

CAPÍTULO 4

TERMORREGULAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE ABELHAS *Apis mellifera*: REVISÃO SISTEMÁTICA EM BASES DE DADOS CIENTÍFICOS

Data de submissão: 05/11/2024

Data de aceite: 02/01/2025

Aline Márcia da Silva

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Leonardo França da Silva

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

Jessica Mansur Siqueira Crusóe

Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Fernanda Lamede Ferreira de Jesus

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

Cristiano Márcio Alves de Souza

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)

Carlos Henrique de Figueiredo Vasconcelos

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Denis Medina Guedes

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Josiane Rosa Silva de Oliveira

Universidade Federal de Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

João Paulo Batista Machado

Universidade Federal de Viçosa -
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

RESUMO: Neste trabalho de conclusão de curso propôs-se descortinar o universo em que está inserido a importância da termorregulação no desenvolvimento e produtividade das abelhas melíferas para apreciar com lucidez e precisão suas possibilidades e limites. Nessa perspectiva, utilizou-se a metodologia PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises) para realizar uma análise sistemática da literatura mundial na última década relacionando a termorregulação como fator capaz de promover ou prejudicar o desenvolvimento e produtividade das colmeias de abelhas, além da pretensão de fomentar a necessidade de novos estudos que descartem ou detalhem o conforto térmico como contribuinte do desenvolvimento, produtividade e talvez do declínio das populações de *Apis mellifera*. Percebeu-se a importância de contextualizar

e analisar a termorregulação das *Apis mellifera* identificando alguns pressupostos básicos que norteiam sua abrangência e especificidades, bem como entender a evolução do manejo desta, ao longo dos últimos anos no cenário mundial. Concluiu-se que a regulação térmica em *Apis mellifera*, pode envolver uma gama de mecanismos, tanto para aquecer, quando estão expostas às condições de baixas temperaturas, ou arrefecer, se estiverem numa temperatura elevada. Todas essas ações são executadas e coordenadas pela colônia, com o principal objetivo de manter o ninho na temperatura ótima. Porém, notou-se que ainda existem lacunas para serem preenchidas, para entender o comportamento e fisiologia das abelhas africanizadas sob influência de altas temperaturas em ambiente tropical, especialmente em ambientes secos e quentes, como é o caso do nordeste brasileiro.

PALAVRAS CHAVE: Abelhas africanizadas, conforto térmico.

ABSTRACT: In this course completion work, it was proposed to unveil the universe in which the importance of thermoregulation in the development and productivity of honey bees is inserted, in order to lucidly and precisely appreciate its possibilities and limits. In this perspective, the PRISMA methodology (Main Items for Reporting Systematic Reviews and Meta-analyses) was used to carry out a systematic analysis of the world literature in the last decade relating thermoregulation as a factor capable of promoting or hindering the development and productivity of bee hives, in addition to the intention of promoting the need for new studies that rule out or detail thermal comfort as a contributor to the development, productivity and perhaps the decline of *Apis mellifera* populations. The importance of contextualizing and analyzing the thermoregulation of *Apis mellifera* was perceived, identifying some basic assumptions that guide its scope and specificities, as well as understanding the evolution of its management, over the last few years on the world stage. It was concluded that the thermal regulation in *Apis mellifera*, can involve a range of mechanisms, either to warm up, when they are exposed to low temperature conditions, or to cool down, if they are at a high temperature. All these actions are performed and coordinated by the colony, with the main objective of keeping the nest at the optimum temperature. However, it was noted that there are still gaps to be filled in order to understand the behavior and physiology of Africanized bees under the influence of high temperatures in a tropical environment, especially in dry and hot environments, as is the case in northeastern Brazil.

KEYWORDS: Africanized bees, thermal comfort.

INTRODUÇÃO

A apicultura é uma das atividades mais antigas e relevantes do mundo, e cada vez mais, vem se tornando uma ferramenta importante para a geração de emprego/ renda, prestando enorme contribuição ao ser humano a partir de produtos das colmeias como: mel, pólen, própolis, cera, geleia real, apitoxina, além dos serviços de polinização prestados à agricultura e a preservação da diversidade botânica. De acordo com a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura; 2018), as abelhas e outros polinizadores são amplamente reconhecidos pelo seu importante papel e contribuição para a segurança alimentar e nutricional, agricultura sustentável, saúde ambiental e dos ecossistemas,

enriquecimento da biodiversidade e outros aspectos do desenvolvimento sustentável.

Sendo assim, a escolha do tema “*Termorregulação no desenvolvimento e produtividade de abelhas *Apis mellifera*: Revisão Sistemática em bases de dados científicas*” deu-se a partir do reconhecimento da expressividade da conservação e manejo dos polinizadores, e do quanto eles são capazes de influenciarem no desempenho e rendimento de uma diversidade de culturas agrícolas, inclusive as economicamente valorizadas. Além disto, segundo Abreu (2013) os polinizadores são fundamentais na manutenção da variabilidade genética de uma gama de espécies vegetais nativas, e estas, por sua vez, são capazes de regular os ecossistemas afetando indiretamente outras plantas e a fauna como um todo. De acordo com Ricketts *et al.* (2008) em torno de 75% das culturas e 80% das espécies de plantas com flores dependem da polinização biótica, especialmente a realizada por abelhas. Nascimento (2011) informa que a polinização cruzada é realizada por agentes bióticos, tais como aves, morcegos, insetos, e abióticos, como o vento e a água. De acordo com esses autores, dentre os insetos atraídos pelas flores, as abelhas são os de maior destaque, devido a abundância e diversidade, além de encontrarem nas flores os recursos necessários para o seu desenvolvimento. Para Nascimento (2011) um polinizador é caracterizado pelo comportamento e tamanho adequado ao das estruturas reprodutivas das flores, ou seja, é necessário possuir adaptações morfológicas que favorecem a polinização, como é o caso das abelhas, que possuem pelos ramificados no corpo para coletar o pólen.

Devido à grande importância dos insetos polinizadores na manutenção da vida em geral e à crescente preocupação com o declínio das populações de polinizadores, é de extrema relevância estudos que apontem a biologia, a identificação, a classificação, o comportamento, a reprodução, a distribuição geográfica, a eficiência e o manejo necessário para manter e aumentar populações dos insetos benéficos, em especial de *Apis mellifera*. Deste modo, o principal objetivo deste trabalho foi apontar evidências a luz da literatura científica, por meio da revisão sistemática, relacionando a termorregulação como fator capaz de favorecer ou prejudicar o desenvolvimento e produtividade das colmeias de abelhas melíferas, além da pretensão de fomentar a necessidade de novos estudos que descartem ou detalhem o conforto térmico como contribuinte do declínio das populações de *Apis mellifera*.

Reconhece-se que a pesquisa científica é um balizador para as práticas agrárias no Brasil e no mundo, portanto é relevante lançar mão de técnicas capazes de sistematizar a literatura de forma criteriosa, rigorosa e passível de reprodução. Dessa maneira, este Trabalho de Conclusão de Curso – TCC foi pautado na revisão sistemática de bases de dados científicos, utilizando a metodologia PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises), com a intenção de estabelecer uma estratégia lógica de pesquisa, caracterizando o estudo selecionado, analisando sua qualidade, comparando as análises realizadas, e por fim, concluindo sobre o que a literatura selecionada aponta

em relação ao tema escolhido. Destaca-se que, ao escolher esta metodologia, foi necessário gerar questão central de pesquisa para nortear as buscas literárias: “*o quanto a termorregulação, como agente estressor, é capaz alterar o desenvolvimento e produtividade de colmeias de Apis melliferas?*” A hipótese é que com a alteração do conforto térmico nas colmeias, haverá prejuízos no desenvolvimento da colônia, seja pela mortalidade, anomalias comportamentais e taxas elevadas de abandono (enxameação), bem como, na eficiência de sua produtividade. Para Domingos (2017), entender sobre a regulação da temperatura é essencial, especialmente em abelhas, visto que estes insetos possuem um sistema social harmonioso em que trabalham juntas para atender as demandas colocadas sobre elas devido ao estresse ambiental.

Dessa forma, serão apresentadas as considerações sobre a metodologia de pesquisa utilizada para realização deste trabalho, os principais resultados e discussão, bem como, as considerações finais.

MATERIAL E MÉTODOS

De acordo Moher *et al.* (2015), as revisões sistemáticas são balizadoras para o aprimoramento do conhecimento de um determinado tema. Para esses autores, o reconhecimento dessa forma de trabalho de revisão está não só na investigação criteriosa e rastreável, anteriormente realizada sobre o assunto proposto, mas, especialmente, na clareza do relato desse conhecimento. Portanto, este trabalho foi realizado por intermédio da aplicação dos moldes de uma revisão sistemática, indicados na estratégia de pesquisa da metodologia PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises). Buscou-se responder a uma pergunta norteadora, claramente formulada, utilizando métodos criteriosos e sistemáticos, com intuito de selecionar, identificar e avaliar criticamente as literaturas relevantes (Moher *et al.*, 2015).

Foram utilizadas as bases de dados *PubMed*, *SciELO*, *Google Acadêmico* para selecionar artigos com contribuições relevantes sobre o tema proposto. Houve ainda, uma busca manual de artigos relacionados na lista das principais referências utilizadas.

Para que houvesse ampliação da capacidade dos buscadores supracitados, abarcou-se artigos em todos os idiomas. Entretanto, no momento de determinar os descritores/palavras-chaves a serem utilizadas, decidiu-se pelos idiomas: português, inglês, espanhol e francês, contendo apenas as palavras “termorregulação” e “*Apis mellifera*”. Estas tiveram seus sinônimos identificados em *Medical Subject Headings* (MeSH) para posterior combinação com os operadores booleanos AND entre os dois descritores e OR para seus sinônimos (tabela 1).

PORTUGUÊS:

• Abelhas	• Regulação da temperatura
• Apis mellifera	• Termorregulação
	• Conforto térmico

INGLÊS:

• Bees	• Temperature Regulation
--------	--------------------------

ESPAÑHOL

• abejas	• Regulación de la temperatura
• Andrenidae	• Pérdida de calor
• Apidae	• Termorregulación
• Apis	
• Apoidea	
• Abeja	
• Andrénidos	

FRANCÊS

• Abeilles	• Régulation de la température
------------	--------------------------------

Tabela 1: Resumo dos descritores/ palavras-chave escolhidos.

Na fase de inclusão e exclusão das publicações, norteadoras desta revisão sistemática, foi utilizado o *software Rayyan*, um aplicativo da *web* (gratuito) desenvolvido pelo QCRI (Qatar Computing Research Institute) que auxilia os autores de revisão sistemática a realizar seu trabalho de forma rápida, dentro dos critérios pré-estabelecidos. O *software* apresenta, em sua tela inicial, os dados compilados em forma gráfica, facilitando a visualização da triagem realizada durante toda a pesquisa dos autores envolvidos. Inclusive, mostra a quantidade de tempo gasto e quantas sessões foram utilizadas nessa triagem. Para execução da metodologia adotou-se estratégias previamente determinadas e as cegas, com a intenção de mitigar possíveis vieses. Para tanto, foi convidado um avaliador neutro e externo (MTSF) para auxiliar na seleção de tais publicações, conforme demonstrado na figura 2:

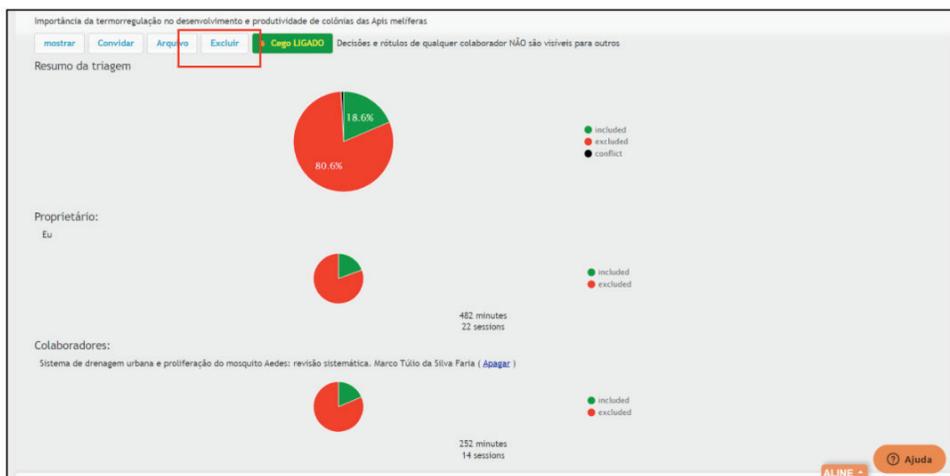


Figura 1: Página inicial *Rayyan*

Fonte: <https://rayyan.ai/reviews> (login: autora)

Os critérios de inclusão utilizados foram: estar no intervalo de tempo entre os anos 2012 a 2022; atender ao preceito de serem artigos científicos, teses e dissertações; conter no título e/ou no resumo os termos centrais da pesquisa (termorregulação e *Apis mellifera* ou seus respectivos sinônimos). Esses critérios foram determinados por meio da observação que o tema aqui abordado tem sido pouco pesquisado na última década. Notou-se que a maioria dos artigos, livros, periódicos encontrados sobre o assunto são das décadas de 1970 e 1980. Logo, percebeu-se a importância de sinalizar que a termorregulação de abelhas *Apis mellifera* é um tema que necessita de atualização no meio acadêmico, especialmente frente às mudanças climáticas, especialmente em países de clima tropical, como é o caso do Brasil.

Foram excluídos Trabalhos de Conclusão de Cursos, publicações fora do período cronológico estipulado ou que não tivessem relação com o tema proposto. Na aba lateral do *Rayyan*, é demonstrado os critérios de inclusão e exclusão utilizados para seleção dos artigos, e na parte central da imagem é apresentado o ano da publicação, o pesquisador logado na sessão, os artigos inclusos (verde), os artigos excluídos com a justificativa da exclusão (vermelho), o título e o(s) autor(es) (figura 3):



Figura 2: Critérios de elegibilidade

Fonte: <https://rayyan.ai/reviews> (login: autora)

Para uma melhor visualização do *software*, a figura 4 exibe o recorte ampliado da aba lateral, com os critérios adotados.

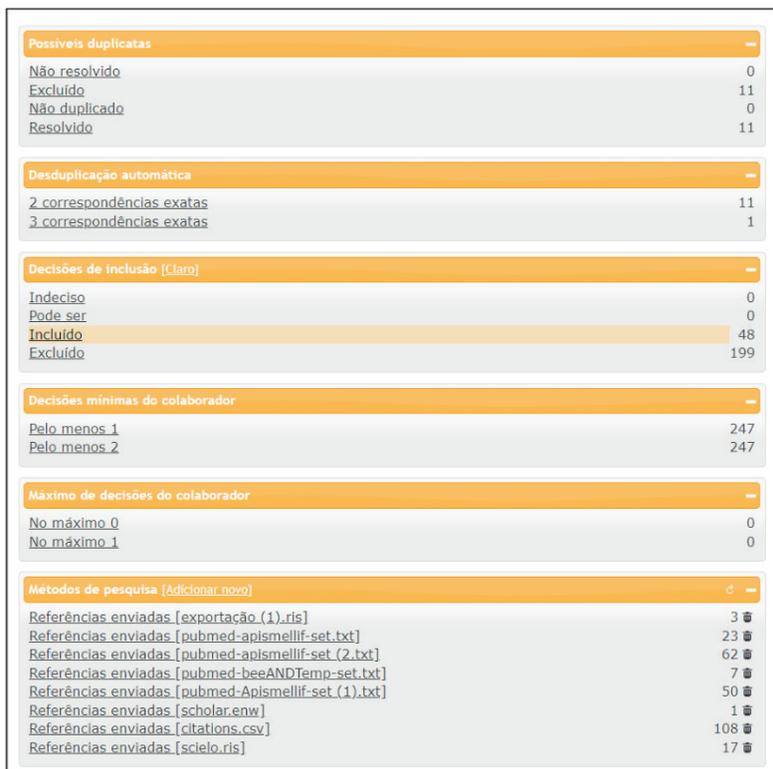


Figura 3: Critérios de elegibilidade (Zoom)

Fonte: <https://rayyan.ai/reviews> (login: autora)

Por meio do fluxograma de PRISMA, (figura 5) é possível identificar o percurso metodológico utilizado para encontrar os artigos selecionados nas diferentes fases da revisão sistemática. A partir da utilização dos descritores, anteriormente mencionados, foi encontrado um total de 247 estudos. Após o descarte dos resumos duplicados e inocentes com a temática proposta, e a aplicação dos critérios indicados, permaneceram 49 estudos, que foram lidos na íntegra. Posteriormente, foram excluídos mais 35 trabalhos que não estavam de acordo com os critérios determinados para essa pesquisa.

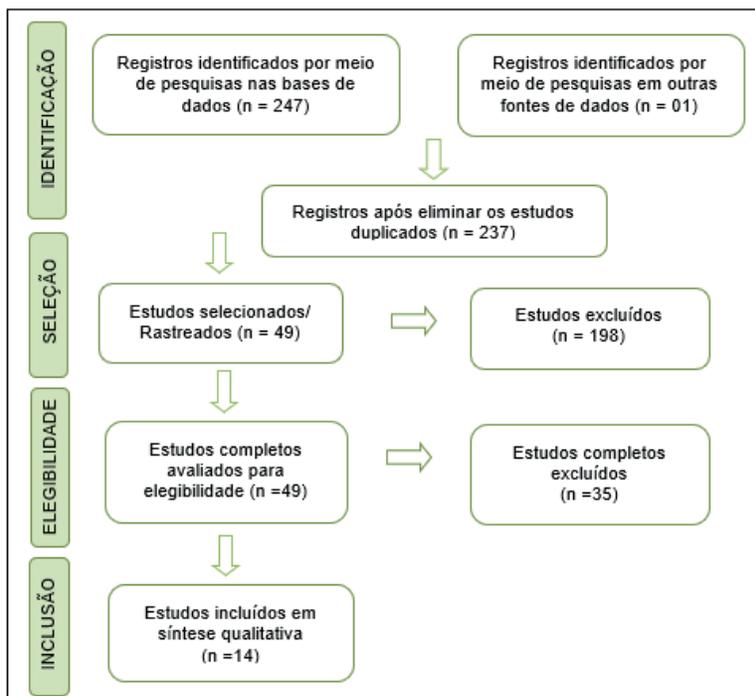


Figura 4: Fluxograma da seleção dos estudos adaptado *do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (Prisma 2015)*.

Fonte: Adaptado de Moher *et al.*, 2009

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a análise quantitativa, 80,6% dos estudos foram eliminados por apresentarem informações muito abrangentes e não terem relação específica com o tema deste trabalho, reduzindo para 18,6% a quantidade a ser rastreada, totalizando 49 estudos, sendo 48 contabilizados dentro do *Rayyan* e 01 de busca manual, conforme referências lidas nos artigos eleitos.

As etapas de elegibilidade e inclusão consistiram nas duas últimas fases, em que os artigos selecionados passaram por uma análise completa, cujas abordagens são descritas nesta revisão sistemática. Os resultados das buscas geradas a partir da utilização do

fluxograma do PRISMA (figura 5) foram analisados e contribuíram para a construção da figura 6 e tabela 2.

Na figura 6 e na tabela 2 estão elencados cronologicamente os artigos, teses e dissertações que atenderam aos critérios determinados nesta revisão sistemática, utilizando um *software* gerenciador de referências.

★	📄	Authors	Title	Year	Published In	Added
★	📄	Brasil, Daniel de F; Guimarães, Michelle de O; Barbosa Filho, ...	Internal ambience of bee colonies submitted to strengthening management by adding broods	2013	Engenharia Agrícola	jul 5
★	📄	Sombra, Daiana da Silva	Monitoramento do desenvolvimento de colônias de Abelhas africanizadas sobre a influência do sol e sombra na região s...	2013	Dissertação (Mestrado em Ci...	jul 5
★	📄	Fernandes, Nayanny de Sousa	Uso da tampa interna da colmeia Langstroth na manutenção de homeostase em colônias de abelhas africanizadas Apis m...	2013	Dissertação (mestrado) – Uni...	jul 5
★	📄	DE SOUZA, MARIA D E FÁTIMA PEREIRA; TURCO, SILVIA HEL...	ANÁLISE TÉRMICA DO AMBIENTE INTERNO DE CAXAS DE ABELHAS DE DIFERENTES CORES	2014	XLIII Congresso Brasileiro de Eng...	jul 5
★	📄	Santos, Ricardo Gonçalves	Longevidade e produção de abelhas rainhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.) em colmeias sob condições de sol e somb...	2015	Dissertação apresentada à U...	jul 5
★	📄	Mendes, João Victor de Queiroz; et al.	AMBIÊNCIA INTERNA EM COLÔNIAS DE ABELHAS <i>Apis mellifera</i> L.(Hymenoptera: Apidae) COBERTAS COM MATERIAIS RECL...	2017	ResearchGate	jul 5
★	📄	Cook, Chelsea N.; et al	Octopamine and tyramine modulate the thermoregulatory fanning response in honey bees (<i>Apis mellifera</i>).	2017	The Journal of experimental biol...	jul 5
★	📄	Ramirez L, et al.	Abscisic acid enhances cold tolerance in honeybee larvae.	2017	Proceedings. Biological sciences	jul 5
★	📄	Domingos, Herica Girlane Tertulino	Controle de temperatura pelas abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.) em colmeias sob condições de sol e sombra no ...	2017	Tese (Doutorado) - Universidade Fed...	jul 5
★	📄	Bordier, Célia; Dechatre, Hélène; Suchail, Séverine; Pe...	Colony adaptive response to simulated heat waves and consequences at the individual level in honeybees (<i>Apis mell...</i>	2017	Scientific Reports	jul 5
★	📄	Mohamed, Alburaki et al	Agricultural Landscape and Pesticide Effects on Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Biological Traits.	2017	Journal of economic entom...	jul 5
★	📄	Melicher, Dacotah, et al	Long-Distance Transportation Causes Temperature Stress in the Honey Bee, <i>Apis mellifera</i> (Hymenoptera: Apidae).	2019	Environmental entomology	jul 5
★	📄	Ferreira Campos, David; Silva, Dionei José; Kill-Silveira, Rafael	ARBORIZAÇÃO E ENXAMES POPULOSOS GARANTEM A TERMORREGULAÇÃO DO INTERIOR DO NINHO DE <i>Apis mellifera</i>	2020	Agroecossistemas, v. 12, n. 1, p. 33 ...	jul 5
★	📄	Kaya-Zeeb, Sinan. et al	Octopamine drives honeybee thermogenesis.	2022	eLife	jul 5

Figura 5: Estudos elencados (imagem da tela inicial do Mendeley)

Fonte: Mendeley (login da autora)

Item/ano	Autor	Título	Publicação
01 - 2013	BRASIL, D.F.; GUIMARÃES, M.O.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; FREITAS B.M.	Internal ambience of bee colonies submitted to strengthening management by adding broods.	Engenharia Agrícola, v. 33, n. 5, p. 902–909, 2013.
02 - 2013	FERNANDES, N. S.	Uso da tampa interna da colmeia Langstroth na manutenção da homeostase em colônias de abelhas africanizadas <i>Apis mellifera</i> durante o período de estiagem no semiárido nordestino.	Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Mestrado em Zootecnia, Fortaleza.
03 - 2013	SOMBRA, D.S.	Monitoramento do desenvolvimento de colônias de Abelhas africanizadas sobre a influência do sol e sombra na região semiárida do nordeste brasileiro (Mossoró-RN).	Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. p. 67f.

04 - 2014	SOUZA, M.F.P.; TURCO, S.H.N.; SILVA, E.M.S.; FREIRE, M.S.; COSTA, D.S.	Análise térmica do ambiente interno de caixas de abelhas de diferentes cores.	XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, 2014.
05 - 2015	SANTOS, R. G.	Longevidade e produção de abelhas rainhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.) em colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido do Nordeste brasileiro.	Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) - RN/UFERSA/BCOT/377, 2015.
06 - 2017	BORDIER C.; DECHATRE H.; SUCHAIL S.; PERUZZI M.; SOUBEYRAND S.; PIOZ M.; PÉLISSIER M.; CRAUSER D.; CONTE YL.; ALAUX C.	Colony adaptive response to simulated heat waves and consequences at the individual level in honeybees (<i>Apis mellifera</i>).	Scientific Reports, v. 7, n. 1, p. 3760, 19 dez. 2017.
07 - 2017	COOK, C.N.; BRENT, C.S.; BREED, M.D	Octopamine and tyramine modulate the thermoregulatory fanning response in honey bees (<i>Apis mellifera</i>)	The Journal of experimental biology, v. 220, p. 1925–1930, 2017.
08 - 2017	MENDES, J.V.Q.; ALMEIDA, K.S.; SOUZA, E.A.; BRASIL, M.O.G.; BRASIL, D.F.	Ambiência interna em colônias de abelhas <i>Apis mellifera</i> L. (<i>hymenoptera: apidae</i>) cobertas com materiais recicláveis em região semiárida.	Anais II CONIDIS – II Congresso internacional da diversidade do semiárido, 2017.
09 - 2017	DOMINGOS, H.G.T	Controle de temperatura pelas abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) em colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido Nordestino	Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, 2017.
10 - 2017	RAMIREZ, L.; NEGRI, P.; STURLA, L.; GUIDA, L.; VIGLIAROLO, T.; MAGGI, M.; EGUARAS, M.; ZOCCHI, E.; LAMATTINA, L.	Abscisic acid enhances cold tolerance in honeybee larvae.	Proceedings. Biological sciences, v. 284, n. 1852, 2017.
11 - 2017	MOHAMED	Agricultural Landscape and Pesticide Effects on Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Biological Traits.	Journal of economic entomology, v. 110, n. 3, p. 835–847, 2017.
12 - 2019	MELICHER; DACOTAH	Long-Distance Transportation Causes Temperature Stress in the Honey Bee, <i>Apis mellifera</i> (Hymenoptera: Apidae).	Environmental entomology, v. 48, n. 3, p. 681–701, 2019.
13 - 2020	FERREIRA CAMPOS, D.; SILVA, D. J.; KILL-SILVEIRA, R.	Arborização e enxames populosos garantem a termorregulação do interior do ninho de <i>Apis mellifera</i> .	Agroecossistemas, v. 12, n. 1, p. 33 – 46, 2020, ISSN online 2318-0188, v. V 12, p. 33–46, 2020.

14 - 2022	KAYA-ZEEB, S.; ENGELMAYER, L.; STRABBURGER, M.; BAYER, J, BÄHRE, H.; SEIFERT, R.; SCHERF-CLAVEL, O.; THAMM, M.	Octopamine drives honeybee thermogenesis.	eLife, v. 11, 2022.
-----------	--	---	---------------------

Tabela 2: Classificação dos estudos elencados

A intenção, na tabela 2, foi atender ao objetivo de: “*Classificar os principais autores e publicações que contribuíram acerca deste tema no recorte cronológico entre 2012 e 2022*”.

A tabela 3 resume os principais achados sobre as características metodológicas que compuseram as pesquisas dos artigos selecionados. A intenção é apresentar os diferentes objetivos e métodos utilizados ao longo do tempo, mostrando a importância da termorregulação para as abelhas *Apis mellifera* e os principais fatores que a interferem.

Item/ Ano	Objetivo	Método de investigação	Amostra
01 - 2013	Investigar a área de cria ideal a ser introduzida para o fortalecimento de colônias de <i>Apis mellifera</i> , considerando variações na ambiência interna da colmeia.	Colônias equipadas com <i>data loggers</i> para registro das variações de temperatura e umidade no interior das colmeias	08 colônias
02 - 2013	Investigar o papel da tampa interna da colmeia Langstroth na homeostase de colônias de abelhas africanizadas <i>Apis mellifera</i> no período de estigem no Semiárido nordestino	Registraram temperatura e umidade relativa no interior das colmeias, a ventilação (intensidade e número de operárias ventilando), coleta de água (número de abelhas coletoras por horário, número de viagens por abelha, intervalo entre as viagens e tempo gasto para coleta), bem como o consumo das reservas de alimento entre as colmeias dos dois tratamentos.	20 colmeias
03 - 2013	Avaliar o efeito da ação direta do sol e da sombra em colônias de abelhas africanizadas (AHB).	Realizados monitoramentos mensais para avaliar o desenvolvimento das colônias e a cada 10 dias o levantamento das áreas de oviposição, cria aberta, cria operculada, mel e pólen.	16 colmeias
04 - 2014	Verificar a influência da cor da caixa de abelha (azul, branca e natural) e a presença ou não de gesso em sua cobertura, na temperatura interna e superficial da caixa para as condições climáticas do Semiárido Nordeste.	O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em parcela subdividida em esquema fatorial 3 x 2, onde foram testadas três cores de caixa (azul, branca e tradicional (sem pintura)) e dois tipos de tampa (madeira com adição de gesso e apenas tampa de madeira) sendo seis tratamentos e quatro repetições.	24 colônias

05 - 2015	Avaliar a influência de diferentes condições ambientais no semiárido nordestino (colônias de abelhas instaladas no sol e na sombra) no processo de produção de rainhas africanizadas de <i>Apis mellifera</i> , bem como no desempenho e longevidade destas rainhas nesse ambiente.	Para a produção de rainhas, foram utilizadas 10 colônias órfãs (5 no sol e 5 na sombra) e foram avaliados o percentual de aceitação de larvas, o desenvolvimento ontogenético e a taxa de sucesso das transferências de larvas (emergência) nestas duas condições. Para avaliação da longevidade, rainhas irmãs e com a mesma idade foram introduzidas em colmeias constituídas de um ninho modelo Langstroth contendo colônias de aproximadamente 30.000 abelhas, instaladas diretamente sob o sol e na sombra, sendo 5 colmeias em cada condição experimental. As rainhas em acompanhamento também tiveram o desenvolvimento de suas colônias registrado por meio de revisões <i>in loco</i> a cada 15 dias, realizando estimativas através de mapeamento da área ocupada nos quadros com postura, cria, pólen e mel, isso até as rainhas morrerem.	20 colônias
06 - 2017	Investigar as respostas das abelhas, um importante inseto polinizador, às ondas de calor simuladas (SHW)	Realizado durante as primaveras de 2015 e 2016 com colônias de abelhas híbridas (uma mistura de <i>Apis mellifera ligustica</i> e <i>Apis mellifera mellifera</i>). A cada ano, três colônias de tamanho e força semelhantes foram colocadas em colmeias de núcleos compostos por 5 quadros <i>Dadant</i> . As colmeias foram colocadas em um apiário interno (14m ²) para controlar sua temperatura ambiente, mas foram conectadas ao exterior pela entrada, para que as abelhas pudessem voar livremente.	Não relatado
07 - 2017	Examinar como as mudanças nas aminas biogênicas afetam esse comportamento de ventilação termorregulatória realizado pelo grupo em abelhas.	Operárias de abelhas da casta <i>fanning</i> (abanadoras) foram coletadas para determinar a quantificação de amina biogênica do cérebro, se as mudanças induzidas pela temperatura no comportamento de <i>fanning</i> (abanador) estavam associadas a mudanças nos níveis de aminas biogênicas.	10 colônias

08 - 2017	Verificar se há uma melhoria da ambiência interna em colônias de abelha <i>Apis mellifera</i> , cobertas com telhados feitos a partir de dois materiais recicláveis.	As colônias foram selecionadas quanto à uniformidade populacional e identificadas como A, B e C. Os tipos de coberturas utilizados foram: PET, papelão aluminizado e chapa de alumínio (pré-existente na tampa das colmeias e, por isso, será denominada como controle). Foi realizado um revezamento aleatório com os materiais de cobertura entre as colônias em experimentação, sendo que cada tipo de cobertura permaneceu por um período dez dias em cada uma das colônias	03 colônias
09 - 2017	Avaliar como as abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.) realizam o controle de temperatura, sob duas condições distintas, expostas e protegidas da radiação solar direta em ambiente semiárido.	Foram registradas as temperaturas e umidades internas das três colônias, utilizando-se um termohigrômetro digital. A temperatura de superfície corpórea das abelhas foi aferida em três partes do corpo da abelha, cabeça, tórax e abdômen, utilizando-se um mini termômetro de infravermelho. As observações do comportamento social de ventilação foram classificadas em quatro níveis que variavam de nenhuma, a alta atividade ventilatória.	12 colônias.
10 - 2017	Explorar o papel do ABA em vitro-larvas criadas expostas a baixas temperaturas.	Larvas de abelha <i>Apis mellifera</i> (<i>A. mellifera ligustica</i> - <i>A. mellifera mellifera</i>) de 1 dia de idade (1º instar) foram coletadas de colônias. As larvas foram transferidas do favo de criação para placas de cultura de 48 poços. As placas de criação larval foram colocadas em dessecadores mantidos a uma umidade relativa de 96% em incubadora a 34° C. Os volumes diários de dieta fornecidos às larvas e a variação da composição da dieta foi feita de acordo com Aupinelet <i>al.</i> A dieta foi suplementada ou não com 50mM de ácido (R,S)-abscísico (ABA, Sigma Aldrich). As larvas foram alimentadas do dia 1 ao dia 6.	48 larvas
11 - 2017	Estudar os efeitos da paisagem agrícola e exposição a pesticidas na saúde das abelhas.	Foram colocadas em três áreas agrícolas diferentes com diferentes níveis de intensidade agrícola (áreas AG) e uma área não agrícola (área NAG). As colônias foram monitoradas quanto ao seu desempenho e produtividade por um ano, medindo as mudanças de peso da colônia, produção de ninhada e termorregulação da colônia.	16 colônias
12 - 2019	Testar como a temperatura pode contribuir para o estresse do transporte	Sensores de temperatura foram colocados em colmeias em diferentes locais e orientações no trailer durante o transporte.	408 colmeias

13 - 2020	Identificar o local ideal da colmeia para se aferir a temperatura interna, e avaliar se a temperatura interna é afetada pelo tamanho da população de abelhas, e verificar se na região sudoeste do Estado de Mato Grosso o manejo de manter as colmeias sob ambiente arborizado no verão ou em pleno sol no inverno contribui para a homeostase térmica.	Foram mensuradas as temperaturas no alvado e do ambiente e através de três furos, um na frente e outro a trás (ambos no centro), e o terceiro na parte de trás do lado direito inferior. Foram contados o número de quadros com crias (ovos, larvas e pupas). Os dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis, e posteriormente foi empregado o pós-teste de Nemenyi, utilizando o pacote PMCMR do software R versão 3.6.1	12 colmeias
14 - 2022	Apresentar a sinalização da octopamina como um pré-requisito neuroquímico para a termogênese das abelhas.	Induzir hipotermia ao esgotar a octopamina nos músculos de voo. E restaurar a capacidade de aumentar a temperatura corporal administrando octopamina.	08 grupos

Tabela 3: Características metodológicas dos artigos selecionados

Ao analisar a tabela 3, constata-se, em relação ao método de investigação, a utilização de pesquisa quantitativa de natureza exploratória. Já na amostragem, percebe-se que foram utilizados tamanhos e grupos (adultos, larvas) distintos para o desenvolvimento da pesquisa, conforme a demanda da estratégia adotada.

Na tabela 4 é listado os resultados mais relevantes obtidos nos estudos mencionados, bem como suas limitações e proposições para futuras pesquisas, objetivando verificar se o tema proposto possui potencial para novas linhas de pesquisas.

Item/ ano	Resultado	Limitações	Proposições
01 - 2013	Até três favos de cria, fortalecem as colônias de <i>Apis mellifera</i> , e não interfere na termorregulação do ninho, acelerando o crescimento populacional de colônias fracas sem afetar o desenvolvimento de colônias doadoras.	Dificuldade de mensurar os fatores que realmente influenciam na postura de ninhadas - redução da ingestão de alimentos na colônia, a perda da rainha, preparações para enxameação ou abandono da colmeia, entre outros.	Não houveram sugestões
02 - 2013	A tampa interna da colmeia Langstroth propicia que as abelhas dessas colmeias consigam melhores condições de homeostase interna do ninho desprendendo menor esforço que aquelas de colmeias sem tampa interna.	Primeiro estudo sobre o uso da tampa interna no Brasil. E os resultados podem variar de acordo com diversos fatores.	Novos estudos para avaliar os benefícios do uso da tampa interna.

03 - 2013	As colmeias expostas diretamente ao sol, foram as que mais apresentaram mudanças em seu comportamento natural e no desenvolvimento de suas colônias. O ambiente da sombra proporcionou o melhor índice de produtividade experimental das abelhas africanizadas no semiárido nordestino.	Conhecer os demais fatores que interferem no fenômeno da enxameação, principalmente os climáticos, relacionando assim, fatores meteorológicos com mecanismos fisiológicos, comportamentais e produtivos de abelhas africanizadas.	Novas investigações sobre o assunto, buscando-se mais esclarecimentos sobre a combinação e efeito sinérgico dos vários fatores determinantes das condições internas das colônias e do desenvolvimento das colônias.
04 – 2014	As caixas racionais de <i>Apis mellifera</i> deveriam ser pintadas externamente de branco para conservar melhor seu material, garantindo maior durabilidade. Além disso, cores claras refletem o calor, ajudando a manter a temperatura interna das colmeias próxima do conforto, nos períodos mais quentes. O gesso não influenciou na quantidade de calor absorvido pelas colmeias, não provocando redução na temperatura superficial das mesmas.	Dados controversos de autores anteriores.	Não houveram sugestões
05 - 2015	A instalação de colmeias sob área sombreada ameniza as condições hostis do Semiárido da Caatinga, proporcionando melhor desempenho das colônias e rainhas, além de maior eficiência no processo de criação racional das rainhas de abelhas africanizadas de <i>Apis mellifera</i> .	O estresse térmico causado pelas altas temperaturas na região limitou o desempenho das colônias de abelhas africanizadas, provavelmente devido à dificuldade na termorregulação.	As condições ambientais devem ser consideradas tanto em estudos do comportamento das abelhas como em trabalhos de seleção para o aumento da produtividade. Realizar estudos para investigar as características fisiológicas que determinam esta diferença da vida útil de rainhas maiores criadas na sombra.
06 - 2017	As abelhas podem se adaptar notavelmente às ondas de calor sem custo no nível individual e no fluxo de recursos. No entanto, o recrutamento de forças forrageiras de inativas pode ser caro, diminuindo a capacidade de proteção da colônia contra pressões ambientais adicionais.	O limite foi que as ondas de calor foram simuladas apenas no nível da colônia e não no nível do campo.	Investigar o requerimento de custos sociais e fisiológicos relacionados ao mecanismo subjacente à manutenção da homeostase térmica da colônia.

07 - 2017	A alimentação direta de octopamina e tiramina induziu uma diminuição nas respostas de fanning (ventilar). Esta é a primeira evidência que o comportamento de abanar é influenciado por essas duas aminas biogênicas. A variação individual na expressão de aminas também fornece uma ligação mecanicista que ajuda a explicar como esse comportamento de grupo pode ser coordenado dentro de uma colônia.	O mecanismo que regula esses aspectos da resposta de fanning (abano) é desconhecido.	Explorar como a variação individual entre muitos trabalhadores otimiza a alocação de tarefas e a divisão do trabalho em insetos eussociais.
08 - 2017	Colmeias cobertas com telhado de papelão apresentaram menor variação na temperatura, notando-se uma amplitude térmica de apenas 2,8. Considerando os valores máximos de temperatura, observou-se que os telhados alternativos (PET e papelão) proporcionaram melhor condição térmica interna nas colmeias	Condições de forte estresse ocorreram pelas elevadas temperaturas do ambiente na ocasião.	Não houveram sugestões.
09 - 2017	Coletânea de dados individuais de temperatura de superfície das abelhas e dados de temperatura e umidade no interior das colmeias, constituindo em importantes subsídios para a compreensão de três aspectos: o abandono das abelhas na seca, a baixa produtividade no semiárido e a necessidade de construção de latadas para fornecimento de sombra nos apiários.	Não existe na literatura nenhum diagrama comparativo que demonstre como ocorre o controle de temperatura quando as colmeias estão situação de conforto e quando estão em situação de estresse térmico	Sugestões práticas – o apicultor deve desenvolver estratégias que minimizem os esforços das abelhas para tentarem controlar a temperatura seja a nível colonial, ou individual.
10 - 2017	O ABA aumentando a tolerância das larvas de abelhas a baixas temperaturas por meio de efeitos de priming (pré-ativação), ou seja, o ácido abscísico previne a diminuição da taxa de sobrevivência e recupera parcialmente o atraso no desenvolvimento de larvas estressadas pelo frio.	Não foram encontrados marcadores de estresse oxidativo. Isso ajudaria fornecendo todo um panorama de respostas ativadas pelo ABA em larvas de abelhas estressadas pelo frio	O tratamento com ABA pode atuar como um estímulo para o endurecimento pelo frio, desencadeando alterações fisiológicas que conduzem aos processos de tolerância ao frio. Este é um ponto que merece mais estudos.

11 - 2017	Os resultados indicam que a composição da paisagem afetou significativamente o desempenho e o desenvolvimento das colônias de abelhas. Indicam que a paisagem com alta atividade urbana aumenta a produção de crias de abelhas, sem efeitos significativos no ganho de peso da colônia. Indicam que as culturas agrícolas fornecem um recurso valioso para as colônias de abelhas, mas há um trade-off (uma troca) com um risco aumentado de exposição a pesticidas.	Estudos recente documentou colônias significativamente maiores ganho de peso em paisagens compostas por mais de 50% de áreas urbanas do que colônias situadas em áreas que compreendem 50% e mais atividade agrícola na Dinamarca. Porém não documentaram claramente a natureza das culturas floridas, bem como as diferenças nas porcentagens das áreas agrícolas.	Sugestão prática - Do ponto de vista do aprimoramento de polinizadores, algumas plantas com flores não cultivadas foram identificadas como plantas atrativas para abelhas e podem ser melhorados particularmente em áreas não cultivadas.
12 - 2019	As colmeias sofrem um estresse de temperatura considerável, possivelmente causado pelo fluxo de ar turbulento em locais expostos. O estresse no transporte deve ser considerado um componente importante das perdas anuais de colônias que podem ser mitigadas com estratégias de manejo aprimoradas.	Dificuldade de coleta de dados durante o transporte.	O impacto de outros estressores relacionados ao transporte, como vibração, exaustão, mudanças na umidade e pressão barométrica e confinamento, permanecem inexplorados.
13 - 2020	Identificou-se que ao avaliar a termorregulação em abelhas deve-se mensurar a temperatura no interior do ninho, onde estão as crias (ovos larvas e pupas). Enxames pouco populosos não mantêm a homeostase térmica, ficando sujeitos a morte ou abandono do local habitado.	Não há uma padronização para a técnica de verificação da temperatura interna da colmeia	Sugestão prática - é recomendado que as divisões de enxame sejam realizadas no período do verão (e as colmeias deixadas na sombra), ou se fizer em outro período que mantenha enxames populosos.
14 - 2020	A temperatura, que é socialmente regulada dentro da colmeia, é um fator chave que influencia a ontogenia da ritmicidade circadiana das operárias.	Mais estudos são necessários para determinar a relação importância da temperatura na ontogenia da ritmicidade circadiana em comparação com outros colônias fatores.	Qual estágio exato de desenvolvimento e quais processos estão conduzindo a ontogenia do ritmo circadiano em operárias de abelhas é um assunto de pesquisa adicional.
15 - 2022	A sinalização da octopamina nos músculos de voo é necessária para a termogênese. A sinalização da octopamina a serviço da termogênese pode ser uma estratégia chave para sobreviver em um ambiente em mudança.	Há a incerteza da existência de uma relação causal entre as baixas concentrações de octopamina e a ausência de termogênese em abelhas recém-emergidas ou se esta observação é meramente uma correlação.	Avaliar o estresse térmico e, nesse contexto, as adaptações ao clima quente no curso das mudanças climáticas.

Tabela 4: Resumo dos resultados e limitações

Nos próximos tópicos serão detalhadas as principais contribuições dos autores, de acordo com os objetivos dessa revisão sistemática:

- Analisar a importância da termorregulação no desenvolvimento e produtividade de abelhas (*Apis mellifera*);
- Verificar fatores que influenciam na termorregulação;
- Verificar se termorregulação influencia na enxameação.

Os fatores ambientais interferem fortemente no desenvolvimento das colônias de abelhas, limitando-o ou expandindo-o, afetando inclusive a produção de mel. Porém, segundo Santos (2015) se houver uma população forte e alimentação adequada, as abelhas conseguem manter um microclima ótimo no interior da colmeia, por meio da termorregulação, mesmo com as condições externas desfavoráveis. Em seus estudos, o autor supracitado relata que as crias são extremamente dependentes do controle da temperatura, devendo ser mantida em média a 34,5°C, o que torna indispensável a regulação exata dessa temperatura pelas abelhas, para que haja o desenvolvimento adequado dos indivíduos. O autor constatou que temperaturas acima de 36°C são prejudiciais à cria, causando anomalias no desenvolvimento e, em alguns casos, levando à morte, quando aplicadas em um longo período de tempo (Santos, 2015).

Santos (2015) identificou que nas condições adversas do semiárido, o desenvolvimento ontogenético das rainhas é afetado, devido, provavelmente, a dificuldade de alcançar a termorregulação adequada. De fato, temperaturas altas, além de requererem um extremo esforço da colônia para realizar o resfriamento do ninho, podem levar a vários problemas fisiológicos nos indivíduos, como por exemplo redução no ganho de peso. Deste modo, tendo em vista, a enorme interferência que o clima pode causar no desenvolvimento fisiológico das rainhas, as condições ambientais devem ser consideradas tanto em estudos do comportamento das abelhas como em trabalhos de seleção para o aumento da produtividade (Santos, 2015).

Definir a sensibilidade térmica de organismos com capacidade limitada de regular a temperatura interna do corpo, é essencialmente importante, pois, os insetos, por exemplo, são os mais propensos a responder às mudanças climáticas (Bordier *et al.*, 2017). Foi relatado que as abelhas podem ser afetadas, pelas mudanças climáticas, tais como, ondas de calor, mas, devido à sua capacidade de amortecimento social, provavelmente são menos suscetíveis e mais resistentes às pressões ambientais do que outros insetos. Porém essa adaptação tem um custo elevado e está longe de ser compreendida (Bordier *et al.*, 2017).

No trabalho conduzido por Bordier *et al.* (2017) foi investigado as respostas das abelhas à ondas de calor simuladas (SHW) e observaram um aumento de 70% no tráfego de forrageiras em resposta à SHW. Assim, quando a necessidade de um recurso aumenta, as operárias geralmente são recrutadas de um grupo de indivíduos previamente inativos. Logo, a SHW estimularia o recrutamento de forrageadoras para fornecer água suficiente

à colônia e permitir a termorregulação da ninhada (Bordier et al., 2017). Caso a colmeia esteja enfrentando outras pressões ambientais o recrutamento de forrageadoras gera um custo elevado, pois parte dessa mão-de-obra inativa recrutada poderá morrer no campo, comprometendo assim o tamanho da população.

Segundo Mendes *et al.* (2017), para o desenvolvimento da atividade apícola faz-se necessário o controle de variáveis climáticas no ambiente de produção, especialmente a temperatura e a umidade. Quando inseridos de maneira não regulada, esses fatores influenciam diretamente no nível de estresse aos indivíduos, e contribuem, inclusive, com a exameação de abelhas *Apis mellifera*.

As abelhas apresentam mecanismos de controle às flutuações da temperatura. Nos dias com temperaturas amenas os indivíduos são agrupados e nos dias com temperaturas elevadas, as abelhas batem as asas para ventilação, dispersão de água, além da evacuação parcial do ninho. A temperatura interna da colônia entre os limites de 33° a 36° C garante o pleno desenvolvimento de todas as atividades, temperaturas acima de 37 °C interrompem a metamorfose larval; e temperaturas ultrapassando os 40 °C podem amolecer os favos carregados de mel, causando um colapso. Esses dados demonstram a importância do direcionamento de alternativas que possibilitam o arrefecimento dos ninhos para os horários que apresentam temperaturas mais altas (Mendes, *et al* 2017). Adicionalmente, foi constatado por Mendes *et al.* (2017) que a dinâmica de variação da temperatura funciona em sentido reverso, ou seja, quanto mais frio é o ambiente externo, mais aquecida é a área de crias da colônia. Isso se deve à alta capacidade termorregulatória das colônias, mesmo sob amplitudes térmicas estreitas caracterizando a importância do controle da temperatura para o sucesso de diversos processos biológicos na colônia, além de garantir a homeostase.

De acordo com Domingos (2017), abelhas são verdadeiramente eficientes quando o assunto é termorregulação, porém existe um limite. Se o ambiente permanece em condições adversas, chegará a um ponto em que todos os mecanismos que envolvem o controle de temperatura não serão mais eficientes, e as abelhas abandonarão a colmeia. A autora demonstrou que as temperaturas internas das colmeias ao sol chegam a 39,5°C, podendo ocorrer a exameação por abandono tornando-se um fator limitante para a apicultura.

Domingos (2017) afirma que é essencial compreender a importância dos mecanismos de termorregulação em locais onde os fatores climáticos podem comprometer a criação racional de abelhas. Este entendimento deve levar em consideração dados quantitativos da temperatura de superfície das abelhas em relação as variações ambientais e não somente o microclima interno, pois os dados de temperatura em uma colmeia devem ser analisados como um todo.

Os custos para manter a temperatura corporal e interna da colônia dentro de limites ótimos representam um verdadeiro desafio para as abelhas. Elas precisam utilizar vários mecanismos de dissipação de calor, o que envolve desvio da energia que deveria

ser utilizada para os aspectos produtivos e reprodutivos da colônia. A energia desviada passa a ser utilizada para o arrefecimento da colônia, consumindo tempo e gerando “prejuízos” para a colônia e, conseqüentemente, para o apicultor (Domingos, 2017). Para a autora supracitada, é uma característica marcante das abelhas, baseado nos esforços termorregulatórios, agir em função da manutenção do bem-estar da colônia. Já que, segundo Domingos (2017) o controle da temperatura dentro do ninho e a socialidade das abelhas estão intimamente relacionadas, sendo essencial para sobrevivência da colônia.

Ferreira *et al.* (2020) observaram que existem pontos específicos para aferir a temperatura interna das colmeias sem que ocorra mudanças drásticas de temperatura em seu interior. Além disto, conforme se aumenta o número de quadros haverá redução da variação das temperaturas ao longo do dia, sugerindo que quanto maior o número de abelhas na colmeia maior é a capacidade de se alcançar a homeostase térmica. Adicionalmente, constataram que populações pequenas de abelhas sofrem maior variação de temperatura, ficando sujeitas a morte ou abandono, e que abelhas africanizadas são menos eficientes no processo de termorregulação quando comparadas a europeias.

Uma pequena população de operárias e pouco alimento armazenado podem levar a má termorregulação e, conseqüentemente, ao abandono dos ovos, larvas e pupas recebidos de outras colmeias, visto que uma colônia pequena não é capaz de manter o equilíbrio térmico do ninho e nem de nutrir e aquecer adequadamente todas as larvas e pupas (Brasil *et al.*, 2013). Todavia, a adição de até três favos de cria constitui uma importante alternativa para o fortalecimento das colônias, sem interferir na termorregulação do ninho, além de contribuir com o crescimento populacional em colônias fracas, sem afetar o desenvolvimento de colônias fortes, doadoras (Brasil *et al.*, 2013).

Outro fator pouco estudado, mas que merece destaque por influenciar diretamente na termorregulação, é o uso da tampa interna da colmeia *Langstroth* (Figura 7). Foi demonstrado que as abelhas de colmeias com o uso da tampa interna conseguem melhores condições de homeostase interna do ninho, despendendo menor esforço que aquelas de colmeias sem tampa interna (Fernandes, 2013).

Didaticamente, a (Figura 7) apresenta as partes integrantes da colmeia de *Langstroth*, a saber: 1 assoalho ou fundo, 1 ninho ou câmara de cria com 10 quadros, 1 tela excludora de rainha, 2 melgueiras com 10 quadros cada, 1 tampa interna e 1 tampa externa. A tampa interna é feita de madeira (cortiça) com uma espessura de 2 cm e vem imediatamente abaixo da tampa externa, do mesmo comprimento e largura das demais partes integrantes da caixa *Langstroth*. Possuindo um orifício no centro, usado colocar a fumaça dentro da colmeia no início de uma revisão (Fernandes, 2013).

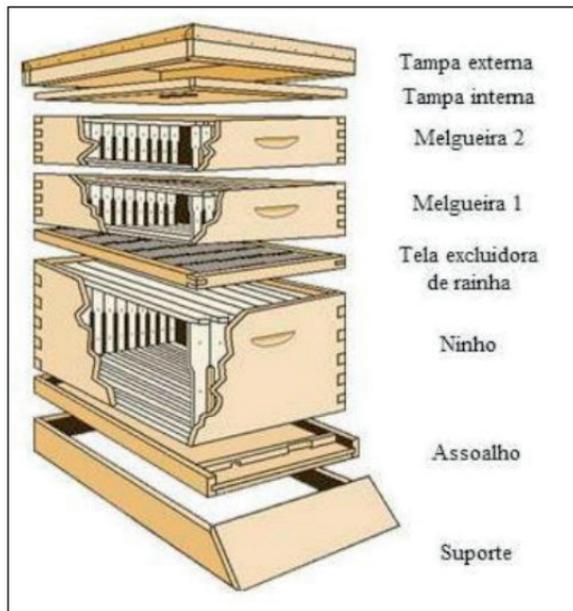


Figura 6: Partes integrantes da colmeia de Langstroth

Fonte: adaptado (FERNANDES, 2013)

Fernandes (2013) relata que as abelhas *Apis mellifera* mantêm a temperatura interna do ninho em função das condições climáticas externas. Sob frio intenso há a suspensão da postura da rainha e produção de cria, enquanto que a temperatura interna do ninho pode cair a 5 °C. Foi demonstrado que as abelhas conseguiram manter as temperaturas internas das colmeias em intervalos de condições de ambiente temperado e quanto em ambientes extremamente quente, afirmando a habilidade dessas abelhas de termorregular seus ninhos. Logo, sob as mesmas condições climáticas, as abelhas das colmeias com tampa interna conseguiram alcançar uma média de temperatura da colônia significativamente mais próxima daquela de colônias mantidas em condições de temperatura amena (Fernandes, 2013).

Sombra (2013) deixou claro em seu trabalho que os fatores sol e sombra são determinantes na sobrevivência e desenvolvimento das colônias, apontando que elas tiveram redução de 65% nas populações de abelhas da colmeia instalada à sombra e 90% da população instalada sob o sol. Além disso, foi demonstrado que a produção de mel acumulado nas melgueiras das colônias à sombra foi aproximadamente 45% superior àquela verificada nas colônias submetidas ao sol, e que as abelhas africanizadas apresentam melhor adaptação ao ambiente sombreado, no semiárido nordestino.

O desenvolvimento de uma colônia de abelhas depende de vários fatores. Porém, regiões de clima quente, como o semiárido do Nordeste brasileiro onde o estresse térmico

é muito grande, a termorregulação desempenha um papel fundamental. Sendo assim, quando a colônia está sofrendo com altas temperaturas, as abelhas precisam de energia para realizar as atividades termorregulatórias, consumindo uma quantidade maior de mel. Mas em ambiente sombreado, o processo de termorregulação é satisfatório, exigindo menos tempo com a atividade termorregulatória, possibilitando o retorno das operárias às suas atividades de forrageamento, e, portanto, reposição do mel consumido. Além disso, as colônias postas na sombra apresentaram um rendimento e adaptação melhores que as colônias sob a ação direta do sol, ou seja, essas últimas fornecem menor rendimento ao apicultor (Sombra, 2013)..

De Souza *et al.* (2014) revelaram que, quando há aumento da temperatura interna, as abelhas realizam várias ações para minimizar esse efeito. Para ajudá-las nessa tarefa primordial, foi demonstrado que o uso de caixas pintadas de branco leva a uma melhoria na ambiência interna das colônias, nas horas mais quentes do dia. As cores claras refletem o calor, ajudando a manter a temperatura interna das colmeias próxima do conforto esperado. Os autores sugerem ainda o sombreado para minimizar o efeito da radiação solar direta sobre essas caixas, e a instalação das colmeias sob coberturas altas para possibilitar maior ventilação e amenizar a sensação térmica. Mendes *et al.* (2017) relataram que é de extrema importância encontrar alternativas que possibilitam o arrefecimento dos ninhos para os horários que apresentam temperaturas elevadas, e para tanto, sugeriram o uso de telhados alternativos (Polietileno Tereftalado - PET e papelão), pois estes proporcionaram melhor condição térmica interna nas colmeias.

Santos (2015) afirma que as colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera L.*) instaladas sob condições de sombreado apresentam melhor performance de produção de rainhas, bem como rainhas com melhor desempenho reprodutivo, comparando-as com rainhas em colmeias submetidas à exposição ao sol. Ele foi capaz de demonstrar que houveram 396 realeiras provenientes de colônias em condições de sombreado e apenas 302 realeiras a partir de colônias expostas ao sol, e que as colônias em área sombreada apresentam, no geral, melhor desempenho. Para Santos (2015) as condições climáticas, em regiões de clima quente, exigem das abelhas um maior esforço para a termorregulação das colônias, por isso, as colmeias expostas ao sol podem influenciar negativamente a porcentagem de aceitação das larvas transferidas. Neste sentido, o estresse térmico limita o desempenho das colônias de abelhas africanizadas e a termorregulação. Porém, com o sombreado é possível melhorar não só a produção e desempenho de abelhas rainhas, como também a produtividade das colônias (Santos, 2015).

Ferreira *et al.* (2020) constataram que enxames pouco populosos não mantêm a homeostase térmica, ficando sujeitos a morte ou abandono. Logo, a manutenção das colmeias à sombra de árvores no período quente do ano contribui para manter a temperatura dentro dos limites ótimos para *Apis mellifera*. Neste sentido, Domingos (2017) demonstrou que quando as abelhas estão em ambiente sombreado ou de conforto, com radiação solar

direta nula, limita-se o superaquecimento, minimizando os esforços termorregulatórios que visam ativar mecanismos para perder calor (Figura 08). Deste modo, o desvio de energia, é evitado, o que diminui os prejuízos produtivos, fisiológicos, reprodutivos e comportamentais das colmeias expostas à condições climáticas extremas, tais como temperatura, umidade, falta de alimento, dentre outros.

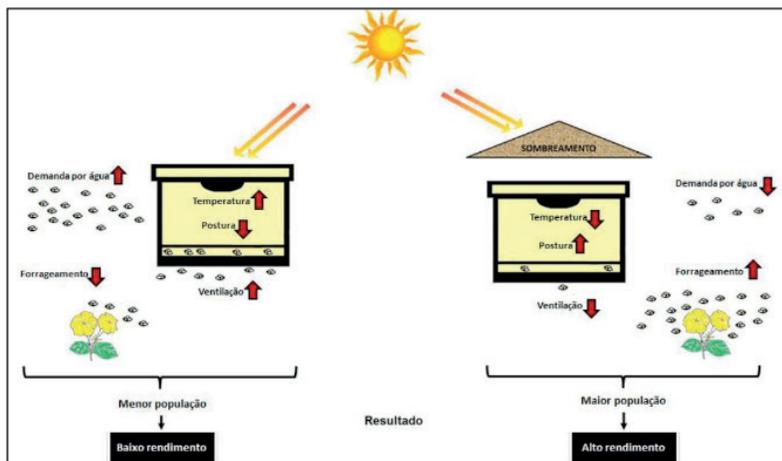


Figura 7: Esquema ilustrativo que simplifica as consequências da exposição de colmeias de abelhas *Apis mellifera* L. à radiação direta do sol e sob área sombreada.

Fonte: adaptado de (SANTOS *et al.*, 2017)

Todavia, numa colônia, um conjunto de comportamentos contribuem para o bem-estar coletivo e está relacionado à termorregulação do ninho. Mesmo sendo atividade de grupo, com função de sobrevivência, a colônia ainda assim está sujeita a propensões comportamentais individuais, como é o exemplo da termorregulação. Assim, pequenas diferenças individuais, na resposta fisiológica ao ambiente físico e social, podem afetar o bem-estar da colônia (Cook *et al.*, 2017). Neste sentido, Cook *et al.* 2017 demonstraram que o comportamento de abanar é influenciado por duas aminas biogênicas (octopamina e tiramina), e isso reflete no papel dos neurotransmissores na regulação da atividade locomotora dos insetos. A variação individual na expressão de aminas também fornece uma ligação mecanicista que ajuda a explicar como esse comportamento de grupo pode ser coordenado dentro de uma colônia. Deste modo, a alteração da resposta do grupo pela modulação de aminas biogênicas pode ter implicações na regulação da temperatura da colmeia como um todo (Cook *et al.*, 2017).

Kaya-Zeeb *et al.* (2022)the Western honeybee (*Apis mellifera* afirmam que a sinalização da octopamina é um pré-requisito neuroquímico para a termogênese das abelhas. Esses autores foram capazes de induzir hipotermia, ao esgotar a octopamina nos músculos de voo, e restaurar a capacidade de aumentar a temperatura corporal,

administrando octopamina. Eles concluíram que, além do voo e da termogênese, outra função importante dos músculos do voo é a ventilação para fins de resfriamento. A octopamina é conhecida por aumentar a probabilidade de ventilação quando fornecida às abelhas operárias juntamente com a tiramina, ou seja, a sinalização da octopamina é necessária para a termogênese das abelhas (Kaya-Zeeb *et al.* 2022).

Ramirez *et al.* (2017) demonstraram que a suplementação com ácido abscísico (ABA), um componente natural do néctar, pólen e mel, aumenta a sobrevivência das colônias de abelhas no inverno. O ABA também acelera o desenvolvimento de indivíduos expostos a baixas temperaturas, permitindo que completem a metamorfose em menos tempo. Adicionalmente, o ABA possui efeitos benéficos sobre a aptidão do indivíduo e da colônia, podendo atuar como um composto multitarefa por meio da ativação de diferentes vias metabólicas, aumentando a resposta imunológica e protegendo contra estresses, como baixas temperaturas.

Ao longo dessa revisão sistemática, observou-se que outros fatores menos estudados também afetam a termorregulação, como por exemplo: as áreas com intensidade agrícola e o transporte apícola. Mohamed *et al.* (2017) apontaram que as melhores fontes de nutrição e rendimentos de néctar acontecem em áreas agricultáveis, pois nelas houve um maior desenvolvimento do tamanho populacional possibilitando uma melhor termorregulação da colônia. Já Melicher *et al.* (2019) relataram que os efeitos do transporte é uma área pouco estudada do manejo de polinizadores, porém com um impacto potencialmente grande na saúde e sobrevivência destes insetos. Ao considerarem que as colmeias podem ser realocadas várias vezes em uma temporada, se não forem respeitados o tempo de recuperação e alimentação adequados os efeitos do transporte podem se acumular causando doença, alta carga parasitária. Além disso, se o tamanho da colônia for pequeno, pode haver comprometimento da saúde e incapacidade de termorregulação durante o transporte.

Em concordância com as pesquisas realizadas, há dois tipos de enxameação conhecidas: a enxameação reprodutiva e enxameação por abandono ou migratória (Santos, 2015, 2020; Santos *et al.*, 2017). A primeira é uma estratégia reprodutiva que as abelhas melíferas realizam para fins de propagação e dispersão, e a segunda é a saída em massa de todos os indivíduos da colônia, demonstrando algum nível de estresse generalizado, que pode ser causado por diversos fatores como altas temperaturas, falta de alimento, predação, dentre outros. (Santos, 2015). Para Santos (2015), as altas temperaturas e falta de água são os principais fatores determinantes do abandono, recomendando-se a instalação de colmeias à sombra e fornecimento de água potável para minimizar a possibilidade de enxameação das abelhas africanizadas. Então, para evitar a enxameação migratória das abelhas, o uso de área sombreada e o fornecimento de água é o mínimo que o apicultor deve proporcionar às colônias.

Fernandes (2013) aponta que nos estados nordestinos, há uma perda estimada

de 75% das colmeias por abandono, devido às altas temperaturas e a falta de alimento no campo. Sombra (2013) afirma que são necessárias mais pesquisas para conhecer os demais fatores que interferem no fenômeno da enxameação, principalmente os climáticos, relacionando, assim, fatores meteorológicos com mecanismos fisiológicos, comportamentais e produtivos de abelhas africanizadas. Domingos (2017) afirma que quando as abelhas não atingem as condições ótimas de temperatura interna da colmeia e de umidade, acabam abandonando a colmeia em busca de melhores condições de sobrevivência.

Compreender a importância da termorregulação é profícuo para estudiosos que anseiam contribuir com detalhamento do comportamento das colônias de *Apis mellifera*, para produtores que necessitam manter e aumentar a produção de mel, aumentar a população de abelhas, melhorar o desempenho e produção de rainhas, contribuir para o desenvolvimento saudável das crias, dentre outros.

Existem fatores que podem contribuir e/ ou afetar a termorregulação, como temperaturas fora da faixa ótima, sombreamento das caixas, tipo de coberturas das colmeias, uso de tampa interna, a cor da caixa, hormônio (octopamina), altura de instalação, proximidade de áreas agricultáveis. Porém mostra-se necessário novas pesquisas que relacionem mais detalhadamente, alguns desses fatores com o comportamento termorregulador das colmeias.

Foi demonstrado que há relação entre a enxameação e a termorregulação, especialmente quando as temperaturas estão elevadas. Porém, há um reconhecimento da falta de estudos que forneçam mais detalhes sobre tal relação e sobre outros fatores que podem influenciar o abandono migratório

A regulação térmica, em *Apis mellifera*, pode envolver uma gama de mecanismos. Apesar de muitos autores publicarem na última década sobre o assunto em questão, notou-se que existem lacunas que precisam ser preenchidas para entender o comportamento e fisiologia das abelhas africanizadas sob influência de altas temperaturas em ambiente tropical, especialmente em ambientes secos e quentes como é o caso do nordeste brasileiro. De fato, a maior parte dos estudos realizados sobre esse tema foram nas regiões de clima temperado e, portanto, fora do contexto brasileiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visando atender aos objetivos deste trabalho de conclusão de curso:

- Analisar a importância da termorregulação no desenvolvimento e produtividade das *Apis mellifera*;
- Verificar os fatores que influenciam na termorregulação;
- Verificar se a termorregulação influencia na enxameação;
- Caracterizar os principais autores e publicações que contribuíram com o tema

no recorte cronológico de 2012 a 2022 e

- Verificar se o tema proposto possui potencial para novas linhas de pesquisas.

Concluiu-se que a termorregulação tem importância vital para as abelhas *Apis mellifera*, tanto no desenvolvimento da população, quanto na produtividade. Os fatores que influenciam na termorregulação são: sombreamento das caixas, tipo de coberturas das colmeias, uso de tampa interna, a cor da caixa, hormônio (octopamina), altura de instalação, proximidade de áreas agricultáveis e transporte. Foram caracterizados os principais autores e suas contribuições ao longo da última década e verificou-se a necessidade de novos estudos envolvendo e detalhando a temática.

REFERÊNCIAS

ABREU, G.A.; **Manejo de polinizadores com ênfase em abelhas nativas do RS** (HYMENOPTERA – APIDAE – MELIPONINI). Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/88283>. Acesso em: 14/05/2022.

BACCARI JUNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: UEL, p.142, 2001.

BORDIER C.; DECHATRE H.; SUCHAIL S.; PERUZZI M.; SOUBEYRAND S.; PIOZ M.; PÉLISSIER M.; CRAUSER D.; CONTE YL.; ALAUX C. **Colony adaptive response to simulated heat waves and consequences at the individual level in honeybees (*Apis mellifera*)**. Sci Rep. 2017.

BORROR, D.J.; DELONG, D.M. **Introdução ao estudo dos insetos**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, p.653, 1988.

BRASIL, D.F.; GUIMARÃES, M.O.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; FREITAS B.M.. **Internal ambience of bee colonies submitted to strengthening management by adding broods**. Engenharia Agrícola, v.33, n.5, p.902–909, 2013.

COOK, C.N.; BRENT, C.S.; BREED, M.D. **Octopamine and tyramine modulate the thermoregulatory fanning response in honey bees (*Apis mellifera*)**. The Journal of experimental biology, v.220, p.1925–1930, 2017.

DE SOUZA, M. D. E. F. P. et al. **Análise térmica do ambiente interno de caixas de abelhas de diferentes cores**. XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014, 2014.

DOMINGOS, H.G.T. **Controle de temperatura pelas abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido Nordestino**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, 2017.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO - **A importância das abelhas na biodiversidade e sua contribuição para a segurança alimentar e nutricional** - Disponível em: <https://www.fao.org/common-pages/search/es/?q=abelhas>. Acesso em: 20/05/2022.

FERENHOF, H.A; FERNANDES, R.F. **Passos para construção da Revisão Sistemática e Bibliometria**. V.3.05. Disponível em: http://www.igci.com.br/artigos/passos_rsb.pdf. Acesso em: 14/05/2022.

FERNANDES, N.S. **Uso da tampa interna da colmeia Langstroth na manutenção da homeostase em colônias de abelhas africanizadas *Apis mellifera* durante o período de estiagem no semiárido nordestino.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Mestrado em Zootecnia, Fortaleza., 2013.

FERREIRA CAMPOS, D.; SILVA, D. J.; KILL-SILVEIRA, R. **Arborização e enxames populosos garantem a termorregulação do interior do ninho de *Apis mellifera*.** Agroecossistemas, v. 12, n. 1, p. 33 – 46, 2020, ISSN online 2318-0188, v. V 12, p. 33–46, 2020.

HEINRICH, B. **Mechanisms of Body-Temperature Regulation in Honeybees, *Apis Mellifera* : II. Regulation of Thoracic Temperature at High Air Temperatures .** Journal of Experimental Biology, v. 85, n. 1, p. 73–87, 1980.

KAYA-ZEEB, S.; ENGELMAYER, L.; STRAßBURGER, M.; BAYER, J, BÄHRE, H.; SEIFERT, R.; SCHERF-CLAVEL, O.; THAMM, M. **Octopamine drives honeybee thermogenesis.** Elife. 2022.

KRONENBERG, F.; CRAIG, H. **Termorregulação Colonial em Abelhas, *Apis mellifera*.** p. 65–76, 1982.

KRONENBERG, F.; HELLER, H. C. **Colonial thermoregulation in honey bees (*apis mellifera*).** Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology, Springer, v. 148, n. 1, p. 65–76, 1982.

MARDAN, M.; KEVAN, P. **Field trial of honey bee colonies bred for mechanisms of resistance against *Varroa destructor*.** Apidologie, v. 38, n. May, p. 67–76, 2007.

MELICHER, DACOTAH. **Long-Distance Transportation Causes Temperature Stress in the Honey Bee, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae).** Environmental entomology, v. 48, n. 3, p. 681–701, 2019.

MENDES, J.V.Q.; ALMEIDA, K.S.; SOUZA, E.A.; BRASIL, M.O.G.; BRASIL, D.F. **Ambiência interna em colônias de abelhas *apis mellifera* I. (hymenoptera: apidae) cobertas com materiais recicláveis em região semiárida.** Anais II CONIDIS... Campina Grande: Realize Editora, 2017.

MOHAMED, A.; STECKEL, S.J.; WILLIAMS, M.T.; SKINNER, J.A.; TARPY, D.R.; MEIKLE, W.G.; ADAMCZYK, J.; STEWART, S.D. **Agricultural Landscape and Pesticide Effects on Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Biological Traits.** J Econ Entomol. v.3, p.835-847, 2017.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D.G. **Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA.** Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 24, n. 2, p.335–342, 2015.

NASCIMENTO, W. M. **Hortaliças: Tecnologia de Produção de Sementes.** Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2011.

PEREIRA, F. de M. et al. **Gargalos tecnológicos e não tecnológicos.** In: VILELA, S. L. de O.; ALCOFORADO FILHO, F. G. (Orgs.). Cadeia produtiva do mel no Estado do Piauí. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p.30-47, 2000.

PEREIRA, F.M. **Gargalos tecnológicos.** In: VILELA, S. L. de O.; PEREIRA, F. de (Orgs.). Cadeia produtiva do mel no Estado do Rio Grande do Norte. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p.66-92, 2002.

RAMIREZ, L.; NEGRI, P.; STURLA, L.; GUIDA, L.; VIGLIAROLO, T.; MAGGI, M.; EGUARAS, M.; ZOCCHI, E.; LAMATTINA, L. **Abscisic acid enhances cold tolerance in honeybee larvae**. Proc Biol Sci. 2017.

RAMOS, J.M.; CARVALHO, N.C. **Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento DE *Apis mellifera***. Revista Científica Eletrônica De Engenharia Florestal, v. 10, n. Vi, p.21, 2007.

Rayyan: Mourad Ouzzani, Hossam Hammady, Zbys Fedorowicz, and Ahmed Elmagarmid. **Rayyan — a web and mobile app for systematic reviews**. Systematic Reviews, 2016.

RICKETTS, T.H.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; GEMMILL-HERREN, B.; GREENLEAF, S.S.; KLEIN, A.M.; MAYFIELD, M.M.; MORANDIN, L.A.; OCHIENG, A.; POTTS, S.G.; VIANA, B.F. **Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns?** Ecol Lett, v.5, p.499-515, 2008.

RODRIGUES, W. **Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos**. Info Insetos, v.1, n.4, p.1-4, 2004.

SANTOS, R.G. **Longevidade e produção de abelhas rainhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido do Nordeste brasileiro**. Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) - RN/UFERSA/BCOT/377, 2015.

SANTOS, R.G.; DOMINGOS, H.G.T.; GRAMACHO, K.P.; & GONÇALVES, L.S. **Sombreamento de colmeias de abelhas africanizadas no Semiárido Brasileiro**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.12, n.5, p.828-836, 2017.

SANTOS, R.G.S. **Comportamento enxameatório de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em zona urbana de Mossoró-rn, região semiárida do nordeste brasileiro**. 2020.

SOMBRA, D.S. **Monitoramento do desenvolvimento de colônias de Abelhas africanizadas sobre a influência do sol e sombra na região semiárida do nordeste brasileiro (Mossoró-RN)**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido., p.67f, 2013.

TAUTZ, J. **The buzz about bees**. Bio/Technology, v.10, n.6, p.607, 1992.

WILLIAMS, G.R.; ALAUX, C.; COSTA, C.; CSÁKI, T.; DOUBLET, V.; EISENHARDT, D.; FRIES, I.; KUHN, R.; McMAHON, D.P.; e outros. **Standard methods for maintaining adult *Apis mellifera* in cages under in vitro laboratory conditions**. Journal of Apicultural Research, v.52, n.1, 2013.