

Estudo sobre as aplicações do mel nas biotecnologias da reprodução animal

Study on the applications of honey in animal reproduction biotechnologies

Rafaeli Faga Daniel¹, Marcia Aparecida Andreazzi², Fabio Luiz Bim Cavalieri³, Isabele Picada Emanuelli⁴, Francielli Gasparotto⁵, Iamara Carvalho Sabatino Bento⁶

RESUMO: Para melhorar a eficiência das cadeias produtivas animais, deve-se aprimorar o manejo reprodutivo. Por isso, estudos que visam aperfeiçoar as biotecnologias reprodutivas com suplementação dos meios com substâncias naturais, como o mel, que apresenta capacidade energética, antioxidante e antimicrobiana, tem se mostrado promissor. O objetivo com este estudo foi realizar uma análise quali-quantitativa das publicações científicas que abordaram o tema “mel e reprodução animal”, com ênfase nas biotecnologias da reprodução animal. Foi realizado um levantamento dos artigos nas bases *Web of Science* e *SciELO*, de 2014 a 2023, empregando o descritor mel associado à reprodução animal, sêmen, diluidor de sêmen, oócitos, fertilização *in vitro*, embrião e cultivo de embrião. Essa pesquisa resultou em 22 artigos científicos dos quais foram coletadas as informações: ano de publicação, espécie animal, eixo temático, país de origem do primeiro autor e principais periódicos. Os dados foram analisados de forma descritiva. As avaliações do mel como aditivo em diluentes de sêmen para diferentes espécies animais corresponderam 63,64%, em meios de produção *in vitro* de embriões foram observados em menor número, 22,73%. A adição de mel em diluentes espermáticos avaliou o efeito energético em 48%, antioxidante em 40% e antibiótico em 12%. Foram observadas proporções iguais de publicações avaliando a qualidade do sêmen criopreservado e refrigerado, se destacando estudos sobre criopreservação a -196°C em 57,14% dos trabalhos e refrigeração a 4°C em 57,14% dos trabalhos. As pesquisas sobre suplementação com mel na produção *in vitro* estão na vanguarda das biotecnologias da reprodução animal, contudo, mais pesquisas devem ser conduzidas a fim de comprovar sua eficiência e consolidar seu uso.

Palavras-chave: Biotecnologias da reprodução; Embrião; Sêmen.

ABSTRACT: To improve the efficiency of animal production chains, reproductive management must be improved. Therefore, studies that aim to improve reproductive biotechnologies by supplementing the media with natural substances, such as honey, which has energetic, antioxidant and antimicrobial capabilities, have shown promise. The objective of this study was to carry out a qualitative and quantitative analysis of scientific publications that addressed the topic “honey and animal reproduction”, with an emphasis on animal reproduction biotechnologies. A survey of articles was carried out in the *Web of Science* and *SciELO* databases, from 2014 to 2023, using the descriptor honey associated with animal reproduction, semen, semen extender, oocytes, *in vitro* fertilization, embryo and embryo cultivation. This research resulted in 22 scientific articles from which information was collected: year of publication, animal species, thematic axis, country of origin of the first author and main journals. The data were analyzed descriptively. The evaluations of honey as an additive in semen extenders for different animal species corresponded to 63.64%, in *in vitro* embryo production media they were observed in smaller

¹ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas pela Universidade Cesumar (UNICESUMAR), Maringá (PR), Brasil. Bolsista PROSUP/CAPES.

² Doutora em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Docente do Mestrado em Tecnologias Limpas da Universidade Cesumar (ICETI/ UNICESUMAR), Maringá (PR), Brasil.

³ Doutor em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Docente do Mestrado em Tecnologias Limpas da Universidade Cesumar (ICETI/ UNICESUMAR), Maringá (PR), Brasil.

⁴ Doutora em Ciências Biológicas. Docente do Mestrado em Tecnologias Limpas da Universidade Cesumar (ICETI/UNICESUMAR), Maringá (PR), Brasil.

⁵ Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Docente do Mestrado em Tecnologias Limpas da Universidade Cesumar (ICETI/ UNICESUMAR), Maringá (PR), Brasil.

⁶ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas pela Universidade Cesumar (UNICESUMAR), Maringá (PR), Brasil. Bolsista PROSUP/ CAPES.

numbers, 22.73%, The addition of honey in sperm extenders evaluated the energetic effect by 48%, antioxidant by 40% and antibiotic by 12%. Equal proportions of publications evaluating the quality of cryopreserved and refrigerated semen were observed, highlighting studies on cryopreservation at -196°C in 57.14% of the studies and refrigeration at 4°C in 57.14% of the studies. Research on honey supplementation in in vitro production is at the forefront of animal reproduction biotechnologies, however, more research must be conducted to prove its efficiency and consolidate its use.

Keywords: Embryo; Reproductive Biotechnologies; Semen.

Autor correspondente: Rafaeli Faga Daniel
E-mail: fagarafaeli@gmail.com

Recebido em:27/06/2024
Aceito em:02/12/2024

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca no cenário mundial em relação à produção e exportação de produtos de origem animal (ABIEC, 2023; ABPA, 2023). Contudo, para a melhoria dos índices produtivos, é necessário o aprimoramento e difusão, em grande escala, de várias tecnologias que envolvem o manejo nutricional, sanitário e reprodutivo. Em relação ao manejo reprodutivo, verifica-se que as biotecnologias reprodutivas como a inseminação artificial, a sincronização estral, a aspiração folicular, superovulação de doadoras de oócitos, maturação, fecundação e cultivo *in vitro*, a produção *in vitro* de embriões, criopreservação e vitrificação de gametas masculinos e femininos e de embriões (Oliveira *et al.*, 2014) fomentam várias cadeias produtivas animais.

A eficiência reprodutiva é um dos índices que mais afeta a produtividade e a lucratividade de uma cadeia produtiva (Bergamaschi *et al.*, 2010) e, mesmo com o emprego das biotecnologias, deve-se considerar que ainda existem índices a serem aprimorados.

Diante disso, estudos têm sido conduzidos para buscar formas de aperfeiçoar as biotecnologias reprodutivas. Uma das linhas de investigação tem sido a suplementação dos meios diluentes com substâncias químicas ou naturais, a fim de melhorar a qualidade dos gametas e dos embriões, bem como o tempo de conservação, tanto refrigerado quanto congelado. Estudos têm avaliado o uso do mel como um produto capaz de atender essas demandas (Hashem; Hassanein; Simal-Gandara, 2021). O mel é uma mistura de açúcares, como a frutose, glicose e a sacarose, ácidos orgânicos, enzimas, proteínas, vitaminas, minerais, com poder energético, antioxidante e atividade antibiótica (White; Doner, 1980). Portanto, devido a sua composição, a suplementação com mel em meios de conservação e de cultivo de gametas e de embriões tem mostrado resultados promissores (Hashem; Hassanein; Simal-Gandara, 2021).

Além das propriedades energéticas, antioxidantes e antimicrobiana (Silva *et al.*, 2006), estudos tem mostrado que, em função da alta concentração de açúcares, o mel também apresenta capacidade desidratante e conservante, reduzindo a formação de cristais de gelo e a ocorrência de danos criogênicos (Sarmadi *et al.*, 2019), melhorando os processos de criopreservação de gametas e de embriões (Cheepa; Liu; Zhao, 2022).

Diante da importância do papel das cadeias produtivas animais para a segurança alimentar mundial, e reconhecendo que as biotecnologias da reprodução são ferramentas efetivas para o incremento da produção, conhecer as diferentes direções das investigações e entender o comportamento científico das pesquisas sobre a suplementação de meios

diluentes de sêmen e de produção *in vitro* de embriões, com substâncias naturais é necessário. Desse modo, o objetivo com esse estudo foi realizar uma análise quali-quantitativa das publicações científicas que abordaram o tema “mel e reprodução animal”, com ênfase nas biotecnologias da reprodução animal.

2 METODOLOGIA

O estudo consistiu em uma análise cienciométrica, um método quantitativo e objetivo que permite avaliar o estado atual da ciência e auxilia no gerenciamento e na tomada de decisões. Macias-Chapula (1998) afirmou que, em termos de ciência, os indicadores bibliométricos e cienciométricos tornaram-se essenciais, pois identificam as tendências e o crescimento do conhecimento em uma área.

O estudo foi organizado em quatro fases: a seleção das bases de dados, a definição dos descritores, a análise dos artigos e a síntese dos dados (Figura 1). Dessa forma, foi realizado o levantamento da produção científica veiculada em periódicos indexados nas bases de dados da *Scientific Eletronic Library Online (SciELO)*⁷ e da *Web of Science*⁸, seguindo as recomendações metodológicas de Schubert, Glanzel e Braun (1989) para trabalhos de estudo cienciométrico.



Figura 1. Fluxograma da seleção e avaliação dos artigos científicos

Para a busca, foi utilizado o descritor mel e sua associação com os termos: reprodução animal, sêmen, diluidor de sêmen, fertilização *in vitro*, oócitos, embrião e cultivo de embrião, em português e em inglês, sem restrição de período de publicação. A extração inicial nas duas bases resultou em 2.217 artigos que, após refinamento e verificação da aderência ao tema, exclusão dos artigos repetidos e definição do período de publicação entre 2014 e 2023, resultou em 22 artigos científicos, que compuseram o *corpus* de análise da pesquisa.

⁷ <http://www.scielo.org>

⁸ <https://www-webofscience.ez188.periodicos.capes.gov.br>

A próxima fase do estudo compreendeu a análise das produções científicas empregando uma abordagem qualitativa, por meio da leitura dos títulos e dos resumos. Por fim, foi realizada a síntese dos dados, sendo identificadas e coletadas as informações sobre: o ano de publicação do artigo científico, a espécie animal, o eixo temático, pautado no objetivo principal da pesquisa e o país de origem do primeiro autor da publicação. Também foram inseridos nesta análise os principais periódicos citados, com suas respectivas classificações, segundo o Fator de Impacto, percentil *Scopus* e o critério Qualis/CAPES/2020. Os dados foram tabulados e organizados em planilha eletrônica (*Microsoft Excel 2016*) e analisados de forma descritiva

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evolução histórica das publicações científicas sobre a utilização do mel em associação com reprodução animal, ao longo dos últimos 10 anos, mostrou um reduzido número de artigos (n=22). Contudo, observa-se uma progressão acentuada nos últimos 6 anos, que somados, totalizaram 72,72% das publicações (Figura 2). Esse achado demonstra a atualidade do assunto e a preocupação da comunidade científica em avaliar todas as perspectivas sobre a utilização do mel como recurso para incrementar a reprodução animal e as biotécnicas reprodutivas, abrangendo machos e fêmeas de diferentes espécies animais.

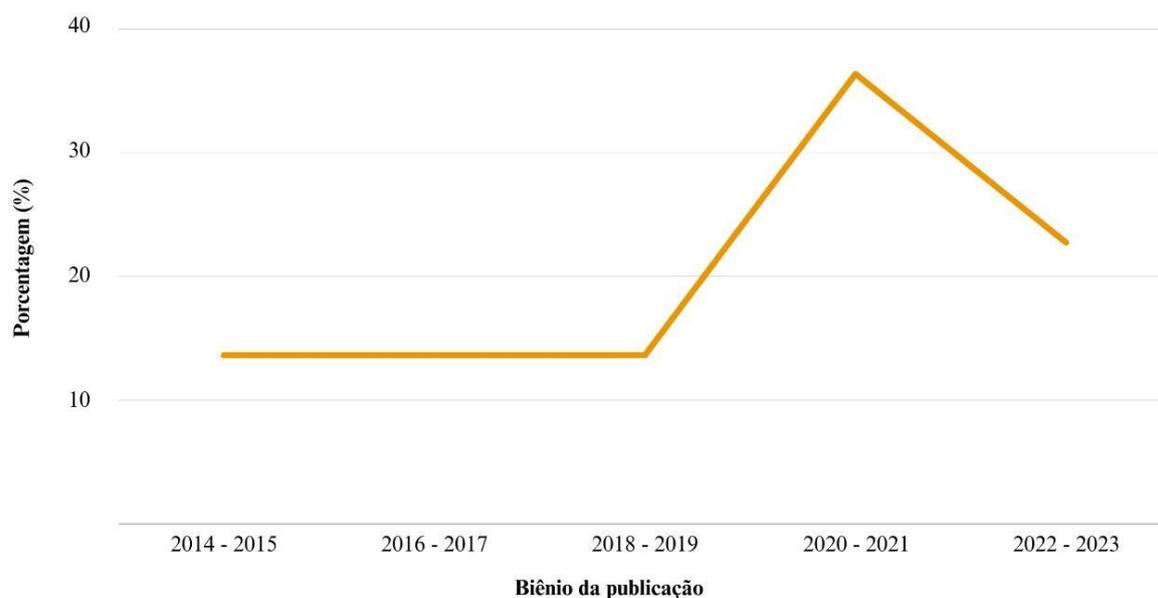


Figura 2. Porcentagem de artigos científicos publicados sobre “mel e reprodução animal”, entre os anos de 2014 e 2023, por biênio (n = 22)

Apesar do destaque da atualidade das publicações, sabe-se que o mel é testado há mais de 50 anos em alguns meios diluentes, sobretudo diluentes para conservação e congelamento de sêmen. Bamba, Kojima e Iida (1968) avaliaram os efeitos do diluente espermático a base de gema de ovo e de mel sobre a qualidade de espermatozoides suínos congelados e reportaram a ação protetora do mel no processo de congelamento. Anos mais tarde, o mesmo grupo de pesquisadores avaliou o uso combinado de glicerol e

dimetilsulfóxido (DMSO) sobre a qualidade pós-congelamento de espermatozoides suínos diluídos e congelados em diluente suplementado com gema de ovo e mel. Os autores concluíram que a adição de DMSO ao diluente contendo glicerol não melhorou a qualidade pós-congelamento (Bamba *et al.*, 1972).

A evolução histórica permitiu observar trabalhos como o de Oyelowo, Adekunbi e Dada (2014), que investigaram o efeito do consumo de dieta rica em sacarose ou de mel nigeriano sobre a função reprodutiva de ratos e afirmaram que essa suplementação confere função protetora à reprodução masculina. Outros pesquisadores avaliaram a suplementação de óleo e mel de *Nigella sativa* em diluentes espermáticos e concluíram que o mel prolonga a taxa de sobrevivência de espermatozoides caprinos, refrigerados e congelados (Maidin *et al.*, 2018). Estudos mais recentes, como o de Gardela *et al.* (2023) avaliaram o efeito do mel, coenzima Q10 e β -caroteno/ α -tocoferol como aditivos nos diluentes para criopreservação de sêmen de coelho, uma vez que a eficácia da criopreservação de esperma de coelho ainda está abaixo da média em comparação com outras espécies domésticas. Os autores concluíram que os protocolos de criopreservação avaliados não melhoraram os parâmetros espermáticos após o descongelamento.

A análise dos artigos permitiu classificar as pesquisas de acordo com o principal objetivo do estudo e espécie animal avaliada (Tabela 1). Assim, observou-se que a maioria das investigações foi sobre o uso de mel como aditivo em diluentes, tanto para refrigeração quanto para congelação, de sêmen de diferentes espécies animais (63,64%), com destaque para suínos, caprinos e aves, reforçando a importância das pesquisas que buscam melhorar a eficiência das biotecnologias reprodutivas em animais de produção e fortalecer as cadeias produtivas.

Estudos sobre a adição de mel em meios de maturação, fertilização e cultivo *in vitro* de embriões também foram observados (22,73%). Artigos sobre a relação entre consumo de mel e os aspectos reprodutivos, assim como, revisão de literatura sobre o tema foram mínimos.

Dentre os protocolos testados sobre a adição de mel em diluentes para a conservação e armazenamento de gametas masculinos (63,64%), notou-se o estudo sobre a incorporação de 0,25% de mel como agente crioprotetor em diluente para sêmen suíno, que resultou em melhora da motilidade espermática e progressiva pós-descongelamento e maior porcentagem de espermatozoides normais (Balogun *et al.*, 2021). A constatação de que a adição de mel em diluentes de sêmen conserva a motilidade e a integridade de espermatozoides suínos e de aves também foi observada (Lan *et al.*, 2021; Farooq *et al.*, 2022).

Alguns trabalhos destacaram que, independentemente da concentração, o mel pode ser considerado como bom substituto para a frutose e ser uma boa fonte de energia em meios para diluição de sêmen de ovinos (Jerez-Ebensperger *et al.*, 2015; Banday *et al.*, 2017). Além do efeito energético, a ação antibiótica da incorporação de mel em diluentes espermáticos de peru e de suínos também foi comprovada (Sari; Bebas; Trilaksana, 2015; Lan *et al.*, 2021), porém, em uma das pesquisas conduzidas com sêmen ovino, não foi comprovada essa ação (Banday *et al.*, 2017). Ademais, a inclusão de mel em diluentes de sêmen caprino apresentou efeito antioxidante, reduzindo as Espécies Reativas de Oxigênio (ERO's) geradas durante a manipulação dos gametas masculinos (Maidin *et al.*, 2018).

Tabela 1. Número e porcentagem de artigos científicos publicados sobre “mel e reprodução animal”, de acordo com o eixo temático da pesquisa e espécie animal, entre os anos de 2014 e 2023 (n = 22)

| Espécie animal | Número de artigos | Porcentagem (%) |
|--|-------------------|-----------------|
| Mel e diluente espermático (n=15) | | |
| Suíno | 3 | |
| Caprino | 3 | |
| Aves | 3 | |
| Ovino | 2 | 63,64 |
| Peixe | 1 | |
| Peru | 1 | |
| Búfalo | 1 | |
| Mel e meio de cultivo in vitro do oócito e do embrião (n=4) | | |
| Peixe | 2 | |
| Bovino | 1 | |
| Ovino | 1 | 22,73 |
| Rato | 1 | |
| Consumo de mel e reprodução (n=2) | | |
| Rato | 2 | 9,09 |
| Revisão de literatura (n=1) | | |
| Mamíferos | 1 | 4,55 |

Em relação ao efeito energético, antibiótico e antioxidante, sabe-se que, de fato, o mel é um produto de elevado valor energético, rico em açúcares, principalmente D-frutose e D-glicose, água, ácidos orgânicos, enzimas, proteínas, vitaminas e minerais, como selênio, manganês, zinco, cromo e alumínio, e que apresenta propriedades antioxidantes, antimicrobiana e cicatrizante (Silva *et al.*, 2006).

Nos espermatozoides, a combinação desses açúcares faz com que o mel seja um eficiente substrato energético quando incorporado aos meios diluentes. Já a junção dos diversos antioxidantes, impede as lesões oxidativas ocasionadas pelo próprio metabolismo dos espermatozoides, favorecendo a viabilidade e a integridade do acrossoma após o descongelamento dos espermatozoides de animais ruminantes, como ovinos (Jerez-Ebensperger *et al.*, 2015) e búfalos (Kandiel; Elkhawagah, 2017).

O potencial antioxidante do mel se dá pela presença da enzima glicose oxidase, que converte a glicose, na presença de água, em ácido glucônico e peróxido de hidrogênio, que são potenciais antioxidantes (Silva *et al.*, 2006). Além disso, a presença dos compostos fenólicos, como tocoferol, flavonoides e ácidos fenólicos e de alguns aminoácidos (Asp, Glu, Gly, Thr e Gln) e vitamina C também reforçam o efeito antioxidante do mel (Gheldof *et al.*, 2002; Erejuwa *et al.*, 2012).

A associação de mel em meios diluentes para a maturação oocitária, fertilização e cultivo de embriões *in vitro* também foi avaliada em bovinos, ovinos, peixe e ratos (22,73%). De fato, a utilização de mel no meio de maturação de oócitos, apresenta melhoras no desenvolvimento na maturação *in vitro* (MIV), apresenta efeitos positivos na expressão gênica (Kaabi *et al.*, 2020). Pesquisadores avaliaram a utilização do mel como antioxidante e crioprotetor termodinamicamente eficiente na vitrificação de embriões de ratos (Sarmadi *et al.*, 2019), a ação do mel como um crioprotetor de oócitos bovinos (Alfoteisy, Singh; Anzar, 2020), o efeito da criopreservação de embriões de bagre africano (*Clarias gariepinus*) em estágio de gástrula (Eka *et al.*, 2020) e a suplementação com mel

em meios de maturação *in vitro* de oócitos ovinos (Kaabi *et al.*, 2020). As substâncias antioxidantes, quando acrescidas aos meios de cultivo embrionário, controlam a produção exacerbada de ERO's e minimizam a atividade transcricional induzida pelo estresse em embriões de mamíferos submetidos à vitrificação (Sarmadi *et al.*, 2019).

Os trabalhos que relacionaram o consumo do mel com o desenvolvimento reprodutivo de ratos machos apontaram que esse produto apícola pode conferir uma função protetora na reprodução masculina, reduzindo os defeitos espermáticos maiores e menores, inclusive as injúrias ocasionadas por estresse (Oyelowo; Adekunbi; Dada, 2014; Haron; Mohamed, 2016).

Em função da expressiva quantidade de pesquisas relacionados a adição de mel em diluentes espermáticos (63,64%), esses artigos foram novamente avaliados, o que permitiu uma nova categorização baseada em dois objetivos centrais das pesquisas: funções do uso do mel nos diluentes para preservação espermática e as formas de preservação de sêmen diluído com meio suplementado com mel (Figura 3).

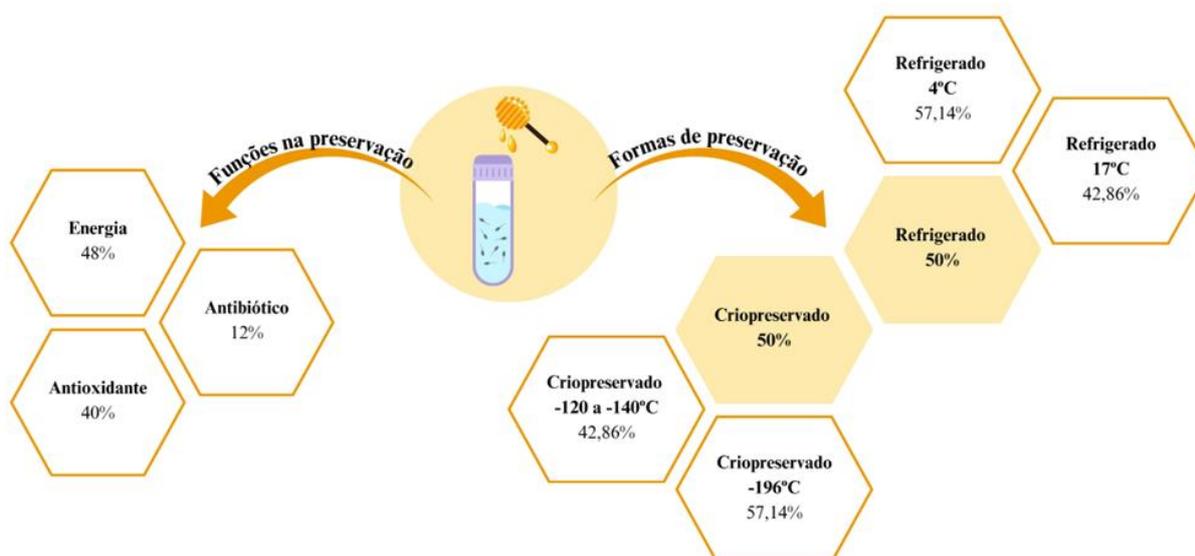


Figura 3. Porcentagem dos resultados sobre as funções do mel nos diluentes espermáticos e as formas de preservação de sêmen diluído em meio contendo mel, encontrados nos artigos científicos publicados sobre “mel e diluente espermático”, entre os anos de 2014 e 2023 (n = 14).

Conforme citado anteriormente, é notório o efeito energético, antibiótico e antioxidante do mel (Silva *et al.*, 2006; Jerez-Ebensperger *et al.*, 2015). Porém, os dados mostraram um predomínio de pesquisas buscando avaliar, principalmente, a função energética (85,7%) (Banday *et al.*, 2017) e antioxidante (71,4%) (Sarmadi *et al.*, 2019) da adição do mel nos diluentes de sêmen sobre a qualidade espermática.

Em relação às formas de conservação, foram observadas proporções iguais nas publicações conduzidas com o objetivo de avaliar a qualidade do sêmen criopreservado (Jerez-Ebensperger *et al.*, 2015; Banday *et al.*, 2017; Malik *et al.*, 2019; Gardela *et al.*, 2023) e refrigerado (Iljenkaite *et al.*, 2020; Balogun *et al.*, 2021). Contudo, estudos sobre criopreservação a -196°C se destacaram (57,14%) (Jerez-Ebensperger *et al.*, 2015; Gardela *et al.*, 2023), bem como pesquisas sobre refrigeração a 4°C (57,14%) (Iljenkaite *et al.*, 2020).

Referente à criopreservação, entende-se que os gametas e embriões podem sofrer injúrias morfológicas e funcionais, a depender de sua origem, do perfil sanitário do animal, do método aplicado, da esterilidade durante o processo de colheita, do estágio de desenvolvimento celular e embrionário, das formas de preservação utilizadas e dos meios de cultivo usados (Bastos *et al.*, 2022), sobretudo em relação a composição dos agentes crioprotetores (Best, 2015).

Desse modo, como o mel possui característica higroscópica, ou seja, tem a capacidade de retirar a umidade do meio, ele favorece o processo de desidratação (Molan, 2006), que ocorre, principalmente, pelo alto teor de açúcares, conferindo uma capacidade desidratante e conservante, tornando-o um produto viável para os processos de criopreservação de gametas e embriões (Cheepa; Liu; Zhao, 2022). Assim, quando inserido em meios de solução para vitrificação de embriões em substituição da sacarose, o mel reduz a chance de formação de cristais de gelo e os danos criogênicos (Sarmadi *et al.*, 2019), atuando como um crioprotetor não permeável adequado para a desidratação (Alfoteisy *et al.*, 2020).

As publicações também foram analisadas quanto à origem do primeiro autor, e os dados foram agrupadas por continente (Figura 4). Os resultados mostraram que a maior parte das pesquisas foi conduzida no continente asiático (68,18%), com destaque para a Indonésia, que totalizou 33,33% dos artigos desse continente.



Figura 4. Porcentagem dos artigos científicos publicados sobre “mel e reprodução animal”, entre os anos de 2014 e 2023, de acordo com o continente de origem do primeiro autor (n = 22)

Atribui-se, parte desse achado, ao fato de que a China é o maior produtor mundial de mel, colhendo cerca de 450 mil toneladas ao ano, seguida de outros países asiáticos, também grandes produtores mundiais, como a Turquia, com 100 mil toneladas e o Irã, com 80 mil toneladas (FAO, 2021). Em relação à Indonésia, aponta-se que esse país é um dos principais países importadores de mel, cujas demandas são supridas pela Malásia, Singapura, Tailândia e Vietnã (CNA, 2022). Assim, acredita-se que, em função da grande disponibilidade desse produto nesse continente, muitas investigações são conduzidas com mel, dentre elas, o uso do mel em meios diluentes e de cultivo empregados nas biotecnologias da reprodução animal.

Com relação às revistas que publicaram os artigos sobre mel e biotecnologias reprodutivas, o periódico *Earth and Environmental Science* se destacou com 10% das publicações encontradas. Esse periódico apresenta fator de impacto 2.8 (2022), percentil Scopus 79% e, no critério Qualis/CAPES/2020 é A1, evidenciando a qualificação científica das publicações sobre o tema.

Durante a etapa de levantamento das publicações científicas, foram encontrados trabalhos utilizando outros produtos apícolas associados à reprodução animal e ao desenvolvimento de biotecnologias reprodutivas, como exemplo, a utilização da geleia real em meio de cultivo de embriões de peixes (Streit *et al.*, 2007) e em diluente de sêmen de caprino (Iljenkaite *et al.*, 2020). Também foi avaliado o efeito da administração de veneno de abelha, via parenteral, sobre o desempenho reprodutivo em coelhos (Elkomy *et al.*, 2021). Assim, essas informações, associadas aos achados desse levantamento, corroboram com o fato de que novos produtos, principalmente os naturais, estão sendo testados a fim de fomentar a reprodução animal.

4 CONCLUSÕES

A evolução histórica das publicações sobre mel e reprodução animal ao longo dos últimos 10 anos mostrou um reduzido número de artigos, mas, com evidente progressão nos últimos seis anos.

A suplementação com mel nos meios diluentes e de cultivo de gametas e de embriões está na vanguarda das biotecnologias da reprodução animal, contudo, mais pesquisas devem ser conduzidas pela comunidade científica a fim de comprovar a eficiência dessa suplementação sobre a qualidade dos gametas e dos embriões refrigerados ou congelados e consolidar seu uso como uma tecnologia limpa nas práticas da reprodução animal.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos e ao Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICETI), pelo apoio aos pesquisadores.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUÇÃO ANIMAL - ABPA. **Relatório Anual 2023**. 75p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE - ABIEC. Perfil da pecuária no Brasil. **Beef Report**, capítulo 4, 2023.

ALFOTEISY, B.; SINGH, J.; ANZAR, X.M.T. Natural honey acts as a nonpermeating cryoprotectant for promoting bovine oocyte vitrification. **PloS one**. v.15, n.9, 2020.

BALOGUN, K.B.; NICHOLLS, G.; SOKUNBI, O.; STEWART, K.R. Effects of natural honey inclusion in dilution and freezing extenders on frozen - thawed semen quality in boars. **Journal of Animal Science**. v. 99, p.211, 2021.

BAMBA, B.; KOJIMA, Y.; IIDA, I. Studies on deep-freezing of boar semen: the effect of honey-yolk diluent on the livability of frozen boar spermatozoa. **Japanese Journal of Zootechnical Science**. v.39, n.10, p.415-421, 1968.

BAMBA, K.; IIDA, I.; KOJIMA, Y.; TAKII, Y. Studies on deep-freezing of boar semen: IX. Combined use of glycerol and DMSO for the preservation of boar spermatozoa at -79°C. **The Japanese journal of animal reproduction**. v.18, n.1, p.34-36, 1972.

BANDAY, M.N.; LONE, F.A.; RASOOL, F.; RATHER, H.A.; RATHER, M.A. Does natural honey act as an alternative to antibiotics in the semen extender for cryopreservation of crossbred ram semen? **Iranian journal of veterinary research**. v.18, n.4, p.258-263, 2017.

BASTOS, M.R.; LEME, L.O.; RUAS, F.; DODE, M.A.N.; CARVALHO, J.O. Criopreservação de embriões bovinos produzidos *in vitro*. **Tópicos Especiais em Ciências Animal XI**. Capítulo 13, 2022.

BERGAMASCHI, M.A.C.M.; MACHADO, R.; BARBOSA, R.T. Eficiência reprodutiva das vacas leiteiras. **Circular Técnica: Embrapa gado de leite**. São Carlos - SP, 2010. ISSN: 1981-2086.

BEST, B.P. Cryoprotectant toxicity: facts, issues, and questions. **Rejuvenation Research**. v.18, n.5, 2015. <https://doi.org/10.1089/rej.2014.1656>.

CHEEPA, F.F.; LIU, H.; ZHAO, G. The natural cryoprotectant honey for fertility cryopreservation. **Bioengineering (Basel)**. v.9, n.3, 2022. <https://doi.org/10.3390%2Fbioengineering9030088>.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA/ SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL - SENAR. **Análise de Oportunidades de Mercado: sudeste asiático, exploração do mercado de mel e derivados**. 2022.

EKA, S.H.; MUKTI, A.T.; SATYANTINI, W.H.; MUBARAK, A.S. Preliminary study: the effect of cryopreservation on the gastrula-staged embryo of African catfish (*Clarias gariepinus*). IOP conference series. **Earth and environmental science**. v.441, n.1, 2020.

ELKOMY, A.; EL-HANOUN, A.; ABDELLA, M.; EL-SABROUT, K. Improving the reproductive, immunity and health status of rabbit does using honey bee venom. **Journal of animal physiology and animal nutrition**. v.105, n.5, p.975-983, 2021.

EREJUWA, O.O.; SULAIMAN, S.A.; WAHAB, M.S.A. Honey: a novel antioxidant. **Molecules**. v.17, n.4, p.4400-4423, 2012. <https://doi.org/10.3390/molecules17044400>.

FAROOQ, K.M.; RIAZ, M.; MUHAMMAD, A.; SHAHID, M. **Extender ability to store chicken sperm by using l-carnitine, methionine and honey.** Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences. p.211-217, 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **Crops and livestock products.** 2021.

GARDELA, J.; RUIZ-CONCA, M.; PALOMARES, A.; OLVERA-MANEU, S.; GARCÍA-CALVO, L.; LÓPEZ-BÉJAR, M.; MARTÍNEZ-PASTOR, F.; ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, M. Effect of honey, coenzyme q10, and β -carotene/ α -tocopherol as novel additives in rabbit-sperm cryopreservation extender. **Animals (Basel)**. v.13, n.14, 2023.

GHELDOF, N.; WANG, X.H.; ENGESETH, N.J. Identification and quantification of antioxidant components of honeys from various floral sources. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.50, p.5870-5877, 2002.

HARON, M.N.; MOHAMED, M. Effect of honey on the reproductive system of male rat offspring exposed to prenatal restraint stress. **Andrologia**. v.48, n.5, p.525-531, 2016.

HASHEM, N.M.; HASSANEIN, E.M.; SIMAL-GANDARA, J. Improving reproductive performance and health of mammals using honeybee products. **Antioxidants**. v.10, n.3, 2021.

ILJENKAITE, A.; SIGITA, K.; AGILA, D.; ZOJA, M.; HENRIKAS, Z.; NERINGA, S. The effect of royal jelly on boar sperm viability and motility during liquid storage for 96 hours. **Acta veterinaria Brno**. v.89, n.1, p.47-53, 2020.

JEREZ-EBENSPERGER, R.A.; LUNO, V.; OLACIREGUI, M.; GONZALEZ, N.; BLAS, I.; GIL, L. Effect of pasteurized egg yolk and rosemary honey supplementation on quality of cryopreserved ram semen. **Small Ruminant Research**. v.130, p.153-156, 2015.

KAABI, A.M.; BARAKAT, I.A.H.; ALAJMI, R.A.; ABDEL-DAIM, M.M. Use of black seed (*Nigella sativa*) honey bee to improve sheep oocyte maturation medium. **Environmental Science and Pollution Research International**. v.27, p. 33872-33881. 2020. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09504-7>.

KANDIEL, M.M.M.; ELKHAWAGAH, A.R.M. Effect of honey supplementation on *Egyptian buffalo* semen. **Animal Reproduction**. v.14, n.4, 2017.

LAN, Q.; XIE, Y.; PAN, J.; CHEN, Q.; XIAO, T.; FANG, S. The antibacterial and antioxidant roles of buckwheat honey (bh) in liquid preservation of boar semen. **Biomed Research International**. v.2, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5573237>.

MACIAS-CHAPULA, C. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, v.27, n.2, 1998.

<https://doi.org/10.1590/S0100-19651998000200005>.

MAIDIN, M.S.; PADLAN, M.H.; AZUAN, S.A.N.; JONIT, R.; MOHAMMED, N.H.; ABDULLAH, R. Supplementation of *nigella sativa* oil and honey prolong the survival rate of fresh and post-thawed goat sperms. **Tropical Animal Science Journal**. v.41, n.2, 2018. <https://doi.org/10.5398/tasj.2018.41.2.94>.

MALIK, A.; INDAH, A.; ZAKIR, M.I.; SAKIMAN, S.; NUGROHO, S. Cryopreservative effect of adding a honey solution to native chicken spermatozoa. **Advances in animal and veterinary sciences**. v.7, n.4, 2019.

MOLAN, P. C. The evidence supporting the use of honey as a wound dressing. **The international journal of lower extremity wounds**. v.5, n.1, p.40- 54, 2006.

OLIVEIRA, C.S.; SERAPIÃO, R.V.; QUINTÃO, C.C.R. Biotécnicas da reprodução em bovinos. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2014. 54 p.

OYELOWO, O.; ADEKUNBI, D.; DADA, K. Protective role of Nigerian honey on sperm indices and testis in sucrose-fed rat. **Endocrine Abstracts**. 2014.

<https://doi.org/10.1530/endoabs.34.P315>.

SARI, N.M.D.P.; BEBAS, W.; TRILAKSANA, I.G.N.B. Honey improve the quality of semen turkey during storage. **Buletin Veteriner Udayana**. v.7, n.2, 2015.

SARMADI, F.; KAZEMI, P.; TIRGAR, P.; FAYAZI, S.; ESFANDIARI, S.; SOTOODEH, L.; MOLAEIAN, S.; DASHTIZAD. Using natural honey as an anti-oxidant and thermodynamically efficient cryoprotectant in embryo vitrification. **Criobiology**. v.91, p.30-39, 2019.

SCHUBERT, A.; GLANZEL, W.; BRAUN, T. Scientometric datafiles: a comprehensive set of indicators on 2649 journals and 96 countries in all major science fields and subfields 1981-1985. **Scientometrics**. n.16, p.3-478, 1989. <https://doi.org/10.1007/bf02093234>

SILVA, R.A.; MAIA, G.A.; SOUSA, P.H.M.; COSTA, J.M.C. Composição e propriedades terapêuticas do mel de abelha. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v.17, n.1, p.113-120, 2006.

STREIT, D.P.; DIGMAYER, M.; RIBEIRO, R.P.; SIROL, R.N.; MORAES, G.V.; GALO, J.M. Embriões de pacu submetidos a diferentes protocolos de resfriamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.42, n.8, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000800018>.

WHITE, J.; DONER, L.W. Composição e propriedades do mel. **Agrícola Mão**, v.335, p.82-91, 1980.