INFLUÊNCIA DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS NAS ABELHAS SEM FERRÃO *Tetragonisca Angustula* (HYMENOPTERA: APIDAE)

Gustavo Timóteo Vinhaes Silva (PIBIC/CNPq/FA/UEM, Luiz Fernando Cotica (Coorientador), Maria Claudia Colla Ruvolo-Takasusuki (Orientadora). E-mail: mccrtakasusuki@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Biotecnologia, Genética e Biologia Celular (DBC) / Laboratório de Biotecnologia e Genética Animal (LABGENA), Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Ciências Biológicas / Zoologia.

Palavras-chave: Magnetorrecepção; Comportamento animal.

RESUMO

As abelhas sem ferrão desempenham importante papel ecológico, especialmente por sua participação na polinização, e apresentam mecanismos sensoriais que permitem responder a diferentes estímulos ambientais. Entre esses estímulos, o campo magnético pode participar de processos relacionados à orientação das abelhas, levantando questionamentos sobre os possíveis efeitos da exposição a campos magnéticos artificiais. O presente estudo teve como objetivo avaliar possíveis alterações comportamentais em operárias de *Tetragonisca angustula* submetidas à exposição a um campo magnético estático. Foram avaliados 40 indivíduos, sendo 20 pertencentes ao grupo controle e 20 ao grupo tratado com campo magnético estático. O comportamento dos indivíduos foi registrado por meio de filmagens contínuas de dez minutos e posteriormente analisado com auxílio do software *EthoFlow*, considerando-se velocidade de movimento, distância percorrida e tempo de repouso. Os dados foram organizados no software *GraphPad Prism* e submetidos inicialmente ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, seguido do teste t de *Student* não pareado para comparação entre os grupos, adotando-se nível de significância de 5%. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos para nenhuma das variáveis analisadas. As médias de velocidade de movimento, distância percorrida e tempo de repouso foram semelhantes entre os indivíduos controle e tratados. Dessa forma, nas condições experimentais utilizadas, a exposição ao campo magnético não promoveu alterações significativas nos parâmetros locomotores avaliados. Os resultados contribuem para ampliar o conhecimento sobre a relação entre campos magnéticos e comportamento em abelhas sem ferrão e indicam a importância de novas investigações envolvendo diferentes condições experimentais e outros aspectos comportamentais.

INTRODUÇÃO

As abelhas sem ferrão apresentam grande importância ecológica por sua participação na polinização e na manutenção dos ecossistemas. Esses insetos

possuem mecanismos sensoriais que permitem perceber diferentes estímulos ambientais, incluindo informações relacionadas ao campo magnético, que podem estar envolvidas em processos de orientação (KWAPONG et al., 2010; LIANG et al., 2016). Nesse contexto, a presença de campos eletromagnéticos artificiais levanta questionamentos sobre seus possíveis efeitos sobre o comportamento das abelhas.
Estudos realizados com abelhas indicam que a exposição a campos eletromagnéticos pode estar relacionado a alterações em determinados aspectos comportamentais e fisiológicos. Entretanto, ainda são necessários estudos que investiguem esses efeitos em abelhas sem ferrão, especialmente em relação à atividade locomotora. Assim, *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera: Apidae), espécie de abelha sem ferrão, constitui um organismo de interesse para a investigação dos possíveis efeitos de campos magnéticos sobre o comportamento.
Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar possíveis alterações no comportamento locomotor de *T. angustula* submetidas à exposição de campos magnéticos produzidos por ímãs, considerando como parâmetros a velocidade de movimento, a distância percorrida e o tempo de repouso.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida como um estudo experimental, tendo como objeto de investigação o comportamento de operárias de *T. angustula* submetidas a duas condições experimentais. Os bioensaios foram constituídos por 40 indivíduos, distribuídos igualmente entre um grupo controle (CTL), composto por 20 indivíduos, e um grupo tratado com ímã (IMÃ), também composto por 20 indivíduos, que correspondia a um campo magnético estático gerado por ímãs circulares de 2,7 cm de diâmetro e 0,5 cm de altura,
O comportamento dos indivíduos foi registrado por meio de filmagens contínuas, com duração de dez minutos para cada indivíduo. Os registros foram posteriormente analisados utilizando o software *EthoFlow*, permitindo a obtenção de medidas quantitativas relacionadas à atividade locomotora. Foram considerados três parâmetros comportamentais: velocidade de movimento, distância percorrida e tempo de repouso.
A velocidade de movimento foi utilizada como indicador da atividade locomotora dos indivíduos, enquanto a distância percorrida permitiu quantificar o deslocamento realizado durante o período de observação. O tempo de repouso foi considerado como medida complementar da atividade, permitindo avaliar o período em que os indivíduos permaneceram sem deslocamento.
Os dados obtidos a partir da análise dos vídeos foram organizados e submetidos à análise estatística utilizando o software *GraphPad Prism*. Inicialmente, foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Posteriormente, as médias dos parâmetros comportamentais foram comparadas entre os grupos controle e tratado por meio do teste t de *Student* não pareado. Os resultados foram expressos em média ± desvio-padrão, considerando 20 indivíduos por tratamento. As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas quando $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de normalidade de Shapiro-Wilk indicou distribuição compatível com a normalidade nos grupos controle e tratado com campo magnético estático. No grupo controle foi obtido p = 0,0783, enquanto no grupo tratado foi obtido p = 0,0816. A partir dessa avaliação, foi utilizado o teste t de *Student* não pareado para comparação dos parâmetros comportamentais entre os grupos.

A análise não identificou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos para nenhuma das variáveis avaliadas. Para a velocidade de movimento, o grupo controle apresentou média de 1,60 ± 0,71, enquanto o grupo tratado com campo magnético estático apresentou média de 1,59 ± 0,66. A diferença entre os valores foi mínima, indicando elevada proximidade entre os grupos.

Para a distância percorrida, a média observada no grupo controle foi de 510,25 ± 221,07, enquanto no grupo tratado foi de 503,52 ± 210,64. Embora tenha sido observada uma média ligeiramente inferior no grupo tratado, essa diferença não foi estatisticamente significativa. No tempo de repouso, as médias foram de 65,98 ± 30,41 para o grupo controle e 65,94 ± 39,59 para o grupo tratado, apresentando novamente valores muito próximos. Todos os resultados foram agrupados na figura 1.

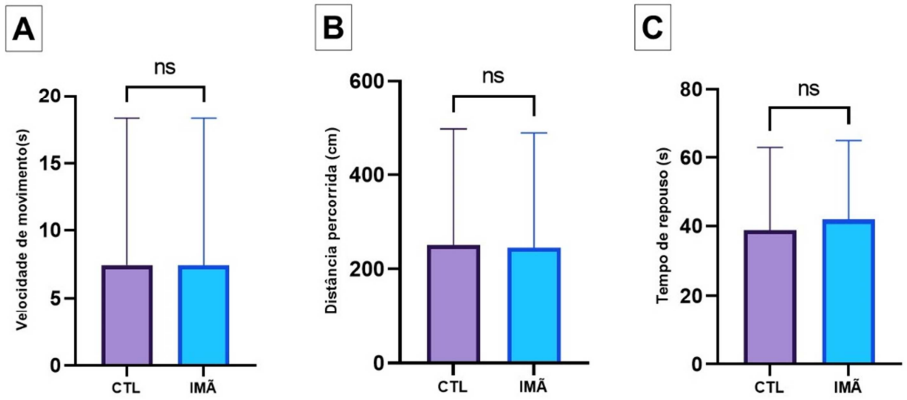


Figura 1 - Parâmetros comportamentais de abelhas dos grupos controle (CTL) e tratado com ímã (IMÃ). (A) velocidade de movimento, (B) distância percorrida e (C) tempo de repouso. Os dados são apresentados como média ± desvio-padrão (DP), considerando 20 indivíduos.

A ausência de diferenças significativas indica que, nas condições experimentais utilizadas, a exposição ao campo magnético estático não produziu alterações detectáveis nos parâmetros locomotores avaliados. Esse resultado é relevante considerando que as abelhas apresentam capacidade de percepção de estímulos magnéticos e que o campo magnético pode participar de processos relacionados à orientação desses insetos (LIANG et al., 2016). Entretanto, a existência dessa capacidade sensorial não implica necessariamente que toda exposição a um campo magnético artificial resulte em alterações comportamentais mensuráveis.

Os resultados também devem ser considerados em relação a estudos que identificaram efeitos de campos eletromagnéticos sobre abelhas. Shepherd et al.

(2018) demonstraram que campos eletromagnéticos de frequência extremamente baixa podem afetar determinados aspectos comportamentais de *Apis mellifera*. Da mesma forma, Mahmoud e Gabarty (2021) investigaram efeitos da exposição à radiação eletromagnética sobre estruturas relacionadas à fisiologia das abelhas. Esses trabalhos demonstram que a exposição a campos eletromagnéticos constitui uma questão relevante para a investigação experimental, mas os efeitos observados não podem ser generalizados para diferentes espécies, condições de exposição ou parâmetros comportamentais.

Apesar da variabilidade individual observada, as médias semelhantes indicam que a exposição ao campo magnético não alterou de forma significativa a atividade locomotora de *T. angustula*. Entretanto, esses resultados não permitem descartar possíveis efeitos sobre outros comportamentos, como orientação, comunicação, interação social e forrageamento. Nesse sentido, são necessários experimentos de campo. Os resultados obtidos reforçam a importância de avaliar diferentes condições de exposição e aspectos comportamentais em estudos sobre campos eletromagnéticos em abelhas, especialmente em condições de campo.

CONCLUSÕES

Nas condições experimentais utilizadas, a exposição ao campo magnético estático não promoveu alterações estatisticamente significativas na velocidade de movimento, na distância percorrida ou no tempo de repouso de *T. angustula*. Dessa forma, a hipótese de alteração da atividade locomotora em decorrência do tratamento não foi corroborada. Entretanto, os resultados estão restritos aos parâmetros comportamentais avaliados e não permitem descartar possíveis efeitos sobre outras respostas comportamentais ou fisiológicas. Novos estudos envolvendo diferentes condições de exposição e outros indicadores comportamentais poderão contribuir para ampliar a compreensão da relação entre campos magnéticos e abelhas sem ferrão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, a minha orientadora, ao Laboratório de Biotecnologia e Genética Animal e ao CNPq pelo financiamento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

KWAPONG, P. et al. Stingless bees: importance, management, and utilization. [S. l.]: **Unimax Macmillan**, 2010.

LIANG, C. H. et al. Magnetic sensing through the abdomen of the honey bee. **Scientific Reports**, v. 6, p. 23657, 2016.

MAHMOUD, E. A.; GABARTY, A. Impact of electromagnetic radiation on honey stomach ultrastructure. **African Entomology**, v. 29, n. 1, 2021.

SHEPHERD, S. et al. Extremely low frequency electromagnetic fields impair... **Scientific Reports**, v. 8, 2018.