

## A RELEVÂNCIA DO NEURÔNIOS-ESPELHO PARA O ENSINO DA ANESTESIOLOGIA VETERINÁRIA

### THE RELEVANCE OF MIRROR NEURONS FOR TEACHING VETERINARY ANESTHESIOLOGY

### LA RELEVANCIA DE LAS NEURONAS ESPEJO PARA LA ENSEÑANZA DE LA ANESTESIOLOGÍA VETERINARIA

Yuri Garcia Carvalho<sup>1</sup>

Leandro Bueno Lima<sup>2</sup>

**RESUMO:** Os neurônios-espelho representam um dos principais fundamentos neurobiológicos da aprendizagem por observação, imitação e interpretação de ações, constituindo mecanismo central para o desenvolvimento de habilidades clínicas em áreas que exigem proficiência psicomotora e tomada de decisão complexa. Na anestesiologia veterinária, tais habilidades são essenciais diante da elevada demanda técnica e da necessidade de respostas rápidas em cenários críticos. Este artigo analisa a base fisiológica do sistema de neurônios-espelho, sua relação com processos cognitivos, motores e socioemocionais e discute como esse conhecimento pode fortalecer estratégias pedagógicas adotadas no ensino da anestesiologia. A partir de revisão teórica e integração com metodologias educacionais aplicadas à Medicina Veterinária, demonstra-se que observação estruturada, simulação realística, ensino prático supervisionado e metodologias ativas potencializam a ativação dos circuitos espelho, favorecendo aquisição de habilidades técnicas, regulação emocional e trabalho em equipe. Conclui-se que a incorporação consciente desses mecanismos neurobiológicos ao desenho curricular pode otimizar a formação de anestesiologistas veterinários, promovendo aprendizagem mais eficiente, segura e integrada.

1

**Palavras-chave:** Neurônios-Espelho. Ensino Veterinário. Anestesiologia.

**ABSTRACT:** Mirror neurons represent one of the main neurobiological foundations of learning through observation, imitation, and interpretation of actions, constituting a central mechanism for the development of clinical skills in areas that require psychomotor proficiency and complex decision-making. In veterinary anesthesiology, such skills are essential given the high technical demands and the need for rapid responses in critical scenarios. This article analyzes the physiological basis of the mirror neuron system, its relationship with cognitive, motor, and socio-emotional processes, and discusses how this knowledge can strengthen pedagogical strategies adopted in the teaching of anesthesiology. Based on a theoretical review and integration with educational methodologies applied to Veterinary Medicine, it is demonstrated that structured observation, realistic simulation, supervised practical teaching, and active methodologies enhance the activation of mirror circuits, favoring the acquisition of technical skills, emotional regulation, and teamwork. It concludes that the conscious incorporation of these neurobiological mechanisms into the curriculum design can optimize the training of veterinary anesthesiologists, promoting more efficient, safe, and integrated learning.

**Keywords:** Mirror Neurons. Veterinary Education. Anesthesiology.

<sup>1</sup>Discente do curso de Mestrado Profissional em Inovação no Ensino Superior em Saúde, pela Universidade Municipal de São Caetano do Sul – USCS.

<sup>2</sup>Orientador e Docente do curso de Mestrado Profissional em Inovação no Ensino Superior em Saúde. Universidade Municipal de São Caetano do Sul – USCS.

**RESUMEN:** Las neuronas espejo representan uno de los principales fundamentos neurobiológicos del aprendizaje mediante la observación, la imitación y la interpretación de acciones, constituyendo un mecanismo central para el desarrollo de habilidades clínicas en áreas que requieren dominio psicomotor y la toma de decisiones complejas. En anestesiología veterinaria, estas habilidades son esenciales dadas las altas exigencias técnicas y la necesidad de respuestas rápidas en situaciones críticas. Este artículo analiza las bases fisiológicas del sistema de neuronas espejo, su relación con los procesos cognitivos, motores y socioemocionales, y analiza cómo este conocimiento puede fortalecer las estrategias pedagógicas adoptadas en la enseñanza de la anestesiología. A partir de una revisión teórica y la integración con metodologías educativas aplicadas a la Medicina Veterinaria, se demuestra que la observación estructurada, la simulación realista, la enseñanza práctica supervisada y las metodologías activas potencian la activación de los circuitos espejo, favoreciendo la adquisición de habilidades técnicas, la regulación emocional y el trabajo en equipo. Se concluye que la incorporación consciente de estos mecanismos neurobiológicos en el diseño curricular puede optimizar la formación de los anestesiólogos veterinarios, promoviendo un aprendizaje más eficiente, seguro e integrado.

**Palabras clave:** Neuronas espejo. Educación veterinaria. Anestesiología.

## INTRODUÇÃO

A anestesiologia veterinária constitui uma das áreas mais complexas do ensino médico-veterinário, exigindo domínio simultâneo de conhecimentos teóricos, habilidades psicomotoras, raciocínio clínico e estabilidade emocional em cenários de alta pressão. Dentro desse contexto, compreender como os estudantes adquirem habilidades anestésicas tornou-se essencial para o aprimoramento curricular e metodológico dos cursos de Medicina Veterinária. A neurociência moderna tem contribuído significativamente para esse entendimento, especialmente com a descoberta dos neurônios-espejo por Rizzolatti e colaboradores na década de 1990 (DI PELLEGRINO et al., 1992; RIZZOLATTI; SINIGAGLIA, 2016).

Os neurônios-espejo, localizados principalmente no córtex pré-motor e parietal inferior, são ativados tanto durante a execução quanto durante a observação de uma ação (RIZZOLATTI; CRAIGHERO, 2004). Essas células sustentam processos como aprendizagem por imitação, reconhecimento de intenções, empatia e coordenação social (GALLESE; GOLDMAN, 1998; HARI; KUJALA, 2009; BONINI et al., 2022), fundamentais para o ensino clínico e cirúrgico. Em áreas que dependem de habilidades motoras complexas, como a anestesiologia, a observação de profissionais experientes gera ativação antecipada de circuitos motores e cognitivos, facilitando a execução futura do procedimento (CALVO-MERINO et al., 2005; IACOBONI, 2009).

Além do aspecto técnico, a prática anestésica envolve forte componente emocional e comunicacional, pois exige trabalho em equipe, interpretação de sinais sutis de dor e desconforto animal e gerenciamento de situações críticas. Estudos indicam que o sistema de neurônios-espelho também participa da leitura de estados emocionais e da sincronização comportamental entre membros de uma equipe (GALLESE; SINIGAGLIA, 2011; KEYSERS; GAZZOLA, 2014; JEON; LEE, 2018). Isso significa que o aluno não aprende apenas procedimentos, mas também atitudes, comportamentos e respostas emocionais adequadas ao ambiente cirúrgico.

Assim, entender a função desempenhada pelos neurônios-espelho no processo de aprendizado dos alunos de anestesiologia veterinária estabelece uma fundamentação neurobiológica sólida e convincente, que justifica a implementação de metodologias ativas no ensino. Essa compreensão é particularmente relevante para a aplicação de técnicas como simulação, ensino prático supervisionado e diversas estratégias voltadas para a modelagem comportamental, considerando a importância desses elementos no desenvolvimento educacional dos estudantes nessa área específica (COOK et al., 2011; ORQUERA et al., 2023). O presente artigo discute esses fundamentos, apresenta quadros comparativos e propõe aplicações pedagógicas diretas.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Base neurobiológica dos neurônios-espelho

Os neurônios-espelho foram identificados inicialmente no córtex pré-motor (área F5) e no lobo parietal inferior de primatas, sendo posteriormente confirmados em humanos por técnicas de neuroimagem funcional (HARI; KUJALA, 2009; RIZZOLATTI; SINIGAGLIA, 2016). Essas células apresentam ativação dupla: durante a execução de uma ação específica e durante a observação de outro indivíduo realizando a mesma ação (DI PELLEGRINO et al., 1992; RIZZOLATTI; CRAIGHERO, 2004).

Esse processo de ativação integrada possibilita que o cérebro execute uma espécie de “simulação interna” relativa à ação que está sendo observada, o que, consequentemente, auxilia em uma variedade de funções cognitivas que incluem, mas não se limitam a:

Aprendizagem por imitação (HEYES, 2010);

aquisição de habilidades motoras complexas (CALVO-MERINO et al., 2005);

compreensão emocional e empatia (GALLESE; GOLDMAN, 1998; GALLESE, 2003);

aprendizagem prática em profissões da saúde (COOK et al., 2014; ORQUERA et al., 2023).

Esses mecanismos estão diretamente relacionados às exigências cognitivas que surgem na prática da anestesia veterinária. Essa conexão é fundamental, pois as habilidades e conhecimentos necessários para a anestesia em animais estão intrinsecamente ligados às capacidades cognitivas que os profissionais precisam desenvolver e aplicar (FANTONI; CORTOPASSI, 2009; MASSONE, 2019). Portanto, a forma como esses mecanismos operam se evidencia na realidade do dia a dia dos especialistas que atuam na área de anestesia veterinária.

### **Neurônios-espelho e aprendizagem por observação**

A aprendizagem por observação, uma das formas mais importantes de aquisição de habilidades clínicas, é mediada pelo sistema de neurônios-espelho. Ao observar um docente realizar procedimentos como intubação orotraqueal, acesso venoso ou manipulação de equipamentos anestésicos, o aluno ativa internamente padrões motores equivalentes, preparando-se para executar tais ações com maior precisão (CALVO-MERINO et al., 2005; BUCCINO; RIGGIO, 2006; LAGO-RODRÍGUEZ et al., 2014).

Além disso, a análise da maneira como as decisões clínicas são tomadas implica na absorção e na incorporação de estruturas cognitivas e emocionais que são sustentadas pelo que se conhece como sistema espelho (JÄRVELÄ et al., 2013; PANADERO; JÄRVELÄ, 2015). Dessa forma, o aluno adquire conhecimentos não apenas sobre as práticas adequadas a serem seguidas, mas também sobre o desenvolvimento do pensamento clínico, que é essencial em sua formação profissional (ERICSSON; KRAMPE; TESCH-RÖMER, 1993; ERICSSON, 2008).

### **Importância para o ensino da anestesiologia veterinária**

A atividade relacionada à anestesia requer a realização de diversas tarefas que, por sua vez, necessitam de habilidades psicomotoras bastante desenvolvidas, de uma boa percepção em relação aos riscos que podem surgir durante os procedimentos e, além disso, de uma comunicação eficaz e fluida com todos os membros da equipe envolvida. Os neurônios-espelho exercem uma influência significativa em cada uma das dimensões mencionadas, uma vez que modulam a compreensão da ação, da intenção e do comportamento observado (RIZZOLATTI; CRAIGHERO, 2004; CALVO-MERINO et al., 2005; IACOBONI, 2009; SPAULDING, 2013; KEYSERS; GAZZOLA, 2014; FIGUEIREDO et al., 2023).

Estudos em neurociência demonstram que esse sistema está intimamente relacionado ao desenvolvimento de habilidades motoras a partir da observação, o que reforça sua relevância para tarefas que exigem coordenação complexa, como os presentes na anestesiologia veterinária (THANIKKAL, 2019; OZTOP; KAWATO; ARBIB, 2006).

## Desenvolvimento de habilidades técnicas

A realização de procedimentos relacionados à anestesia, que incluem práticas como a intubação, a aplicação de bloqueios regionais e a vigilância da monitorização fisiológica, torna-se significativamente mais simples e eficiente quando há uma fase de observação que é realizada de maneira repetida sob a supervisão de um especialista qualificado na área. Essa observação contínua auxilia os profissionais em formação a adquirirem habilidades e confiança necessárias para desempenhar essas atividades de forma adequada e segura. O sistema espelho desempenha um papel fundamental na preparação do cérebro, uma vez que facilita a execução de tarefas, contribui para a diminuição da curva de aprendizagem e, além disso, promove uma melhoria significativa no desempenho técnico dos indivíduos. Essa mecânica de funcionamento é essencial para otimizar relação entre a prática e a assimilação de habilidades (IACOBONI, 2005; IACOBONI, 2009; BUCCINO; RIGGIO, 2006; LAGO-RODRÍGUEZ et al., 2014). Em relação aos processos neurais e competências anestésicas o Quadro 1 permite visualizar a aplicabilidade pedagógica desses conhecimentos no campo anestésico.

5

**Quadro 1** – Relação entre Funções dos Neurônios-Espelho e Competências na Anestesiologia Veterinária

| Função dos neurônios-espelho | Aplicação na anestesiologia veterinária         | Contribuição pedagógica                  |
|------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Aprendizagem por observação  | Observação de intubação, indução, monitorização | Acelera aquisição de habilidades motoras |
| Reconhecimento de ações      | Identificação de padrões anestésicos            | Facilita raciocínio clínico sequencial   |
| Entendimento de intenções    | Compreensão do motivo das condutas anestésicas  | Desenvolve tomada de decisão             |
| Imitação motora              | Reprodução correta de técnicas                  | Reduz erros e aumenta segurança          |
| Empatia/comunicação          | Compreensão do comportamento animal e tutores   | Melhora o manejo clínico                 |

**Fontes:** Adaptado de RIZZOLATTI; CRAIGHERO, 2004; CALVO-MERINO et al., 2005; IACOBONI, 2009; HARI; KUJALA, 2009; COOK et al., 2014).

Do ponto de vista da aprendizagem técnica, a participação dos neurônios-espelho em processos de imitação e internalização de sequências motoras sugere que estudantes expostos à observação sistematizada, seja por shadowing clínico, videotreinamento ou simulações, tendem a consolidar mais rapidamente padrões de execução (MOLENBERGHS; CUNNINGTON;

MATTINGLEY, 2009; OZTOP; KAWATO; ARBIB, 2013). Esse mecanismo desempenha um papel importante na absorção de atitudes e comportamentos interativos que são fundamentais para o funcionamento eficaz de equipes que atuam na área de anestesia. Isso abrange aspectos como a comunicação que deve ser realizada de maneira clara e objetiva, além da capacidade de tomar decisões de forma rápida e segura quando necessário.

Além do que já foi mencionado, diversas teorias recentes têm sugerido que o funcionamento do sistema de neurônios-espelho se dá sob uma lógica que envolve predição e uma atualização constante de erros. Esse mecanismo é fundamental, pois proporciona ao estudante a habilidade de prever possíveis riscos, além de permitir que ele faça ajustes em suas respostas motoras e cognitivas de forma imediata, acompanhando as demandas do momento presente (KILNER; FRISTON; FRITH, 2007). Essa visão aprofunda e potencializa a eficácia pedagógica desse sistema educacional, especialmente em circunstâncias desafiadoras que envolvem, por exemplo, o manejo das vias aéreas, a identificação precoce de possíveis complicações e a resposta adequada a eventos adversos que possam surgir. Essa abordagem ressalta a importância do aprendizado prático e direcionado em momentos críticos.

### **Compreensão de emoções e empatia clínica**

6

O especialista que atua na área de anestesia veterinária desempenha um papel fundamental e, portanto, de grande importância ao ser responsável por reconhecer e analisar indícios que, muitas vezes, podem ser bastante discretos. Esses indícios são sinais que podem revelar que os animais, sob seus cuidados, estão experienciando dor, passando por situações de estresse ou apresentando algum tipo de desconforto. Ao fazer isso, esse profissional é capaz de garantir o bem-estar e a saúde dos pacientes animais durante procedimentos cirúrgicos ou tratamentos que requerem anestesia. Essa competência se revela essencial para assegurar o conforto e o bem-estar dos pacientes, pois possibilita uma análise detalhada e atenta das condições emocionais e físicas deles ao longo de procedimentos médicos que requerem o uso de anestesia. A habilidade em questão desempenha um papel crucial, permitindo que os profissionais da saúde realizem uma avaliação minuciosa, levando em consideração as diversas nuances que envolvem a experiência do paciente durante esses momentos. Assim, é possível promover um atendimento mais seguro e humanizado, evitando complicações e promovendo um ambiente mais tranquilo para todos os envolvidos. Estudos realizados no campo da ciência têm demonstrado de maneira consistente que o sistema espelho exerce uma função

extremamente relevante na interpretação de expressões faciais, além de estar relacionado com a identificação de distintos estados emocionais. Essa capacidade, conseqüentemente, contribui de forma significativa para o aprimoramento da sensibilidade clínica entre os profissionais que atuam nessa área de atuação (GALLESE, 2001; GALLESE, 2009; KEYSERS; GAZZOLA, 2014; RIZZOLATTI; SINIGAGLIA, 2016).

### **Trabalho em equipe no centro cirúrgico**

A interação entre o anestesiologista e o cirurgião requer a realização de diversas atividades que necessitam ser cuidadosamente organizadas antes da cirurgia. É fundamental que haja uma habilidade desenvolvida para compreender as intenções e os objetivos de cada um dos profissionais que participam desse processo. Essa interação não se resume apenas a um diálogo, mas envolve um entendimento mútuo que é crucial para o sucesso da operação proposta. Essa conexão interpessoal requer, igualmente, uma colaboração sincrônica, na qual cada integrante da equipe desempenha suas funções de maneira harmoniosa e coordenada, a fim de assegurar a eficácia e o êxito do procedimento cirúrgico que está sendo realizado. Os neurônios-espelho desempenham um papel crucial na facilitação da coordenação social e na comunicação que não envolve palavras, aspectos que são essenciais para garantir a segurança durante os procedimentos anestésicos. Esses elementos são de suma importância, uma vez que contribuem significativamente para a criação de vínculos e interações, os quais se tornam essenciais em cenários relacionados à medicina. Isso é especialmente verdadeiro em circunstâncias nas quais a comunicação através da fala pode estar restrita ou até mesmo completamente inexistente. Assim, a relevância dos neurônios-espelho vai muito além da simples capacidade de observação, tendo um papel fundamental na melhoria da eficácia e da segurança nas práticas relacionadas à anestesia (KEYSERS; GAZZOLA, 2006; CIARAMIDARO et al., 2024).

### **Metodologias ativas e simulação**

Abordagens educacionais, tais como a simulação realística, o PBL, que significa Aprendizado Baseado em Problemas, e o OSCE, que é o Exame Clínico Estruturado Objetivo, têm a capacidade de ativar de maneira significativa o sistema espelho. Isso ocorre porque essas metodologias apresentam aos estudantes processos que são observacionais e devidamente estruturados, além de cenários que são cuidadosamente reproduzidos, o que facilita uma experiência de aprendizagem mais imersiva e reflexiva. Dessa maneira, a aplicação de

simulações no campo da anestesiologia vai além de simplesmente replicar cenários clínicos; por outro lado, também aprimora os processos naturais de aprendizagem relacionados aos mecanismos neurobiológicos (GORDON et al., 2000; LEINSTER, 2009; COOK et al., 2011; COOK et al., 2014; ORQUERA et al., 2023). Essa abordagem permite que os profissionais da área desenvolvam habilidades e conhecimentos de forma mais eficaz, utilizando experiências que refletem situações reais que podem enfrentar em sua prática. A seleção apropriada dessas metodologias tem um impacto significativo e direto no aprimoramento da competência técnica. Esse fator é crucial, uma vez que a maneira como as abordagens são escolhidas pode determinar não apenas a eficácia do aprendizado, mas também a habilidade com que os indivíduos conseguem executar tarefas específicas em suas áreas de atuação. Por conseguinte, a ligação entre a metodologia e o ganho de proficiência técnica é importante para garantir resultados satisfatórios. No Quadro 2, é apresentada uma correlação de maneira clara e objetiva, demonstrando como se dá a ativação do neurônio-espelho e quais são os benefícios que essa ativação proporciona quando aplicada nas metodologias ativas. Essa análise elucidativa ressalta a importância desse tipo de neurônio na facilitação do aprendizado e na interação entre os indivíduos dentro de contextos educacionais dinâmicos e envolventes.

**Quadro 2** – Correlação entre Estratégias de Ensino e Ativação dos Neurônios-Espelho

| Estratégia de ensino | Como ativa neurônios-espelho    | Benefícios educacionais                |
|----------------------|---------------------------------|----------------------------------------|
| Demonstração prática | Observação direta do docente    | Formação de esquemas motores           |
| Simulação realística | Observação + execução segura    | Transferência para prática clínica     |
| Vídeos instrutivos   | Observação repetida             | Fixação de sequências motoras          |
| PBL                  | Análise de intenções e decisões | Aprendizagem cognitiva contextualizada |
| Supervisão clínica   | Execução com feedback           | Refinamento técnico contínuo           |

**Fontes:** Adaptado de IACOBONI (2009); COOK et al. (2014).

## DISCUSSÃO

A importância dos neurônios-espelho no processo de aprendizado tem sido minuciosamente investigada em áreas que estão interligadas com a linguagem, com a atribuição de significados e com a formação de símbolos. Essa investigação fortalece a ideia de que esse sistema neural desempenha um papel que vai além da mera execução de movimentos; ele também é fundamental para a compreensão dos contextos e das intenções envolvidas nas interações. Essa capacidade se revela especialmente crucial na leitura situacional durante a

realização de procedimentos anestésicos, o que implica em uma interpretação precisa e em uma resposta adequada às variadas circunstâncias que podem surgir nesse contexto específico (MOROSIN, 2007; MISHRA; MOHAN, 2016). Dessa forma, entender de que maneira esse sistema neuronal apoia tanto o aprendizado técnico quanto o social pode ampliar significativamente as oportunidades de inovação pedagógica no contexto da formação em anestesiologia veterinária. Essa compreensão permite explorar novas abordagens e métodos de ensino que podem melhorar a qualificação dos profissionais na área.

A incorporação do entendimento sobre os neurônios-espelho no contexto do ensino voltado para a veterinária traz à tona uma série de possibilidades inovadoras no que se refere ao aspecto pedagógico. Essa abordagem sugere que a manipulação desse conhecimento pode resultar em métodos de ensino mais eficazes e interativos, permitindo que os estudantes desenvolvam habilidades e competências de forma mais aprofundada e significativa dentro da prática veterinária (RIZZOLATTI; CRAIGHERO, 2004; GALLESE, 2009). Ao perceber que os alunos conseguem assimilar conhecimentos de forma mais eficiente quando têm a oportunidade de observar procedimentos que são executados de maneira real ou por meio de simulações, os educadores podem elaborar e desenvolver estratégias que promovam tanto a modelagem técnica, no que se refere às habilidades práticas, quanto a modelagem comportamental, que abrange as atitudes e comportamentos adequados (IACOBONI, 2009). Dessa forma, os docentes podem criar um ambiente de aprendizado que atenda às necessidades dos estudantes, facilitando a aquisição de saberes e a internalização de comportamentos desejáveis.

Um aspecto adicional que merece ser destacado e considerado é o impacto que as emoções podem ter. Cenários de grande gravidade, como casos de apneia ou o estado de choque resultante da anestesia, podem provocar um elevado nível de ansiedade entre os estudantes que se deparam com essas experiências. É comum que, diante de tais situações desafiadoras e potencialmente perigosas, os alunos sintam um aumento significativo de tensão e preocupação, o que pode afetar seu desempenho e capacidade de resposta. Esse tipo de estresse é compreensível, dada a seriedade das circunstâncias envolvidos. A análise antecipada realizada por profissionais que possuem vasta experiência na gestão de crises propicia uma importante oportunidade para que os neurônios-espelho desempenhem um papel fundamental na internalização de reações mais serenas e eficazes (KEYSERS; GAZZOLA, 2014). Essa

internalização, a seu turno, resulta na diminuição da probabilidade de erros e no aprimoramento da confiança nas ações tomadas.

Sob a ótica do currículo educacional, a inclusão de diferentes abordagens metodológicas que reforcem a observação ativa dos estudantes, englobando práticas efetivas como o videotreinamento, o shadowing clínico e a simulação de alta fidelidade, resulta em uma ampliação significativa das oportunidades de utilização do que se designa como sistema espelho, como indicado por COOK et al. (2014). Essa estratégia não apenas enriquece o aprendizado, mas também amplia a capacidade dos alunos de assimilarem e aplicarem conhecimentos de forma prática e dinâmica. Esse agrupamento de metodologias propicia de forma bastante significativa a solidificação de habilidades fundamentais e essenciais que são específicas do campo da anestesiologia. Essa ação, por sua vez, colabora efetivamente para a formação de profissionais que se tornam cada vez mais qualificados e aptos a enfrentar os desafios que a prática clínica impõe.

## CONCLUSÃO

Os neurônios-espelho têm uma importância significativa em diversos aspectos, sendo fundamentais para a aprendizagem que ocorre por observação, além de serem cruciais para a aquisição de habilidades motoras e a compreensão social. Essas funções são consideradas essenciais e têm relevância especial no contexto do ensino da anestesiologia veterinária, contribuindo de maneira decisiva para a formação e o aprendizado dos profissionais da área. A adoção de metodologias ativas, a implementação de simulações realísticas e a realização de práticas supervisionadas têm o potencial de aprimorar significativamente a utilização desses mecanismos neurobiológicos. Isso se traduz em um processo de formação que se torna não apenas mais eficiente, mas também mais seguro e integrado. Portanto, ao integrar esses elementos no processo educativo, é possível alcançar resultados mais satisfatórios e abrangentes no aprendizado. Portanto, entender como opera o sistema de neurônios espelho vai além de ser somente importante para o campo da neurociência; na verdade, essa compreensão se torna uma ferramenta extremamente valiosa e estratégica para a melhoria e o avanço do ensino clínico voltado à veterinária. Essa conexão entre a neurociência e a educação veterinária destaca ainda mais a importância do assunto, pois proporciona não apenas conhecimento, mas também uma aplicação prática que pode beneficiar tanto os estudantes quanto os profissionais da área.

## REFERÊNCIAS

- ACHARYA, S.; SHUKLA, S. Mirror neurons: Enigma of the metaphysical modular brain. *Journal of Natural Science, Biology and Medicine*, v. 3, n. 2, p. 118-24, 2012. DOI: 10.4103/0976-9668.101878.
- AMITRANO, F.N. et al. Evaluation of anesthetic skills acquisition in pre-graduate veterinary students with different grades of anesthetic experience using veterinary simulation exercises. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 10, p. 1254930, 2023. DOI: 10.3389/fvets.2023.1254930.
- BONINI, LUCA et al. Mirror neurons 30 years later: implications and applications. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 26, n. 9, p. 767-781, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2022.06.003>.
- BUCCINO, G.; RIGGIO, L. The role of the mirror neuron system in motor learning, *Kinesiology*, v. 38, n. 1, p. 5-15, 2006.
- CALVO-MERINO B. et al. Action observation and acquired motor skills: an FMRI study with expert dancers. *Cerebral Cortex*, v. 15, n. 8, p. 1243-9, 2005. DOI: 10.1093/cercor/bh1007.
- CIARAMIDARO, A. et al, Synergy of the mirror neuron system and the mentalizing system in a single brain and between brains during joint actions. *NeuroImage*, v. 299, 120783, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2024.120783>.
- COOK D.A. et al. Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*, v. 306, n. 9, p. 978-88, 2011. DOI: 10.1001/jama.2011.1234.
- COOK, R. et al. Mirror neurons: from origin to function. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 37, n. 2, p. 177-192, 2014. DOI: 10.1017/S0140525X13000903.
- DI PELLEGRINO, G. et al. Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, v. 91, n. 1, p. 176-180, 1992. DOI: 10.1007/BF00230027.
- ERICSSON, K.A. Deliberate practice and acquisition of expert performance: a general overview. *Academic Emergency Medicine*, v. 15, n. 11, p. 988-994, 2008. DOI: 10.1111/j.1553-2712.2008.00227.x.
- ERICSSON, K.A.; KRAMPE, R.T.; TESCH-RÖMER, C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, v. 100, n. 3, p. 363-406, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1037/0033-295X.100.3.363>.
- FANTONI, D.T.; CORTOPASSI, S.R.G. Anestesia e analgesia em cães e gatos. 2. ed., 2009.
- FIGUEIREDO, L.F. et al. The mirror neuron: thirty years since its Discovery. *Brazilian Journal of Psychiatry*, v. 45, n. 3, p. 298-299, 2023. DOI: 10.47626/1516-4446-2022-2870.
- GALLESE V, SINIGAGLIA C. What is so special about embodied simulation? *Trends in Cognitive Sciences*, v. 15, n. 11, p. 512-519, 2011. DOI: 10.1016/j.tics.2011.09.003.

GALLESE, V. Mirror neurons and the social nature of language: the neural exploitation hypothesis. *Social Neuroscience*, v. 3, n. 3-4, p. 317-333, 2008. DOI: 10.1080/17470910701563608.

GALLESE, V. Mirror neurons, embodied simulation, and the neural basis of social identification. *Psychoanalytic Dialogues*, v. 19, n. 5, p. 519-536, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1080/10481880903231910>

GALLESE, V. The roots of empathy: the shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity. *Psychopathology*, v. 36, n. 4, p. 171-180, 2003. DOI: 10.1159/000072786.

GALLESE, V. The 'shared manifold' hypothesis: From mirror neurons to empathy. *Journal of Consciousness Studies*, v. 8, n. 5-7, p. 33-50, 2001.

GALLESE, V.; GOLDMAN, A. Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 2, n. 12, p. 493-501, 1998. DOI: 10.1016/S1364-6613(98)01262-5.

GORDON, F. et al. Strategic planning in medical education: enhancing the learning environment for students in clinical settings. *Medical Education*, v. 34, p. 841-850, 2000.

HARI, R.; KUJALA, M.V. Brain basis of human social interaction: from concepts to brain imaging. *Physiological Reviews*, v. 89, n. 2, p. 453-79, 2009. DOI: 10.1152/physrev.00041.2007.

HEYES C. Where do mirror neurons come from?. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, v. 34, n. 4, p. 575-583, 2010. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2009.11.007.

IACOBONI M. et al. Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS Biology*, v. 3, n. 3, e79, 2005. DOI: 10.1371/journal.pbio.0030079.

12

IACOBONI M. Imitation, empathy, and mirror neurons. *Annual Review Psychology*. v. 60, p. 653-70, 2009. DOI: 10.1146/annurev.psych.60.110707.163604.

JÄRVELÄ, S. et al. Exploring socially shared regulation in the context of collaboration. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, v. 12, n. 3, p. 267-286, 2013. DOI: 10.1891/1945-8959.12.3.267.

JEON, H.; LEE, S. From Neurons to Social Beings: Short Review of the Mirror Neuron System Research and Its Socio-Psychological and Psychiatric Implications. *Clinical Psychopharmacology and Neuroscience*, v. 16, n. 1, p. 18-31, 2018. DOI: <https://doi.org/10.9758/cpn.2018.16.1.18>.

KEYSERS, C.; GAZZOLA, V. Dissociating the ability and propensity for empathy. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 18, n. 4, p. 163-6, 2014. DOI: 10.1016/j.tics.2013.12.011.

KEYSERS, C.; GAZZOLA, V. Towards a unifying neural theory of social cognition. *Progress in Brain Research*, v. 156, p. 379-401, 2006. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(06\)56021-2](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(06)56021-2).

KILNER, J.; FRISTON, K.; FRITH, C. Predictive coding: an account of the mirror neuron system. *Cognitive Processing*, v. 8, n. 3, p. 159-166, 2007. DOI: 10.1007/s10339-007-0170-2.

LAGO-RODRÍGUEZ, A. et al. The role of mirror neurons in observational motor learning: an integrative review. *European Journal of Human Movement*, v. 32, p. 83-103, 2014.

LAMONT, L. et al. *Veterinary Anesthesia and Analgesia: the Six Edition of Lumb and Jones*. 6. ed. Ames: Wiley-Blackwell, 2024.

LEINSTER S. Learning in the clinical environment. *Medical Teacher*, v. 31, n. 2, p. 79-81, 2009. doi: 10.1080/01421590902744936.

MASSONE, F. *Anestesiologia Veterinária: Farmacologia e Técnicas*. 400p., 2019.

MISHRA, R.; MOHAN, A. Understanding the role of mirror neurons in learning language: A review of studies. *International Journal of Indian Psychology*, v. 3, n. 3, p. 9, 2016. DOI: 18.01.162/20160303.

MOLENBERGHS, P.; CUNNINGTON, R.; MATTINGLEY, J.B. Is the mirror neuron system involved in imitation? A short review and meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. v. 33, n. 7, p. 975-80, 2009. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2009.03.010.

MOROSIN, M.S. Mirror neurons, meaning and imitation: facts and speculations on language acquisition. *Studi di Glottodidattica*, v. 4, p. 90-112, 2007.

ORQUERA, P.; VALENZUELA, J.J.; ORELLANA-DONOSO, M. et al. Mirror neurons and neural systems associated with clinical learning. A review of the literature. *Simulación Clínica*. v. 5, n. 2, p. 60-74, 2023. DOI: 10.35366/112734.

OZTOP, E.; KAWATO, M.; ARBIB, M.A. Mirror neurons and imitation: A computationally guided review. *Neural Networks*, v. 19, n. 3, p. 254-271, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2006.02.002>.

OZTOP, E.; KAWATO, M.; ARBIB, M.A. Mirror neurons: Functions, mechanisms and models, *Neuroscience Letters*, v. 540, p. 43-55, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2012.10.005>.

PANADERO, E.; JARVELA, S. Socially Shared Regulation of Learning: A Review. *European Psychologist*, v. 20, n. 3, 2015.

RIZZOLATTI, G.; CRAIGHERO, L. The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, v. 27, p. 169-192, 2004. DOI: 10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230.

RIZZOLATTI, G.; SINIGAGLIA, C. The mirror mechanism: a basic principle of brain function. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 17, n. 12, p. 757-765, 2016. DOI: 10.1038/nrn.2016.135

SPAULDING, S. Mirror Neurons and Social Cognition. *Mind & Language*, v. 28, n. 2 p. 233-257, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/mila.12017>.

THANIKKAL, S.J. Mirror Neurons and Imitation Learning in Early Motor Development. *Asian Journal of Applied Research*, v. 5, n. 1, p. 37-42, 2019. DOI:10.20468/ajar/104654.