHAM, J. et al. **Epigenetic control of exercise adaptations in the equine athlete: Current evidence and future directions.** *Equine Veterinary Journal*, 30 set. 2020.
4. ROSCIONI, S. S. et al. **Impact of islet architecture on  $\beta$ -cell heterogeneity, plasticity and function.** *Nature Reviews. Endocrinology*, v. 12, n. 12, p. 695–709, 1 dez. 2016.
5. RYAN, A. F. et al. **Single-Cell Transcriptomes Reveal a Complex Cellular Landscape in the Middle Ear and Differential Capacities for Acute Response to Infection.** *Frontiers in Genetics*, v. 11, 15 abr. 2020.
6. MACH, N. et al. **Understanding the response to endurance exercise using a systems biology approach: combining blood metabolomics, transcriptomics and miRNomics in horses.** *BMC Genomics*, v. 18, n. 1, 17 fev. 2017.
7. GASTAL, G. D. A. et al. **Epigenetic Changes in Equine Embryos after Short-Term Storage at Different Temperatures.** *Animals*, v. 11, n. 5, p. 1325, 6 maio 2021.
8. CAPPELLI, K. et al. **Genome-wide epigenetic modifications in sports horses during training as an adaptation phenomenon.** *Scientific Reports*, v. 13, n. 1, p. 18786, 1 nov. 2023.