

Panorama do aumento da temperatura no planeta e os impactos sobre as abelhas

Marcos Venâncio Lima¹
Leonardo Augusto Fonseca Pascoal²
Edilson Paes Saraiva³
Kilmer Oliveira Soares³
Adriana Evangelista-Rodrigues³

¹ Zootecnista, Doutorando em Zootecnia. Universidade Federal do Ceará-PDIZ/ UFC - Fortaleza-CE

² Professor do Departamento de Ciência Animal do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias-CCHSA./ UFPB / Bananeiras / Paraíba

³ Centro de Ciências Agrárias-UFPB. Departamento de Zootecnia. Campus II. CCA / UFPB. Paraíba

RESUMO

As alterações do clima no planeta é um processo natural, mas as ações antrópicas estão intensificando o aquecimento da superfície da terra pela emissão de gases que compõe o efeito estufa. Políticas vem sendo adotadas em todo o mundo para amenizar o aumento da temperatura no planeta, após vários eventos ocorridos para discussão do tema que se tornou prioridade com as evidências e comprovações científicas. Um dos impactos ocasionados pelas alterações do clima é sobre as abelhas que dependem da temperatura do ambiente para manter sua temperatura corporal, podendo diminuir suas atividades fora da colmeia na busca de recursos naturais necessários para sua dieta e assim diminuir também a polinização de inúmeras espécies vegetais impactando negativamente na biodiversidade do planeta e na produtividade de culturas agrícolas.

Palavras-chave: efeito estufa, homeostase térmica, polinização, termorregulação

Panorama of the increase of the temperature in the planet and the impacts on the bees

ABSTRACT

Climate change on the planet is a natural process, but anthropogenic actions are intensifying the warming of the Earth's surface by emitting gases that intensify the greenhouse effect. Policies have been adopted all over the world to mitigate the increase in temperature of the planet, after several scientific events that have occurred to discuss the subject that has made it a priority with scientific evidence. One of the impacts caused by climate change is about bees that depend on the temperature of the environment to maintain their body temperature, and may decrease their activity outside the hives in searching for resources needed for their diet and thus decrease also the pollination of countless plant species negatively impacting on the planet's biodiversity and the productivity of agricultural crops.

Key words: greenhouse effect, pollination, thermal homeostasis, thermoregulation



INTRODUÇÃO

Os assuntos relacionados as mudanças climáticas vêm se tornando prioridade em diversos seguimentos, pela evidencia que as ações antrópicas estão impulsionando o aumento da temperatura no planeta, principalmente pela queima de combustíveis fósseis emitindo Dióxido de Carbono (CO_2) para atmosfera. Muitos países já se comprometeram a tomada de medidas reducionistas na emissão desse tipo de gás, inclusive os países mais desenvolvidos como China e Estados Unidos da América.

De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC), as alterações climáticas contribuem para impactos significativos no meio ambiente, processos biológicos, saúde humana, recursos hídricos, agricultura, biodiversidade, etc., impondo uma série de desafios ao desenvolvimento, com implicações em diversos setores: sociais, econômicos e ambientais, relacionados à indústria, agricultura, comércio, segurança e bem-estar social. Foi prevista a elaboração de Planos Setoriais de Adaptação e Mitigação que devem incluir ações, indicadores e metas específicas de redução de emissões e mecanismos para a verificação do seu cumprimento, assim como estratégias de adaptação para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e antropogênicos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança do clima (IPCC, 2007).

O efeito da flutuação da temperatura pode atingir diretamente a permanência das abelhas em alguns biomas, visto que esses insetos são poiquilotérmicos, ou seja, necessitam da temperatura do ambiente onde estão inseridas para regular a temperatura corpórea (Heinrich, 1979). Porém, muitas espécies de abelha vivem em sociedades formadoras de colônias e, ao longo do tempo foram desenvolvendo artifícios para que conseguissem manter a homeostasia térmica, independente em parte, da temperatura externa do ninho. Mas, para que as abelhas desenvolvam todas as suas atividades dentro e fora da colmeia é necessário que a colônia esteja dentro de uma faixa de temperatura ideal (Wilmer e Stone, 2004; Stabentheiner et al., 2012).

Portanto, o aumento da temperatura no planeta ocasiona alterações direta na biologia da abelha, bem como há efeitos secundários na ação desse inseto que pode impactar negativamente a nível de ecossistemas onde estão inseridas. Assim, o objetivo desse trabalho foi acompanhar as alterações climáticas ocorridas no planeta e os efeitos sobre as atividades das abelhas.

O EFEITO-ESTUFA

A fonte primária de energia para o Planeta Terra é o Sol, emitindo radiação eletromagnética (energia) principalmente nos Comprimentos de Ondas Curtas (ROC). O albedo planetário é o percentual de incidente da radiação no Planeta que é refletida de volta para o espaço, tal evento controla o fluxo de ROC, na compensação de menor albedo maior entrada de ROC e consequentemente aquecimento do sistema terra-atmosfera. Isso ocorre, pois, as ondas curtas que não são refletidas são absorvidas por corpos que se aquecem. A Radiação Ondas Longas (ROL) emitidas pelos corpos da superfície, são absorvidas por gases, pequenos constituintes, como o vapor d'água (H_2O), o gás carbônico (CO_2), o metano (CH_4), o ozônio (O_3), o óxido nitroso (N_2O) e composto de clorofluorcarbono (CFC), vulgarmente conhecidos por freons. A absorção e emissão desses gases pelas várias camadas atmosféricas reduz a perda de radiação de ondas longas, emitida pela superfície, que escaparia para o espaço exterior, e constitui assim o fenômeno chamado efeito-estufa (Molion, 2008).

A fração da energia solar absorvida na superfície aquece o planeta e provoca reações químicas, fazendo com que os corpos

da superfície emitam mesma carga de energia de volta para o espaço, porém os gases que compõe a atmosfera terrestre absorvem e devolve a energia. Portanto, a terra funciona como um irradiador de infravermelho com a presença na atmosfera de alguns gases que absorvem grande parte dessa radiação e, conseqüentemente, aquece todo sistema. Assim, o efeito-estufa mantém aquecido o planeta, colaborando com a manutenção da vida (Tolentino e Rocha-Filho, 1998).

No entanto, nas últimas décadas a quantidade de gases referentes ao efeito-estufa emitidos na atmosfera vem aumentando, por diversos fatores, fazendo com que o sistema seja superaquecido, afetando diretamente o clima do planeta. Com os indícios do perigo recorrente da emissão, principalmente gás carbônico e metano, a mídia impulsionou a população a questionar as alterações do clima no planeta em decorrência das ações humanas, fazendo com que houvesse mudanças sociais, políticos e econômicos nos últimos anos.

POLÍTICA E MEDIDAS:

O AQUECIMENTO GLOBAL EM PAUTA

Na década de 70, deu início a movimentos sociais em defesa das questões ambientais, forçando a formação de novas leis para reduzir a liberação excessiva de poluentes. A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano, conhecida como Conferência de Estocolmo, realizada em 1972 em Estocolmo, na Suécia, foi decisivo para o surgimento de políticas de gerenciamento ambiental, direcionando a atenção das nações para as questões ambientais (Passos, 2009). Durante o evento, houve muita divergência quanto aos países menos desenvolvidos, sobre a questão da preservação do meio ambiente e o desenvolvimento econômico, sendo questionados os modelos tradicionais de produção, dando início aos conceitos de sustentabilidade.

No ano de 1992 foi realizado outro grande evento, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento e Documentos Resultantes - Rio de Janeiro conhecido como Eco-92. Segundo Bursztyrn e Persegona (2008), os principais pontos discutidos foram: estabelecer mecanismos de transferência de tecnologias não poluentes aos países subdesenvolvidos, examinar estratégias nacionais e internacionais para incorporação de critérios ambientais ao processo de desenvolvimento, estabelecer um sistema de cooperação internacional para prever ameaças ambientais.

Na Eco-92 de todos os documentos apresentados no evento a Agenda 21 e a Declaração do Rio foram os que definiram e influenciaram no desenvolvimento de políticas públicas, visando implantar o paradigma do desenvolvimento efetivamente sustentável (Mota et al., 2008). Após o evento a ONU criou a Comissão de Desenvolvimento Sustentável (CDS).

As questões relacionadas ao ambiente foram sendo discutidas paulatinamente nos eventos. No ano de 1998 no Canadá foi realizada a Conferência de Toronto, nesse evento foi fundada o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) que seria um medidor das mudanças climáticas ocasionadas pelas atividades humanas.

Os eventos foram recorrentes, sequenciado: Conferência de Haia (Holanda, 2000), Conferência em Bonn (Alemanha, 2001) e Marrakesh (Marrocos, 2001), Conferência de Nova Délhi (Índia, 2002), Conferência de Milão (Itália, 2003), Conferência de Buenos Aires (Argentina, 2004), Conferência de Montreal (Canadá, 2005), Conferência de Nairóbi (África, 2006), Conferência de Bali (Indonésia, 2007), Conferência de Poznan (Polônia, 2008), Conferência de Copenhague (Dinamarca, 2009), Conferência de Cancún (México, 2010), Conferência em Durban (África do Sul, 2011), Conferência do Brasil (Rio de Janeiro, 2012) Rio +20, Conferência do clima de

Doha (2013), Conferência de Moon Walk (2014). No evento do dia 12 de dezembro de 2015, a 21ª Conferência do Clima, realizada em Paris, o principal resultado foi o Protocolo de Paris, que veio para substituir o Protocolo de Kyoto que contou com 195 países um avanço por conta do número de países comprometidos. O tratado prevê que os países trabalharão juntos para que o aquecimento global fique muito abaixo de 2°C, mas buscando limitá-lo a 1,5°C.

VARIAÇÕES CLIMÁTICAS DECORRENTES DE AÇÕES NATURAIS E ANTROPOLÓGICAS

Segundo Teodoro e Amorim (2008), o clima é um sistema complexo, controlado por diversos fatores que se integram entre a atmosfera, o oceano, a hidrosfera, a criosfera e a biosfera. Esse sistema vem mudando, visto que está em constante e permanente transformação bem como os demais sistemas da natureza. De acordo com os mesmos autores, os fenômenos de El Niño e La Niña são diretamente relacionados com a oscilação de clima do planeta.

El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de interação oceano-atmosfera, que ocorre no Oceano Pacífico tropical, e é considerado como a principal causa da variabilidade climática natural em diversas regiões do globo, apresenta duas fases extremas: uma fase quente denominada El Niño e uma fase fria denominada La Niña (Berlato e Fontana, 2003). Em 1984 Kousky e Cavalcanti, já haviam verificado que a diferença de pressão ao nível do mar quando ocorrido pelo fenômeno ENOS gera um aquecimento anormal de águas geralmente frias no lado leste desse oceano, este aquecimento provoca mudanças na circulação de grande escala da atmosfera, causando anomalias climáticas em várias regiões.

Habitualmente, o fenômeno natural El Niño é conceituado como o resultante de anomalias positivas nos valores de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico, este aquecimento se torna acima da média histórica, desenvolvendo grandes efeitos sobre o clima. (Nóbrega e Santiago, 2014).

Já foi descrito a ação do fenômeno efeito-estufa, no entanto é importante evidenciar que o vapor d'água é um grande absorvedor de radiação, juntamente com o gás carbônico que são os principais responsáveis pela retenção de boa parte da radiação emitida pela superfície (Dias, 2006). Cabe ressaltar que grande parte do efeito estufa se deve à presença de H₂O na atmosfera, sendo do total o vapor d'água em 85% e partículas de água 12% (Tolentino e Rocha-Filho, 1998).

O efeito-estufa tem relação com o fenômeno El Niño, segundo Molion (2005) o aquecimento (anomalias negativas) ocorre devido à intensificação do efeito-estufa sobre o Pacífico durante o El Niño, em função da maior concentração de vapor d'água nos níveis inferiores da troposfera e uma maior cobertura de nuvens sobre a região de águas anormalmente quentes e durante a La Niñas, ocorre justamente o contrário, e o efeito-estufa perde força, assim a região de águas frias perde energia e o sistema Terra atmosfera pode sofrer uma variação de temperatura de cerca de 1,5°C entre fases fria (La Niñas) e quente (El Niños) do ENOS.

O dióxido de carbono é produzido em todas as partes do planeta, principalmente pela queima de combustíveis fósseis com 75% do total de emissões e, os processos de uso da terra, sobretudo as queimadas, são responsáveis por grande parte dos 25% restantes (C&T BRASIL, 2016).

Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC (2007), a elevação das temperaturas no planeta é, muito provavelmente, pelo aumento de gases na atmosfera e o dióxido de carbono, que responde por cerca de 60% das consequências detectadas, provenientes de ações humana, intensificando o

efeito-estufa, consequentemente as temperaturas médias. No relatório o IPCC fez projeção de aumento na temperatura em até o final deste século XXI de 1,5°C a 6,0°C.

O relatório do IPCC (2007) conclui que esse aumento poderá ser possível segundo as projeções realizadas com modelos variados, evidenciando que a maior parte do aumento observado nas temperaturas globais médias desde meados do século XX se deva ao aumento observado nas concentrações antrópicas de gases de efeito estufa.

O Nordeste é uma das regiões do Brasil que sofre com irregularidades pluviométricas apresentando eventos extremos, como estiagens severas ou chuvas excessivas, que têm relação aos padrões anômalos de grande escala da circulação atmosférica global associada ao fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) (Andreoli et al., 2004).

Segundo Marengo (2008) estudando dados do Laboratório de Meteorologia - Francis Lacerda - ITEP, da cidade de Recife-Pernambuco pôde verificar que a temperatura já aumentou 0,7°C nos últimos 50 anos em todo o Brasil, e, no Nordeste, o aumento foi bem superior de 1,5°C a 2°C na temperatura máxima nos 41 anos antecedentes a data de publicação. O efeito estufa já havia sido relatado por Giorgi e Francisco (2000) indicando que a região tropical da América do Sul, ou seja, o Brasil seria a mais afetada em termos de temperatura, com um aumento em torno de 2°C a 6°C. Os mesmos autores concordam com os modelos de projeções, o limite inferior e a uniformidade.

O Brasil é considerado o país de maior biodiversidade do planeta, consiste em alta heterogeneidade climática e múltiplas espécies de acordo com cada região do país, apresenta alta variação que abriga sete biomas: Amazônia, Cerrado, Pantanal, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e o ecossistema de floresta atlântica (Bueno, 2001).

VULNERABILIDADE DAS ABELHAS AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

O expressivo aumento na temperatura afetará a permanência de muitas espécies em seus biomas, acarretando em desequilíbrio ambiental. O relatório do IPCC lança uma estimativa indicando que 20 a 30% das espécies estarão em alto risco de extinção no caso de um aumento de 2 a 3°C na temperatura. Nas espécies vegetais, o aumento da temperatura é diretamente proporcional à atividade fotossintética, as reações catalisadas por enzimas podem ser aceleradas (Bieto e Talon, 1996). Por sua vez, estas respostas complexas poderão acarretar alterações na composição de comunidades, na estrutura de ecossistemas, na distribuição destes sistemas, inclusive de biomas, resultando em mudanças em muitas organizações biológica (Thyiller et al., 2006).

A relação existente entre espécies leva a uma dependência mútua para ambas perpetuarem-se. Na possível extinção de uma das bases todos, os elos de uma cadeia alimentar vão correr o risco de diminuir sua população podendo entrar em colapso e ser mais uma espécie extinta. As abelhas são insetos que desempenham importante papel na manutenção da biodiversidade vegetal e equilíbrio dos ecossistemas através do serviço de polinização, na captura dos recursos florais (néctar e pólen) garantindo não somente sua sobrevivência e perpetuação, mas assegura também a reprodução das plantas, havendo uma ligação e dependência de ambos para manterem-se vivos.

A temperatura é um fator limitante no desenvolvimento dos insetos, ao mesmo tempo em que regula o índice de atividade, também regula o crescimento e o metabolismo (Prosser, 1968). Na ordem Hymenoptera os indivíduos se especializam a uma estreita variação de temperatura, concentram suas atividades dentro de um período limitado de

condições favoráveis e assim são chamados de especialistas (Gilchrist, 1995).

Em estudo, levando em consideração os fatores climáticos na Arábia Saudita, somente três regiões foram consideradas adequadas para a apicultura, com total de 10.5000 km de área que representa cerca de 5,38 % do país, enquanto duas regiões e outros locais foram apontados como inadequado para manter a atividade apícola. Nas regiões consideradas inadequadas, foi registrado durante o verão uma média de temperatura máxima acima de 39°C e uma umidade relativa inferior a 15%. (Abou-Shaara et al., 2013).

Um levantamento realizado em Mossoró-RN cidade situada na região Nordeste do Brasil, foram contabilizados 3.374 colmeias habitadas com enxames de abelhas africanizadas em 2012, e verificado que em 2013 este número caiu para 1.712, apresentando, dessa forma, uma queda total de 1.662 enxames ($55,52\% \pm 13,52$), relatando que muitas das colônias estavam nidificadas diretamente ao sol, outras continham uma barreira vegetal a Leste e/ou a Oeste, mas estas ficavam em contato direto a insolação no mínimo nos períodos mais quentes do dia (Holanda-Neto et al., 2015).

Segundo Winston (2003), a temperatura considerada ideal para o desenvolvimento das crias varia entre 33-36°C, sendo que para manter a temperatura constante dentro dessa faixa, as abelhas desenvolvem mecanismos comportamentais e fisiológicos. Ao se especializar, as abelhas sociais, tendo certa capacidade de homeotermia na colônia tornaram o ninho um ambiente em estado de homeostase, conhecido como homeostasia colonial. Segundo Seeley (2006) o controle preciso da temperatura da colônia pode ser visto como uma das maiores inovações da biologia da abelha que se tornou possível pela evolução de sua sociedade.

A capacidade de proporcionar certo grau de independência da temperatura externa, promovem o crescimento e a sobrevivência da colônia (Weidenmuller, 2002). Se os processos fisiológicos e comportamentais em resposta ao estresse térmico não forem eficientes a abelha deixará de desenvolver suas atividades normais dentro da colmeia, e desviará as atenções para o controle da homeotermia, e isto pode resultar em declínio nos desempenhos produtivos e reprodutivos das colônias (Domingos e Gonçalves, 2015).

Quando a colônia encontrar-se em condições de estresse por calor, sob temperatura ambiental acima da temperatura ideal para dentro da colônia, as abelhas desenvolvem mecanismos para manter a temperatura do ninho. Com o aumento da temperatura interna até 40°C as abelhas vão diminuindo a taxa metabólica, provavelmente para diminuir a produção de calor e consequentemente a temperatura no interior do ninho (Stabentheiner et al., 2003).

O mecanismo mais eficiente para dissipação do calor é a ventilação da colônia, no qual através do batimento de asas ocorre a renovação do ar, pois a massa de ar aquecida é expulsa da colmeia e uma nova massa de ar entra pelo alvado resfriando a colônia, isso tem sido reconhecido como uma medida de termorregulação e evolução social das abelhas, além de manter os níveis de dióxido de carbono. Em colônias em que a temperatura foi mantida estável e provocado um aumento de dióxido de carbono no interior no ninho foi notado o bater de asas para renovação do ar (Seeley, 1974).

O comportamento de bater de asas é realizado pelas abelhas operárias promovendo o controle da temperatura interna do ninho posicionando-se junto à entrada da colmeia e dentro da colônia através do batimento das asas, promovem a circulação do ar. Outra forma eficiente na perda de calor pela colônia ocorre por meio do mecanismo de evaporação; as abelhas campeiras vão fazer coleta de água expelindo o conteúdo dentro da colmeia ocorrendo à evaporação da molécula carreando o calor (Jones e Oldroyd, 2007).

Esse controle é necessário, pois temperaturas internas da colônia acima de 36°C por um tempo considerável é um grande

problema e pode resultar em desenvolvimentos anormais de crias ou mesmo a morte delas (Winston, 1987). Segundo Himmer (1927) estudando o efeito da temperatura em crias operculadas, constatou que poucas abelhas emergiram com temperatura acima de 38°C. Além disto, os favos de cera, quando preenchidos de mel, podem amolecer e quebrar às temperaturas acima de 40°C (Seeley, 2006). Um fator a ser considerado é a má formação neural dos indivíduos que segundo Jones et al. (2005), crias desenvolvidas acima de 36°C vão ter menor capacidade de memória e aprendizado na realização e reconhecimento das atividades de forrageamento e consequentemente o serviço de polinização por parte das operárias poderá ser prejudicado.

O maior valor econômico das abelhas é dado pelo serviço de polinização, que além de contribuir para manter a biodiversidade do planeta colabora para o aumento na produção agrícola mundial. A privação deste serviço pode afetar negativamente a reprodução sexuada e a diversidade genética das plantas, além de comprometer a produção de alimentos e produtos relacionados (Klein et al., 2007). Aproximadamente 75% das culturas agrícolas são dependentes da polinização animal (FAO, 2004). Estima-se que 73% das plantas cultivadas mundialmente sejam polinizadas por alguma espécie de abelha (Yamamoto et al., 2010).

Avaliando a mudança comportamental de insetos polinizadores, verificou-se que o serviço de polinização será afetado com o aquecimento global, pela diminuição na prestação dos serviços de polinização por insetos. Resultados mostraram que as abelhas são mais ativas em flores nas temperaturas relativamente frias (entre 24°C a 30°C) e os modelos utilizados para projeções futuras mostraram que as temperaturas mais quentes diminuiriam o serviço de polinização por abelhas em 14,5% (Rader et al., 2013).

Uma pesquisa recente no Brasil foi realizada com o monitoramento de 141 culturas agrícolas, analisando a dependência dessas culturas por polinizadores e verificaram que 85% das espécies demonstraram ter dependência aos polinizadores e estimaram um impacto econômico do serviço de polinização por intermédio das abelhas de 12 bilhões de dólares (Giannini et al., 2015).

A diminuição dos enxames já é uma realidade, não se sabe ao certo o que está causando o desaparecimento das abelhas. Muitos pesquisadores têm relacionado este declínio à chamada CCD ("Colony Collapse Disorder") ou como é conhecida no Brasil, Distúrbio de Colapso das Colônias (DCC). A DCC se caracteriza pela grande perda de abelhas operárias, sem a presença de abelhas mortas no interior ou proximidades da colmeia, presença de alimento dentro do ninho e abandono das crias e rainha, sem o retorno das abelhas campeiras a colmeia entra em colapso e extingue (Ellis, 2010).

Entre as possíveis causas apontadas para o declínio dos enxames e desaparecimento das abelhas estão; a ocorrência de doenças, má nutrição, queimadas e desmatamento de vegetações nativas, implementação inadequada de cultivo agrícola, mudanças climáticas, aumento das áreas de monocultura e uso abusivo de agroquímicos dentre outros (Imperatriz-Fonseca et al., 2012). Desses, há maior indício de que seja o uso indiscriminado de agroquímicos em cultivos agrícolas e a ocorrência das mudanças climáticas com consequente escassez de alimento, podendo ainda ser uma ação conjunta de fatores. Pois, a alteração de clima interfere diretamente na disponibilidade de recursos naturais, em consequência pode haver uma maior frequência de visitas nas áreas de cultivos agrícolas, além da ação direta sobre o ninho.

CONCLUSÃO

A temperatura do planeta teve um aumento de 0,7°C e as principais causas apontadas são as ações antrópicas, principalmente emissão de gás carbônico na atmosfera. A projeção é de um aumento até o final do século de até 2°C,

afetando diretamente diversos setores, colocando em risco a biodiversidade no planeta e tendo efeito direto na biologia das abelhas que por sua vez acarreta em impactos ecológicos e econômicos pela privação no serviço de polinização.

LITERATURA CITADA

- Abou-Shaara, F. H., Al-Ghamdi, A. A., Mohamed, A. A. A Suitability Map for Keeping Honey Bees Under Harsh Environmental Conditions Using Geographical Information System. *World Applied Sciences Journal*, v. 22, n. 8, p. 1099-1105, 2013.
- Andreoli, R.V. et al. A Influência da Temperatura da Superfície do Mar dos Oceanos Pacífico e Atlântico na Variabilidade de Precipitação em Fortaleza. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.19, n.2, 113-122, 2004.
- Berlato, M.A.; Fontana, D.C. El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Ed. da UFRGS, Porto Alegre, 2003. 110p.
- Bieto, J.A.; Talon, M. Fisiologia y bioquímica vegetal. Madrid: Interamericana; McGraw-Hill, 1996. p.537-553.
- Bueno, M. A. Ecossistemas brasileiros. Edições IBAMA, Brasília, 2001. 49p.
- Bursztyń, M., Persegona, M. A grande transformação ambiental: uma cronologia da dialética homem-natureza. Rio de Janeiro, 2008. 412 p.
- C&T Brasil. Entendendo a mudança do clima: um guia para iniciantes da Convenção-Quadro das Nações Unidas e seu Protocolo de Quioto. Disponível em www.mct.gov.br/clima. Acesso em 12 de janeiro de 2016.
- CHANGE, Intergovernmental Panel On Climate. IPCC. Aspectos Regionais e Setoriais da Contribuição do Grupo de Trabalho II ao 4º Relatório de Avaliação "Mudança Climática 2007" do IPCC, 2007.
- Domingos, H. G. T.; Gonçalves, L. S. Termorregulação de abelhas com ênfase em *Apis mellifera*. *Acta Veterinaria Brasilica*, v. 8, n. 3, p. 150-154, 2015.
- Ellis, M.D. Pesticides and bee toxicity. *American Bee Journal*, v.150, p.485-486, 2010.
- FAO. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture – the international response. In: Freitas, B. M. & Pereira, J. O. P. (eds). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária. Fortaleza, Brasil, 2004. 282p.
- Freitas, B.M.; Pinheiro, J.N. Efeitos sub-letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agrossistemas brasileiros. *Oecologia Australis*, v.14, n.1, p.282-298, 2010. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1401.17>
- Giannini, T.C.; Cordeiro, G.D.; Freitas, B.M.; Saraiva, A.M.; Imperatriz-Fonseca, V.L. The dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. *Journal of Economic Entomology*, v. 108 (3), p.849-857, 2015. <https://doi.org/10.1093/jee/tov093>
- Gilchrist, G. W. Specialists and Generalists in changing environments. Fitness landscapes of thermal sensitivity. *American Naturalist*, v. 146, n. 2, p. 252-269, 1995. <https://doi.org/10.1086/285797>
- Giorgi, F.; Francisco, R. Evaluating uncertainties in the prediction of regional climate. *Geophysical Research Letters*, v. 27, n. 9, p. 1295-1298, 2000. <https://doi.org/10.1029/1999GL011016>
- Heinrich, B. Keeping a cool head: honeybee thermoregulation. *Science*, v. 205, p. 1269-71, 1979. <https://doi.org/10.1126/science.205.4412.1269>
- Himmer, A. Ein Beitrag zur Kenntnis des warmehaushalts im nestbau sozialer hautflieger. *Zeitschrift für Vergleichende Physiologie*, v. 5, p. 375-389, 1927.
- Holanda-Neto, J. P.; Paiva, C. S.; Melo, S. B.; Paiva, A. C. C.; Maracajá, P. B.; Silva, A. F.; Pereira, D. S. Comportamento de abandono de abelhas africanizadas em apiários durante a entressafra, na região do Alto Oeste Potiguar, Brasil. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 11, n.02, p. 77-85, 2015.
- Imperatriz-Fonseca, V. L. et al. O desaparecimento das abelhas melíferas (*Apis mellifera*) e as perspectivas do uso de abelhas não melíferas na polinização. Documentos. Petrolina: Embrapa Semiárido, v. 249, p. 210-233, 2012.
- Jones, J. C., Helliwell, P., Beekman, M., Maleszka, R., Oldroyd, B. P. The effects of rearing temperature on developmental stability and learning and memory in the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Comparative Physiology A*, v. 191, p. 1121-1129, 2005. <https://doi.org/10.1007/s00359-005-0035-z>
- Jones, J. C., Oldroyd, B. P. Nest Thermoregulation in Social Insects. *Advances in Insect Physiology*, v. 33, p. 154-185, 2007.
- Klein, Alexandra-Maria; Vaissière, Bernard; Cane, James H.; Steffan-Dewenter, Ingolf; Cunningham, Saul A.; Kremen, Claire, Tschardtke, Teja. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society*, v.274, p.303-313, 2007. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Kousky, V.E. & Cavalcanti, I.F.A. A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulations changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, v. 36, n. 5, p. 490-504, 1984. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0870.1984.tb00264.x>
- Marengo, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. *Parcerias Estratégicas*, n. 27, p. 149-176, 2008
- Molion, L. C. B. Aquecimento global, el Niño, manchas solares, vulcões e oscilação decadal do pacífico. *Revista Climanalise*, v. 3, n. 1, p. 1-5, 2005.
- Molion, L. C. B. Aquecimento global: uma visão crítica. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 4, p. 7-24, 2008.
- Mota, J. A.; Gazoni, J. L.; Reganhan, J. M.; Silveira, M. T. E Góes, G. S. Trajetória da Governança Ambiental. In.: *Boletim Regional e Urbano, IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada*. Boletim 01, dez 2008.
- Nóbrega, R. S.; Santiago, G. A. C. F. Tendência de temperatura na superfície do mar nos oceanos atlântico e pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. *Mercator*, v. 13, n. 1, p. 107-118, 2014. <https://doi.org/10.4215/RM2014.1301.0008>
- Olentino, M.; Rocha-Filho, R. C. A química no efeito estufa. *Química Nova na Escola*, n. 8, 1998.
- Passos, P. N. C. A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. *Direitos Fundamentais & Democracia (UniBrasil)*, n. 6, p. 1-25, 2009.
- Prosser, C.L. Temperatura, p. 256-306. In: C.L. PROMEROSSER & F.A. BROWN JR. (Eds). *Fisiologia Comparada*. Mexico, 2ª ed. 1968. 966p.
- Rader, R., Reilly, J., Bartomeus, I., Winfree, R. Native bees buffer the negative impact of climate warming on honey bee pollination of watermelon crops. *Global Change Biology*, v. 10, p. 1-8, 2013. <https://doi.org/10.1111/gcb.12264>
- Seeley, T. D. Atmospheric carbon dioxide regulation in honey-bee (*Apis mellifera*) colonies. *Insect Physiol.*, n. 20, p. 2301-2305, 1974. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(74\)90052-3](https://doi.org/10.1016/0022-1910(74)90052-3)
- Seeley, T. D. Ecologia da Abelha: Um Estudo de Adaptação na Vida Social (tradução de C. A. Osowski). Paixão Editores LTDA, Porto Alegre, 2006. 256p.
- Stabentheiner, A., Kovac, H., Hetz, S.K., Käfer, H. & Stabentheiner, G. Assessing honeybee and wasp thermoregulation and energetics – New insights by combination of flow-through respirometry with infrared thermography. *Thermochimica Acta*, v. 534, p. 77-86, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2012.02.006>
- Stabentheiner, A.; Pressl, H.; Papst, T.; Hrassnigg, N.; Crailsheim, K. Endothermic heat production in honeybee winter clusters. *Journal of Experimental Biology*, v. 206, n. 2, p. 353-358, 2003. <https://doi.org/10.1242/jeb.00082>
- Teodoro, P. H. M.; Amorim, M. C. C. T. Mudanças climáticas: algumas reflexões. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 3, p. 25-35, 2008. <https://doi.org/10.5380/abclima.v3i0.25405>
- Thyiller, W., Broenimann, O., Hughes, G. O., Alkemade, J. R. M., Midgley, G. F., CORSI, F. Vulnerability of African mammals to anthropogenic climate change under conservative land transformation assumptions. *Global Change Biology*, n. 12, p. 424-440, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01115.x>

- Weidenmuller, A., Kleineidam, C., Tautz, Jurgen. Collective control of nest climate parameters in bumblebee colonies. *Animal Behaviour*, v. 63, n. 6, p. 1065-1071, 2002. <https://doi.org/10.1006/anbe.2002.3020>
- Willmer, P. G; Stone, G. N. Behavioral, ecological, and physiological determinants of the activity patterns of bees. *Advances in the Study of Behavior*, v. 34, p. 347-466, 2004. [https://doi.org/10.1016/S0065-3454\(04\)34009-X](https://doi.org/10.1016/S0065-3454(04)34009-X)
- Winston, M.L. *Abiologia da abelha*. 1 ed. Magister. Porto Alegre, 2003. 276p.
- Winston, M. L. *The Biology of the Honey Bee*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1987, 281p.
- Yamamoto, M; Barbosa, A. A. A; Oliveira, P. E. A. M. A polinização em cultivos agrícolas e a conservação de áreas naturais: o caso do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis F. flavicarpa* DEGENER). *Oecologia Australis*, v. 14, n. 1, p. 174-192, 2010. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1401.10>