

Aprendizagem do medo por observação em pombos (*Columba livia*)

Fear learning by observation in pigeons (Columba livia)

Aprendiendo el miedo a través de la observación en palomas (Columba livia)

Andressa Pelaquim¹, Fernando Bicocchi Canova²,
Elenice Aparecida de Moraes Ferrari^{3†}

1.Doutoranda, Universidade Estadual de Londrina, UEL. Londrina-PR, Brasil.

2.Professor Doutor, Universidade de Mogi das Cruzes, UMC. Mogi das Cruzes-SP, Brasil.

3.Professora Doutora, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP. Campinas-SP, Brasil.

†In Memoriam.

Resumo

Introdução. Estudos com roedores e primatas demonstram que a aprendizagem do medo ocorre por experiência com contingências aversivas ou por observação da experiência de outros. **Objetivo.** Analisar a aquisição da resposta condicionada de medo por pombos que observaram o treino de condicionamento clássico som-choque em um animal modelo. **Método.** Pombos, machos, adultos, (*Columba livia*), atribuídos aos grupos: Grupo Modelo e Grupo Observação. O procedimento experimental foi conduzido com pombos treinados (modelo) e pombos observadores. Os grupos, foram expostos ao treino com três pareamentos som-choque, seguido pelo teste ao contexto 24h depois e teste ao som, 48h depois. As sessões foram gravadas para transcrição e análise de comportamentos. Os dados comportamentais foram analisados com o teste ANOVA e com o teste Tukey para comparações *post hoc*. **Resultados.** Os Grupos Modelo e Observação foram caracterizados por apresentação de congelamento, comportamento tipicamente estudado em trabalhos que envolvam aprendizagem aversiva. Verificou-se o mesmo padrão de comportamentos para os pombos Modelos e Observadores, o que indica que a experiência de observar outro pombo durante o treino aversivo resultou em comportamentos condicionados de medo, demonstrando aprendizagem de medo por observação em pombos. **Conclusão.** Esses dados corroboram com resultados obtidos em primatas e roedores

Unitermos. Postura; Condicionamento; Aprendizagem; Medo

Abstract

Introduction. Studies in rodents and primates have shown that fear learning occurs through experience with aversive contingencies or by watching the experience of others. **Objective.** To examine the acquisition of conditioned fear response by pigeons who observed the classical conditioning tone-shock training in an animal model. **Method.** Pigeons, adult male (*Columba Livia*), assigned to groups: Model Group and Observation Group. The experimental procedure was conducted with trained model pigeons and observers' pigeons. The groups were exposed to training with three pairings tone-shock, followed by the context test 24 hours later and the tone test, 48 hours later. The sessions were recorded for transcription and behavior analysis. Behavioral data was analyzed using ANOVA and Tukey test for post hoc comparisons. **Results.** Model Groups and Observation Groups were characterized by presentation of freezing behavior typically studied in work involving aversive learning. It was the same pattern of behavior for pigeons Models and Observers, which indicates that the experience of observing other pigeon during aversive training resulted in conditioned fear behaviors, demonstrating fear learning by observation in pigeons. **Conclusion.** These data corroborate results obtained in primates and rodents

Keywords. Conditioning; Learning; Fear

Resumen

Introducción. Los estudios con roedores y primates demuestran que aprender a temer ocurre a través de la experiencia con contingencias aversivas o mediante la observación de la experiencia de otros. **Objetivo.** Analizar la adquisición de la respuesta de miedo condicionada por palomas que observaron el entrenamiento clásico de condicionamiento de sonido-choque en un animal modelo. **Método.** Palomas, machos, adultos, (*Columba livia*), asignados a los grupos: Grupo Modelo y Grupo de Observación. El procedimiento experimental se realizó con palomas adiestradas (modelo) y palomas observadoras. Los grupos fueron expuestos a un entrenamiento con tres emparejamientos de choque de sonido, seguido de la prueba de contexto 24 horas después y la prueba de sonido 48 horas después. Las sesiones se registraron para análisis de transcripción y comportamiento, los datos de comportamiento se analizaron mediante la prueba ANOVA y la prueba de Tukey para comparaciones post hoc. **Resultados.** Los Grupos de Modelo y Observación se caracterizaron por congelar la presentación, un comportamiento típicamente estudiado en trabajos que involucran aprendizaje aversivo. El mismo patrón de comportamiento se encontró para las palomas modelo y observadoras, lo que indica que la experiencia de observar a otra paloma durante el entrenamiento aversivo resultó en un comportamiento condicionado por el miedo, lo que demuestra el aprendizaje del miedo mediante la observación en las palomas. **Conclusión.** Estos datos corroboran con los resultados obtenidos en primates y roedores

Palabras clave. Condicionamiento; Aprendizaje; Miedo

Trabalho realizado na Universidade Estadual de Londrina, UEL. Londrina-PR, Brasil.

Conflito de interesse: não

Recebido em: 27/07/2015

Aceito em: 15/09/2015

Endereço para correspondência: Fernando Biccocchi Canova. Av. Dr. Cândido X. de Almeida e Souza 200. Centro Cívico, Mogi das Cruzes-SP, Brasil. CEP 08780-911. E-mail: fernandocanova@umc.br

INTRODUÇÃO

O Condicionamento clássico do medo ou simplesmente condicionamento aversivo é definido com a associação entre dois estímulos, um condicionado, como um som ou luz e um estímulo incondicionado, como um choque elétrico. A partir do pareamento desses estímulos, o primeiro adquire capacidade de eliciar respostas incondicionadas. No condicionamento ao contexto, o ambiente pode ser associado com um choque elétrico, passando a eliciar respostas aversivas¹⁻³.

A interação social entre os indivíduos de um mesmo grupo garante a possibilidade de aprendizagem por

observação ou por imitação do comportamento de outro co-específico. Essa aprendizagem, geralmente classificada como aprendizagem social, tem um valor adaptativo importante por permitir que um indivíduo se beneficie da experiência de outros, aumentando, por exemplo, a eficiência na obtenção de alimentos, cuidados e proteção necessários à sobrevivência⁴⁻⁶.

Diferentes espécies de pássaros demonstram capacidade de aprender sobre a disponibilidade e de fontes de alimentos a partir da interação social. Em nosso laboratório, muitos estudos investigaram a capacidade de aprendizagem por observação social em pombos e pintainhos. Estes foram conduzidos pela análise de processos que contribuem para a formação de associações entre diferentes estímulos e entre respostas e estímulos, que são expressas posteriormente na ausência do animal da mesma espécie que serviu como modelo para aprendizagem⁷. Dada à função adaptativa dessa capacidade, não é surpreendente que muitos animais, incluindo pássaros, camundongos, gatos, vacas e primatas, possam aprender a ter medo pela observação de co-específicos.

A experiência de observar o comportamento de outro pombo numa situação de discriminação de pares de estímulos, facilita a aprendizagem da discriminação pelo observador⁸. Pesquisadores relataram que os pombos que observaram outro pombo (pombo-modelo) durante a aprendizagem de como empurrar uma porta corrediça com o bico para ter acesso ao alimento, exibiram maior proporção

de respostas de empurrar do que os pombos-controles⁹. Em estudos realizados com pombos, estes animais observaram um pombo-modelo, que estava numa câmara adjacente, durante a emissão de uma resposta de subir numa caixa e bicar o disco 10 vezes. Verificaram que os observadores adquiriram a resposta somente quando foram reforçados diferencialmente frente ao comportamento requerido do demonstrador, que serviu como estímulo discriminativo¹⁰.

Estudos com pintainhos (pintinhos) mostraram que eles se orientam e despenderam maior atenção para sítios ou tipos de alimentos que são direta ou indiretamente indicados pela galinha-mãe e, desse modo, são capazes de aprender a selecionar alimentos a partir da observação de outros⁴⁻⁶. Foi demonstrado ainda que, pintainhos com idade de um dia aprenderam por observação uma resposta de esquiva inibitória. Animais que observaram outro pintainho (modelo) bicar um substrato com contos que tinham gosto amargo (embebidas em *methylantranilate*) e, por isso, exibiram respostas de repulsa (por exemplo, balançar violentamente a cabeça com o bico aberto), evitaram bicar contos da mesma cor que lhes foram apresentadas durante o teste¹¹. Outros estudos confirmaram tais evidências e, ao mesmo tempo, estenderam a investigação para a análise desse tipo de aprendizagem de esquiva inibitória em pintainhos de substratos neurais, demonstrando a participação de estruturas dos dois hemisférios cerebrais, com um curso temporal de eventos neurais que indicam um papel crucial para o hemisfério direito¹²⁻¹⁴.

Deve-se ainda destacar que no contexto da aprendizagem social, a aprendizagem do canto em pássaros demonstra a importância do ambiente social para a aquisição de padrões comportamentais adaptativos¹⁵⁻¹⁷. Embora o desenvolvimento do canto específico da espécie seja regulado pela maturação e pela variação hormonal sazonal, as variações regionais no canto de muitas espécies parecem depender da experiência com co-específicos¹⁸. Aves canoras são capazes de aprendizagem da comunicação vocal, constituindo, assim, modelos adequados para o estudo dos mecanismos neurais de processos sensoriais e motores complexos.

A exposição a ambientes aversivos e ameaçadores desencadeia respostas de defesa e resulta em formação da memória de experiências aversivas que persistem no tempo. Tais experiências podem envolver o condicionamento clássico aversivo com processos comportamentais complexos cuja organização envolve a atividade em circuitos neuronais que integram diferentes áreas cerebrais.

Num ambiente que está constantemente mudando é essencial que o indivíduo aprenda quais são os estímulos e eventos que são potencialmente perigosos. Situações potencialmente ameaçadoras ou perigosas levam ao desenvolvimento de estados emocionais e motivações relacionadas com os comportamentos de fuga, esquiva, medo e ansiedade, entre outros. Os comportamentos de medo podem ser expressos, transmitidos e adquiridos de

várias maneiras, seja por experiência direta ou por meio de transmissão social⁸.

É fundamental que o indivíduo saiba reconhecer se uma situação é ameaçadora e qual tipo de perigos ela representa, e em humanos, essa capacidade envolve processos comportamentais e cognitivos, experiência pessoal e cultural, além de uma história evolutiva que inclui fontes de seleção natural que foram comuns para outras espécies. De fato, existe um grande conjunto de estudos em primatas e roedores que demonstram existir uma relação entre padrões comportamentais de defesa que se correlacionam com situações específicas de ameaça¹⁹.

A transmissão social e detecção de sinais de medo são bem documentadas em uma grande variedade de espécies, sendo que esses sinais não apenas alertam aqueles que os recebe sobre a potencialidade e iminência do perigo, mas também atribuem valores negativos ao contexto ou aos estímulos associados com a situação. Por exemplo, a expressão de medo de um co-específico pode servir como um estímulo incondicionado, eliciando uma resposta imediata que se torna associada aos estímulos aversivos. Na aprendizagem observacional, a expressão facial ou postura de um co-específico torna-se um estímulo condicionado que foi previamente associada com o evento aversivo diretamente experienciado e pode agir como um reforçador secundário em situação de aprendizagem futura²⁰.

A percepção do estado emocional de outros indivíduos aumenta a probabilidade de exibir comportamento similar e

de adaptar-se rapidamente aos desafios do ambiente²¹. Essa adaptação social rápida pode ser particularmente importante em situações potencialmente perigosas que induzem a expressão do medo. Assim, é crucial que o indivíduo perceba e responda às características do estímulo ameaçador e da situação em que este se encontra de modo a elaborar uma estratégia de defesa eficiente. Neste caso, os sinais fornecidos pelo comportamento de um co-específico têm um grande valor.

Existem estudos sobre aprendizagem do perigo por meio da experiência com contingências aversivas²² ou também sobre a aprendizagem por observação da experiência de outros^{7,23,24}. Uma grande parte desses estudos investigou a expressão da resposta condicionada de congelamento a partir da experiência com choques elétricos inescapáveis ou escapáveis. Nesse contexto, foi proposto um modelo de transferência social do medo entre ratos, para caracterizar a interação social durante a qual o medo é transmitido e os efeitos do medo transmitido socialmente²⁵.

Esses autores relataram que ratos que observaram e interagiram com outros ratos que passaram pelo condicionamento aversivo de uma resposta de esquiva do choque mostraram facilitação da aprendizagem e memória da resposta de esquiva e exibiram aumento da resposta condicionada de congelamento avaliada no dia seguinte. Contudo, embora haja uma extensa literatura sobre as bases neurais da aprendizagem do medo por experiência direta com contingências aversivas, pouco se sabe sobre os

mecanismos pelos quais os animais aprendem quando não tiveram a experiência direta do perigo.

É interessante notar que diferentes fontes bibliográficas recentes consideraram a importância de neurônios-espelho no contexto de aprendizagem social e na aprendizagem de respostas de defesa em situações de avaliação dos riscos, perigo e ameaça²⁶. Esses neurônios-espelho parecem ser característicos do cérebro de vertebrados que participariam de funções complexas, tal como a compreensão do comportamento de outros²⁷. Foi proposto então, que as funções dos neurônios-espelho poderiam também ter importância no contexto de situações que envolvem risco ou ameaça. No contexto de um ataque por predador é importante que a presa seja capaz de discriminar a sua localização e distância, bem como os comportamentos exibidos pelo predador, incluindo vocalização, postura e expressão facial. Mas também pode ser igualmente importante reconhecer a expressão facial e gestos de outro indivíduo que esteja sendo agredido ou ameaçado, identificando as suas emoções²⁶.

Diversos trabalhos analisaram o condicionamento clássico aversivo em pombos com associações som-choque e a expressão da resposta de medo condicionado ao contexto^{1-3,28}. Como nos trabalhos com roedores, os trabalhos com pombos demonstram a expressão da resposta de congelamento durante o teste de re-exposição ao contexto. Essa resposta condicionada é considerada como evidência da memória ao contexto aversivo e é expressa com

uma topografia característica, o congelamento. De um modo geral, quando um pombo recebe um choque elétrico ele apresenta sobressalto, resposta de esvoaçar, comportamentos exploratórios que são então seguidos pela expressão de imobilidade tensa ou congelamento. Quando o choque é precedido por um som, essa sequência é precedida por comportamento exploratório durante o som. Desse modo, considera-se que um pombo que passa pelo treinamento com exposição a som-choque, apresenta um padrão comportamental característico e que pode ser claramente percebido por um pombo que o esteja observando. Assim, o presente trabalho fundamenta-se na consideração de que um pombo (observador) que observe o desempenho de um pombo (modelo) durante o condicionamento de medo poderá exibir padrão de resposta semelhante à resposta medo condicionado do modelo, quando colocado no contexto em que ocorreu o condicionamento. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi analisar a aquisição da resposta condicionada de medo por pombos que observaram o treino de condicionamento clássico som-choque em um animal modelo.

MÉTODO

Amostra

Foram utilizados 40 pombos, machos, adultos, derivação não controlada da espécie *Columba livia*, mantidos sob temperatura média de 25° C e ciclo-claro escuro 12:12h.

Os procedimentos seguiram o protocolo experimental de respeito aos princípios éticos em experimentação animal aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Animal do Instituto de Biologia da UNICAMP (CEUA – Protocolo 2717-1).

Procedimento

Após a chegada ao biotério de aves os animais foram mantidos em quarentena, recebendo banho e tratamento anti-parasitas internos e externos. Durante esse período, os animais foram submetidos a manipulações de caráter dessensibilizatório, profilático (administração de anti-helmínticos) e terapêutico (extinção de escabiose). Em seguida foram alojados em gaiolas individuais, com água e comida *ad libitum* (mistura de quirera de milho, semente de girassol, ração especial para aves, areia e farinha de ostra). Os pombos foram identificados numericamente e catalogados.

O estudo foi constituído pelos seguintes grupos: Grupo Modelo (n=10): pombos sem acesso à observação de outro, submetidos ao treino com três apresentações de som-choque pareados e que foram testados 24h depois ao contexto e 48h depois ao som. Grupo Observação (n=10): pombos com acesso à observação do pombo-modelo durante o treino com três apresentações de som-choque e que foram testados 24h depois ao contexto e 48h depois ao som.

Inicialmente, os animais do Grupo Modelo foram treinados em condicionamento som-choque, composto por

03 pareamentos som-choque (aos 5min, 10min e 15min), durante uma sessão de treino de 20min (Figura 1A). A sessão de treino foi pareada à sessão de observação de pombos do Grupo Observação, de modo que cada pombo-Modelo fez par com um pombo observador.

Após o treino som-choque, os pombos foram expostos ao contexto de condicionamento 24h após a primeira sessão, e consistiu na colocação do pombo na mesma câmara em que foi realizado o condicionamento clássico com as apresentações de som-choque. A sessão do teste foi realizada com cada pombo individualmente, e teve 20min de duração, sem apresentação de qualquer estímulo (Figura 1B).

O teste de condicionamento ao som foi realizado 48h após o treino e consistiu na colocação do pombo numa outra câmara com características diferentes daquela em que recebeu as apresentações de som e choque. A sessão do teste teve 10min de duração, com apresentação de 03 estímulos sonoros (3min, 6min e 9min) (Figura 1C). Findo o teste, os animais retornaram ao biotério.

As sessões de treino e teste foram gravadas com sistema digital e o registro do comportamento de congelamento foi baseado na descrição contida no catálogo de comportamentos de pombos²³, de acordo com a Tabela 1.

Figura 1. A) Treino de Condicionamento Som-Choque, o Grupo Modelo foi exposto a sessão de 20 minutos com 3 apresentações de pareamento som-choque, os animais do Grupo Observação foram colocados em caixas idênticas, sem apresentação de estímulos; B) O teste ao contexto consistiu na permanência dos animais nas caixas experimentais sem a apresentação de estímulos e C) o teste ao som consistiu em uma sessão de 10 minutos onde ocorreram a apresentação de 3 estímulos sonoros aos 3, 6 e 9 minutos, tanto o Grupo Modelo quanto o Grupo Observação foram expostos aos estímulos.

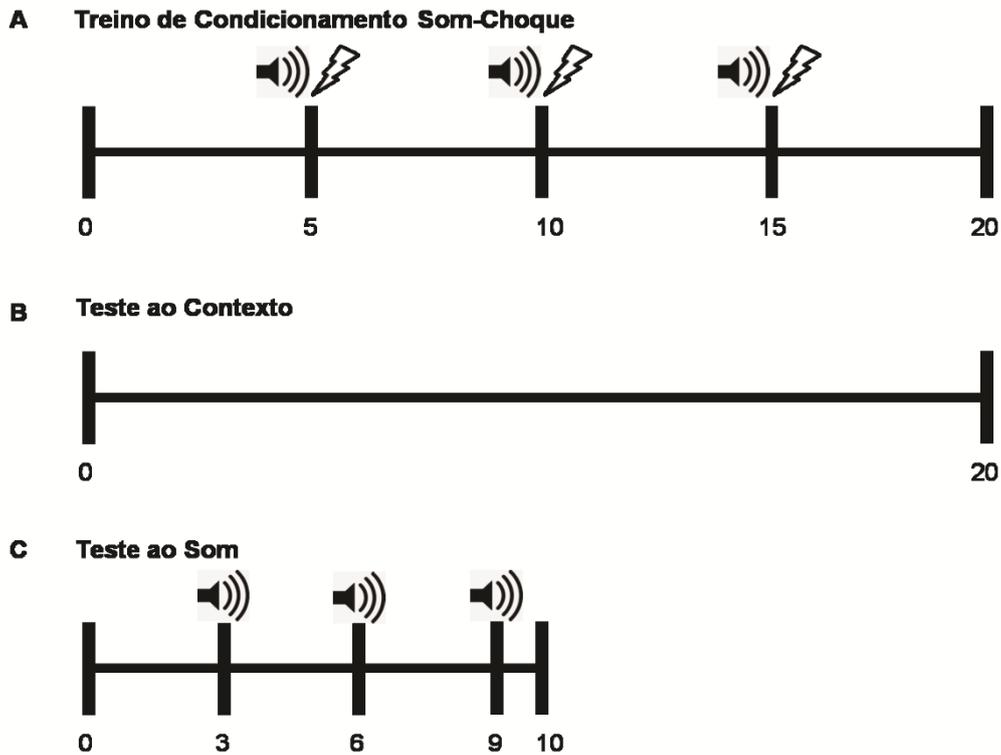


Tabela 1. Descrição contida no catálogo de comportamentos de pombos²³.

<p>Congelamento – <i>freezing</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Flexão total flexão ou parcial das pernas (encolhido); -Separação ampla entre os pés (base de apoio alargada); -Cauda e asas desalinhadas; -Região ventral ou peitoral do corpo em contato com o piso ou com uma das paredes da câmara; -Pescoço encolhido; -Olhos totalmente abertos; -Respiração acelerada; -Ausência de outros comportamentos observáveis.
--	---

A fidedignidade dos dados foi avaliada sistematicamente pela análise comparativa de revisão das gravações e das transcrições por dois observadores – principal e controle – e a revisão das gravações em vídeo, garantiram o controle da validade e fidedignidade dos dados. Um terceiro observador atuou como controle em das sessões. A transcrição dos dados comportamentais gravados e armazenados em computador fora realizada usando-se o programa *EthoLog 2.2 (Ethological Transcription Tool, 1995-99²⁹)*. A partir da sequência comportamental obtida foram considerados os comportamentos registrados em blocos de 30 segundos. Foram analisadas as frequências acumuladas em blocos de cinco intervalos de registro, com um total de oito blocos de intervalos de registro para cada sessão.

Análise Estatística

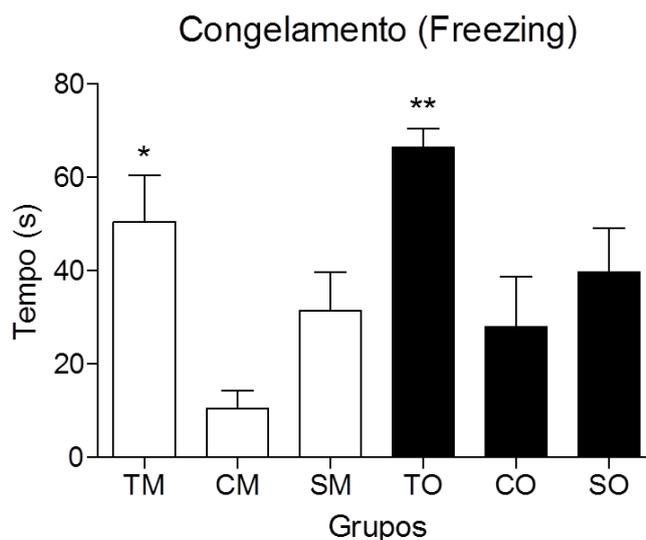
Os dados relativos à ocorrência de comportamentos foram submetidos a análises estatísticas com o teste ANOVA, tendo grupo como fator e sessões como medida repetida. As análises *post hoc* para múltiplas comparações foi realizada com o teste Tukey.

RESULTADOS

Na Figura 2 são apresentados os resultados da ocorrência em segundos de congelamento considerando a sessão (TREINO=T; CONTEXTO=C e SOM=S) e o grupo (MODELO=M e OBSERVAÇÃO=O). As análises identificaram

diferenças entre Sessões ($F_{5,25}=8,174$; $p<0,0001$). O teste pos-hoc de Tukey identificou diferenças entre as sessões do TM (Sessão de treino do grupo Modelo) e CM (Sessão ao contexto do grupo Modelo; $p<0,05$). Além disso, foram observadas diferenças entre TO (Sessão de Treino do Grupo Observação) CO e SO (Sessão ao Contexto do Grupo Observação e Sessão ao Som do grupo observação, respectivamente; $p<0,05$).

Figura 2. Valores médios+epm de congelamento para as sessões de Treino, Contexto e Som, para os grupos Modelo e Observação.

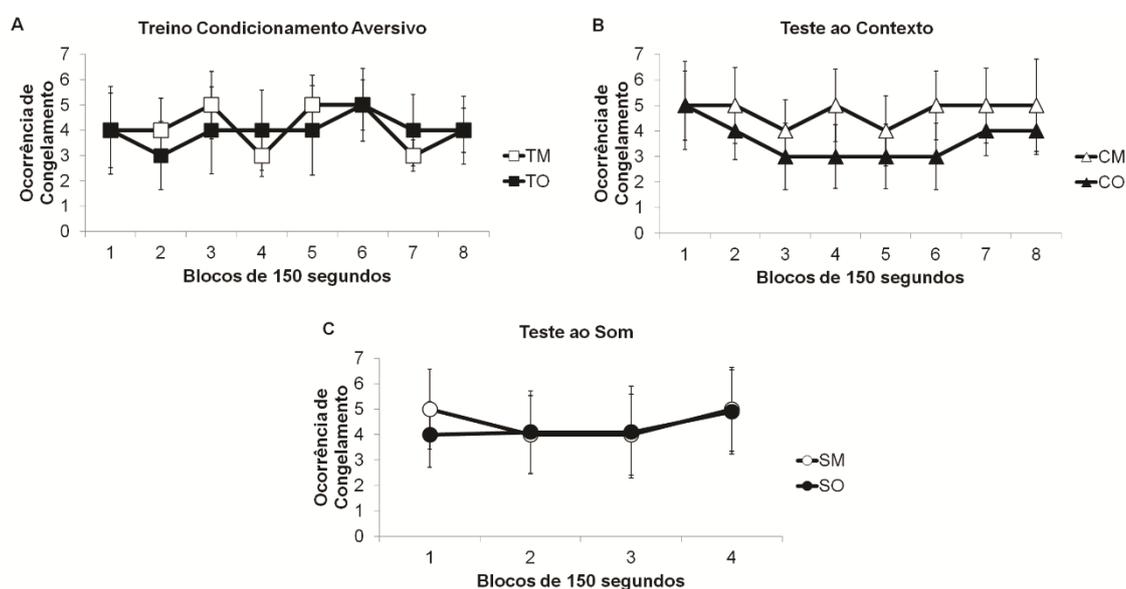


TM = Treino Grupo Modelo; CM = Teste ao Contexto do Grupo Modelo; SM = Teste ao Som do Grupo Modelo; TO = Treino Grupo Observação; CO = Teste ao Contexto do Grupo Observação e SO = Teste ao Som do Grupo Observação. * = diferença significativa em relação a CM; ** diferença significativa em relação a CO e SO.

Na Figura 3 são apresentados os resultados médios da ocorrência de congelamento avaliando-se em blocos de 150 segundos, em A, comparando-se TM com TO; em B

comparando-se CM com CO e em C, comparando-se SM e SO, é importante notar que em nenhuma das situações a análise de variância ANOVA demonstrou diferença significativa.

Figura 3. Ocorrência de Congelamento em blocos de 150 segundos. A) Comparação entre Treino do Grupo Modelo e Treino do Grupo Observação (TM e TO respectivamente); B) Comparação entre Teste ao Contexto Grupo Modelo e Teste ao Contexto do Grupo Observação (CM e CO respectivamente) e C) Comparação entre Teste ao Som do Grupo Modelo e Teste ao Som do Grupo Observação (SM e SO respectivamente). Valores médios+epm. Não houve diferença significativa para nenhum dos pontos avaliados.



DISCUSSÃO

O presente estudo apresenta os dados obtidos sobre a aquisição da resposta condicionada do medo por pombos que observaram outro pombo durante um treino de condicionamento clássico, com associações som-choque.

O comportamento de congelamento, ou seja, a cessação do movimento e exibição de imobilidade tensa é

um comportamento de defesa observado nas situações de perigo quando o ambiente ao qual o animal está exposto não oferece uma rota de fuga ou um esconderijo. A sobrevivência do animal num ambiente perigoso ou ameaçador depende de comportamentos de defesa, entre eles o ataque e a fuga, quando possível. Pesquisadores enfatizaram que é possível estudar as respostas de defesa no laboratório por meio da observação de comportamentos como vigilância, avaliação de risco ou exploração cautelosa e congelamento³⁰. A escolha de um determinado comportamento de defesa diante de uma situação de perigo depende do tipo de estímulo ameaçador e do ambiente ao qual o animal está exposto. Os estudos de condicionamento clássico aversivo, usado para a investigação de medo condicionado, usam o comportamento de congelamento como a principal resposta do repertório de defesa que expressa o medo do contexto aversivo/ameaçador. Em nosso presente estudo, observou-se a ocorrência de congelamento²⁶.

Tanto os animais do Grupo Modelo quanto os animais do Grupo Observação, exibiram durante o treino uma elevada ocorrência de Congelamento. No teste ao contexto, realizado 24h após o treino, esta característica se manteve e o mesmo podemos dizer sobre o teste ao som, realizado 48h após o treino, os pombos modelos e observadores apresentaram padrão semelhante de comportamento, apresentando o congelamento ao longo de toda a sessão.

A incidência do comportamento de congelamento, mostra que os animais de ambos os grupos identificaram o

ambiente ao qual foram expostos como aversivo; pois foi neste ambiente que o Grupo Modelo recebeu o pareamento som-choque. Assim como já foi mencionado, este comportamento é característico de situações aversivas, tal como descrito na literatura³¹.

Assim como os animais modelos, os animais observadores apresentaram elevada ocorrência de congelamento, o que sugere que a experiência de observar outro pombo durante o treino aversivo resultou em comportamentos condicionados de medo, demonstrando que ocorreu aprendizagem de medo por observação. Esse achado corrobora com estudos, que demonstraram que a experiência de observar o comportamento exibidos ou o processo de aprendizagem de um co-específico, facilitou a aprendizagem do animal observador⁸⁻¹⁰.

Os dados encontrados no presente estudo evidenciam a aprendizagem do medo por observação em pombos, e favorecem a suposição de que essa aprendizagem possa ser relacionada com os neurônios-espelho. Os neurônios-espelho foram descritos inicialmente em primatas e posteriormente em humanos, como sendo uma classe de neurônios que é ativada quando um indivíduo realiza uma ação ou observa a execução de uma ação por outro, ou seja, a ativação dos neurônios-espelho possibilita a compreensão do significado das ações ou comportamentos, automaticamente³². Dessa forma, a aprendizagem por observação evidenciada no presente estudo pode estar

relacionada com as funções atribuídas aos neurônios-espelho no contexto de situações que envolvem risco ou ameaça^{26,30}.

CONCLUSÃO

O presente trabalho pode estimular novas questões e novas investigações sobre a importância da aprendizagem do medo por observação e de suas possíveis relações com neurônios-espelho.

AGRADECIMENTOS

Os pesquisadores agradecem à FAPESP pela bolsa de iniciação científica. Agradecemos também à Profa. Dra. Elenice Aparecida de Moraes Ferrari (*† In Memoriam*), pela confiança, dedicação e todo conhecimento compartilhado.

REFERÊNCIAS

- 1.Faria RS, Sartori CR, Canova F, Ferrari EAM. Classical Aversive Conditioning induces increased expression of mature-BDNF in the hippocampus and amygdala of pigeons. *Neuroscience* 2013;255:122-33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroscience.2013.09.054>
- 2.Macêdo-Souza C. Condicionamento Clássico: A Ansiedade Patológica e um Modelo Animal de Ansiedade. Curitiba: Editora Appris, 2021.
- 3.Canova F, Faria RS. Proteína Zenk e o Condicionamento Clássico do Medo. *Neurociências* 2014;10:37-48. https://www.researchgate.net/publication/263542050_Neurociencias_Volume_10_N_1_janeiomarco_de_2014_Proteina_Zenk_e_o_condicionamento_classico_do_medo/link/0a85e53b2eccb4603b000000/download
- 4.Nicol CJ. Development, direction, and damage limitation: social learning in domestic fowl. *Learn Behav* 2004;32:72-81. <http://dx.doi.org/10.3758/BF03196008>
- 5.Laland KN, Toyokawa W, Oudman T. Animal learning as a source of developmental bias. *Evol Devel* 2020;22:126-42. <https://doi.org/10.1111/ede.12311>
- 6.Nicol CJ. How animals learn from each other. *App Anim Behav Sci* 2006;100:58-63. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.04.004>
- 7.Olsson A, Phelps EA. Social learning of fear. *Nat Neurosci* 2007;10:1095-102. <https://doi.org/10.1038/nn1968>

8. Biederman GB, Robertson HA, Vanayan M. Observational learning of two visual discriminations by pigeons: a within-subjects design. *J Exp Anal Behav* 1986;46:45-9. <http://dx.doi.org/10.1901/jeab.1986.46-45>
9. Klein ED, Zentall TR. Imitation and Affordance Learning by Pigeons (*Columba livia*). *J Comp Psychol* 2003;117:414-9. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.117.4.414>
10. Howard ML, White GK. Social influence in pigeons (*Columba livia*): the role of differential reinforcement. *J Exp Anal Behav* 2003;79:175-91. <http://dx.doi.org/10.1901/jeab.2003.79-175>
11. Johnston ANB, Burne THJ, Rose SP. Observation learning in day old chicks using a one trial passive avoidance learning paradigm. *Ani Behav* 1998;56:347-53. <http://dx.doi.org/10.1006/anbe.1998.0901>
12. Rosa-Salva O, Daisley JN, Regolin L, Vallortigara G. Lateralization of social learning in the domestic chick, *Gallus gallus domesticus*: learning to avoid. *Ani Behav* 2009;78:847-56. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.06.021>
13. Rogers LJ. Brain Lateralization and Cognitive Capacity. *Animals* 2021;11:1996. <https://doi.org/10.3390/ani11071996>
14. Rosa-Salva O, Daisley JN, Regolin L, Vallortigara G. Time-dependent lateralization of social learning in the domestic chick (*Gallus gallus domesticus*): Effects of retention delays in the observed lateralization pattern. *Behav Brain Res* 2010;212:152-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2010.04.004>
15. Marler P. Birdsong and speech development: could there be parallels? *Am Sci* 1970;58:669-73.
16. Beecher MD, Akçay Ç. Social factors in bird-song development: Learning to sing with friends and rivals. *Learn Behav* 2021;49:137-49. <http://dx.doi.org/10.3758/s13420-020-00441-6>
17. Nottebohm F. Ontogeny of bird song. *Science* 1970;167:950-6. <https://www.jstor.org/stable/1728208>
18. Baptista LF, Petrinovich L. Social interaction, sensitive phases and the song template hypothesis in the white-crowned sparrow. *Ani Behav* 1984;32:175-81. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(84\)80335-8](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(84)80335-8)
19. Kramar CP, Castillo-Díaz F, Gigante ED, Medina JH, Barbano MF. The late consolidation of an aversive memory is promoted by VTA dopamine release in the dorsal hippocampus. *Eur J Neurosci* 2021;53:841-51. <https://doi.org/10.1111/ejn.15076>
20. Hatfield E, Cacioppe JT, Rapson RL. Emotional contagion. New York: Cambridge University Press; 1993, 252p. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10770953>
21. Maren S. Neurobiology of Pavlovian fear conditioning. *Annu Rev Neurosci* 2001;24:897-931. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.897>
22. Church RM. Emotional Reactions of Rats to the Pain of Others. *J Comp Physiol Psychol* 1959;52:132-4. <http://dx.doi.org/10.1037/h0043531>
23. Langford DJ, Crager SE, Shehzad Z, Smith SB, Sotocinal SG, Levenstadt JS, *et al.* Social modulation of pain as evidence for empathy

- in mice. Science 2006;312:1967-70.
<http://dx.doi.org/10.1126/science.1128322>
- 24.Knapska E, Mikosz M, Werka T, Maren S. Social Modulation of learning in rats. Learn Mem 2009;30;17:35-42.
<http://dx.doi.org/10.1101/lm.1670910>
- 25.Blanchard DC, Griebel G, Pobbe R, Blanchard RJ. Risk assessment as an evolved threat detection and analysis process. Neurosci Biobehav Rev 2011;35:991-8.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.10.016>
- 26.Canova F, Pelaquim A, Ferrari EAM. Memória Aversiva em Mamíferos e Aves: Relação entre o Hipocampo e o Condicionamento Clássico Aversivo. J Health Sci 2015;17:301-6.
<https://doi.org/10.17921/2447-8938.2015v17n4p%25p>
- 27.Reis F, Schenka AA, Melo LL, Ferrari EA. Role of the hippocampus in contextual memory after classical aversive conditioning in pigeons (*C. livia*). Braz J Med Biol Res 1999;32:1127-31.
<https://doi.org/10.1590/S0100-879X1999000900012>
- 28.Miller G. Neuroscience. Mirror neurons may help songbirds stay in tune. Science 2008;319:269.
<http://dx.doi.org/10.1126/science.319.5861.269a>
- 29.Ottoni EB. EthoLog 2.2: a tool for the transcription and timing of behavior observation sessions. Behav Res Meth 2000;32:446-9.
<http://dx.doi.org/10.3758/BF0320814>
- 30.Blanchard DC, Blanchard RJ. Ethoexperimental approaches to the biology of emotion. Annu Rev Psychol 1988;39:43-68.
<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ps.39.020188.000355>
- 31.Valentinuzzi VS, Ferrari EAM. Habituation to Sound During Morning and Night Sessions in Pigeons (*Columba livia*). Phys Behav 1997;62:1203-9. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(97\)00009-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(97)00009-7)
- 32.Cattaneo L, Rizzolatti G. The Mirror Neuron System. Arch Neurol 2009;66:557-60. <http://dx.doi.org/10.1001/archneurol.2009.41>