

TERMORREGULAÇÃO DE ABELHAS COM ÊNFASE EM *Apis mellifera*

[*Thermoregulation in bees with emphasis on Apis mellifera*]

Hérica Girlane Tertulino Domingos^{1*}, Lionel Segui Gonçalves¹

¹ Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Departamento de Ciências Animais, Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte (CETAPIS-RN).

RESUMO – Termorregulação é o controle da temperatura em um sistema físico qualquer. Espécies de insetos sociais evoluíram para regular a temperatura dentro do ninho através de uma série de mecanismos que podem ser primários ou secundários. A regulação por mecanismos primários, inclui a seleção local do ninho para otimizar a temperatura interna, ou até mesmo um comportamento simples como a translocação das crias para regiões dentro do próprio ninho, onde as temperaturas são mais favoráveis. Já os mecanismos secundários, incluem as alterações fisiológicas e/ou comportamentais, como o comportamento de aquecer, ou arrefecer os seus ninhos, por exemplo, através de agrupamento e geração de calor metabólico se a intenção for manter a colônia quente, ou abanar as asas se a intenção for conduzir o ar quente para fora da colônia. Se as temperaturas do ninho não são mantidas dentro dos limites específicos da espécie, muitas vezes há consequências indesejáveis, que podem afetar fatores fisiológicos dos indivíduos e assim gerar consequências posteriores na sua vida adulta.

Palavras-Chave: apicultura; regulação da temperatura; auto-organização.

ABSTRAC – Thermoregulation is the temperature control in a physical any system. Social insect species have evolved to regulate the temperature inside the nest through a number of mechanisms that can be primary or secondary. The primary mechanisms of regulation, includes such mechanisms as nest site selection to optimize internal nest temperature, or simple behavior such as brood translocation to regions within a nest where temperatures are most favorable. As for the secondary mechanisms include physiological and / or behavioral, as the behavior of heating or cooling the nests, for example, by clustering and generation of metabolic heat if the intention is to keep the colony warm, shake or wings if the intention is to lead the hot air out of the colony. If the temperature of the nest are not maintained within the specified limits of the species, there are often unintended consequences that may affect physiological factors of individuals and thus generate consequences later in their adult life.

Keywords: beekeeping; temperature regulation; self-organization.

* Autor para correspondência: e-mail: herica_tertulino@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Termorregulação é o controle da temperatura em um sistema físico qualquer ou em um organismo vivo. Parte do sucesso ecológico de insetos sociais é que eles têm pelo menos alguma capacidade de regular a temperatura dentro de seus ninhos (Wilson, 1971). May (1979) define termorregulação como a capacidade que um organismo apresenta de controlar, manter e normalizar suas condições internas através da temperatura, na forma de resposta comportamental ou fisiológica ao seu ambiente natural. As abelhas melíferas, *Apis mellifera*, regulam a temperatura do ninho dentro de limites específicos, às vezes muito estreitos, apesar de extremos na temperatura ambiente. Elas conseguem manter a temperatura da colônia dentro do intervalo de 33-36°C, com média de 34,5° C (Jones & Oldroyd, 2007). Se as temperaturas do ninho não são mantidas dentro dos limites específicos da espécie, muitas vezes há consequências indesejáveis, que podem inclusive afetar o comportamento das abelhas (Tautz et al., 2003; Jones et al., 2005). A perda de controle da termorregulação de uma colônia pode levar as abelhas ao abandono ou comportamento enxameatório por abandono.

O controle da temperatura dentro da colônia é importante principalmente para o sucesso do desenvolvimento da cria e, conseqüentemente, para a sobrevivência da colônia. Além de afetar características morfológicas e a sobrevivência da cria, um desenvolvimento em temperaturas “inadequadas” pode afetar outros fatores fisiológicos dos indivíduos e assim gerar conseqüências posteriores na sua vida adulta (Tautz et al., 2003; Jones et al., 2005). O desenvolvimento e o comportamento de colônias de abelhas recebem influência de fatores ambientais como temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar (Lorenzon et al., 2004). Dentro de um ninho existem abelhas que coordenam as atividades de termorregulação de tal forma que a temperatura do ninho se mantenha estável. A quantidade de abelhas envolvidas neste trabalho de arrefecimento ou aquecimento irá aumentar ou diminuir de acordo com a temperatura atual do ninho. Tautz et al. (2003) relataram que em *Apis mellifera* as maiores quantidades de alimento depositados nas células de cria puderam originar indivíduos mais resistentes ao ambiente em condições desfavoráveis. Entretanto, se os indivíduos sofreram durante seu desenvolvimento algum tipo de alteração na temperatura, estas podem causar malefícios para a colônia, originado indivíduos com deformação no corpo, alta mortalidade dos mesmos e indivíduos que até mesmo não desempenham com eficácia as funções realizadas no ninho (Tautz et al., 2003)

Nas abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponini) a termorregulação não ocorre como nas abelhas *Apis mellifera*, uma vez que, embora elas consigam manter uma temperatura mais ou menos estável entre 25 e 32° C (Vollet et al., 2010; Roldão, 2011) permitindo o desenvolvimento das crias, variando de acordo com a espécie, com a colônia e com a exposição ao sol. Para Jones & Oldroyd (2007), a termorregulação nas abelhas sem ferrão pode ocorrer através de estruturas especiais do ninho como o invólucro (finas camadas de cerume e que cobrem as crias), o batume crivado (resina, barro e cerume) como também por meio de ventilação causada pelo batimento das asas e a produção de calor metabólico do próprio corpo das abelhas. No entanto ainda não está claro se esse controle da temperatura é um controle intencional dessas abelhas, pois qualquer alteração na temperatura externa pode causar sérios problemas no desenvolvimento das abelhas e das colônias. Durante o período de inverno, diferentemente das *Apis* as colônias de abelhas sem ferrão normalmente sofrem um enfraquecimento que é constatado na diminuição da população e redução no tamanho dos favos, podendo ocorrer a morte das colônias.

Devido a essa dificuldade na termorregulação dos meliponíneos os meliponicultores costumam desenvolver colmeias especiais com sistemas de aquecimento para a manutenção e desenvolvimento dos ninhos durante o inverno (Vollet et al., 2010). Portanto, apesar dessas iniciativas dos meliponicultores, muitas já bem sucedidas no sentido de se realizar um controle artificial da temperatura dos ninhos, o tema termorregulação das abelhas sem ferrão é ainda um tema que demanda mais estudos para sua compreensão (Roldão, 2011). Os padrões térmicos de uma espécie de abelhas para outra não podem ser generalizados, uma vez que há uma grande variedade de comportamentos e arquiteturas de ninhos (Loli, 2008) e a termorregulação colonial realizado pelas abelhas adultas beneficia as abelhas jovens (Carvalho, 2009).

Mecanismos termorregulatórios primários

Espécies de insetos sociais evoluíram para regular a temperatura dentro do ninho através de uma série de mecanismos, que podem variar desde a seleção do local do ninho para otimizar a temperatura interna, ou até mesmo um comportamento simples como a translocação das crias para regiões dentro do próprio ninho, onde as temperaturas são mais favoráveis. Há ainda os mecanismos que os indivíduos desenvolvem a fim de modificar a temperatura do ninho, através de atividades físicas como a ventilação utilizando as asas (Heinrich & Esch, 1994) e o transporte de gotas de água para

dentro da colmeia com o objetivo de reduzir a temperatura do ambiente interno da colônia. Nas abelhas, os graus de controle da temperatura são variados, sendo que as abelhas melíferas, *Apis mellifera*, são excelentes termorreguladoras enquanto acredita-se que os meliponíneos são deficientes e muito dependentes do ambiente e estruturas do ninho (Jones & Oldroyd, 2007), logo, os padrões térmicos de uma espécie de abelhas para outra não podem ser generalizados, uma vez que há uma grande variedade de comportamentos e arquiteturas do ninho (Loli, 2008).

A seleção do local de nidificação, orientação, e arquitetura do ninho, são os primeiros mecanismos utilizados por insetos sociais para regular o microclima do seu ninho. Estes mecanismos fornecem um “amortecedor” entre a temperatura interna e a temperatura ambiente, e, portanto, podem afetar significativamente o trabalho das operárias que regulam a temperatura dentro do ninho. Se os processos fisiológicos e comportamentais em resposta ao stress 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.

A seleção do local do ninho desempenha um papel importante na capacidade das colônias em manterem as temperaturas do ninho estáveis. O principal critério na escolha de um local do ninho é a proteção física contra perturbações ambientais e a busca por microclimas que fornecem uma temperatura relativamente estável. A temperatura de ninhos de *Tetragonisca angustula* foi observada na Colômbia por Torres et al. (2007) que utilizaram resistores em nove áreas internas da colônia, entre elas o invólucro, área de cria, área dos potes de alimento e o ducto de entrada da colônia, assim, abrangendo todo o ninho. A área de cria apresentou temperaturas mais altas na parte central do ninho (30,3°C) e a área dos potes de alimento uma temperatura de aproximadamente 19,6°C.

Existem vários registros de temperatura dentro do ninho de muitas espécies de abelhas. Um dos primeiros registros foi feito por Zucchi & Sakagami (1972) com *Trigona spinipes*, onde as temperaturas médias para a área de cria foi de 34,73°C, enquanto a média para as zonas periféricas foi de 25,35°C. Em estudo mais recente, realizados com *Melipona scutellaris* também foram registrados temperaturas variáveis dentro do ninho, recordando que as temperaturas das áreas de cria (30,7°C) foram sempre maiores em relação as temperaturas das periferias (27,4°C) dos ninhos. No entanto, em abelhas do gênero *Apis*, as temperaturas dentro do

ninho se mantêm sempre com muita estabilidade (33 a 36°C).

Reddy & Reddy (1993) encontrou forte tendência para ninhos de abelha *Apis dorsata* serem orientados no sentido norte-sul. Presumivelmente isso maximiza a radiação solar e minimiza a exposição das colônias aos ventos frios (Oldroyd & Wongsiri, 2006). No entanto, a *A. florea* e *A. andreniformis* selecionam locais sombreados (Wongsiri et al., 1997) porém as abelhas podem migrar para outros locais mais protegidos se forem expostas diretamente às radiações (Seeley et al., 1982). Ou seja, quando a abelha escolhe o local para construir seus ninhos, ela priorizará ambientes termicamente favoráveis. Logo, sistemas de criação racional de abelhas, devem incluir em seu manejo, estratégias que favoreçam o controle interno da temperatura, como a direção e o sombreamento das instalações. Almeida (2008), Almeida & Gonçalves (2008) e Gonçalves et al. (2008) constataram em experimentos realizados em zonas semiáridas (Caatinga) do nordeste brasileiro que as abelhas africanizadas expostas diretamente sob o sol abandonam as colmeias ao se atingir a temperatura interna de 41°C. Assim, com o objetivo de se evitarem as enxameações por abandono esses pesquisadores recomendam aos apicultores nordestinos que mantenham suas colônias em lugares protegidos, se possível à sombra e com água potável disponível.

Além desses mecanismos primários, as abelhas podem ainda exibir alterações secundárias, que são fisiológicas e/ou comportamentais, como o comportamento de aquecer, ou arrefecer os seus ninhos, por exemplo, através de agrupamento e geração de calor metabólico se a intenção for manter a colônia quente, ou abanar as asas se a intenção for conduzir o ar quente para fora da colônia. Esses mecanismos secundários serão ativados de acordo com as condições ambientais, quer seja alta, ou baixa temperatura.

Termorregulação em baixas temperaturas

A principal resposta comportamental em baixas temperaturas é o agrupamento. As operárias são capazes de manter a temperatura do ninho estável formando grupos em torno da área do ninho, promovendo assim, geração de calor metabólico (Jones & Oldroyd, 2007), principalmente pela rápida contração e liberação dos seus músculos torácicos de voos (Kronenberg & Heller, 1982). Quanto mais baixa a temperatura, mais apertado será o agrupamento.

Quando agrupadas, as abelhas assumem uma posição relativa que força o entrelaçamento dos seus pelos torácicos, aumentando a capacidade de

isolamento térmico das sucessivas camadas. Essas camadas são formadas por abelhas voltadas para o centro do grupo, e há um revezamento entre as que estão em posição mais externa e as que estão mais ao centro. Elas também são ajudadas pela presença de alvéolos vazios, que formam câmaras de ar parado, que é um bom isolante. Se ainda assim a temperatura continuar caindo, as abelhas passam a produzir calor pela vibração da sua musculatura torácica. Nesse caso, porém, elas necessitam ingerir quantidades maiores de mel para repor a energia perdida. Kleinhenz et al. (2003) perceberam que as abelhas fazem a vibração dos músculos também dentro da colmeia, para o aquecimento interno do ninho e individualmente das larvas e pupas em desenvolvimento.

Termorregulação em altas temperaturas

As abelhas também utilizam respostas comportamentais para promover o arrefecimento do ninho, em condições de altas temperaturas. Dentre os comportamentos de refrigeração mais comum estão a de ventilação promovida pelo batimento das asas, onde as operárias ficam em uma posição estacionária para dirigir o ar quente para fora do ninho (Dyer & Seeley, 1991), essa ventilação, permite ao ninho “respirar” um novo ar, já que este pode ser trocado frequentemente. Essa corrente de ar, além de esfriar a colmeia, auxilia na evaporação da umidade do néctar, transformando-o em mel. No interior da caixa, outras operárias batem as asas, ajudando na circulação da corrente de ar. Se houver duas entradas na colmeia, o ar é aspirado por uma entrada e expelido pela outra; caso contrário, usa-se parte da entrada para aspirar e outra parte para expelir.

Uma outra estratégia, é o resfriamento evaporativo, onde as operárias coletam a água e distribuem por todo o ninho para que a temperatura interna seja reduzida pela evaporação da água. Isso acontece porque uma passagem de 1,0 grama de água do seu estado líquido para vapor são necessários aproximadamente 2.400 kJ de energia térmica (Domingos, 2013).

Além disso, as abelhas podem formar barbas ou acúmulo de abelhas no alvado, fora da colônia, evitando liberar o calor metabólico dentro da colônia. Estudos experimentais sobre as causas das enxameações das abelhas africanizadas no nordeste realizados pelo grupo do Prof. Lionel S. Gonçalves na UFERSA em Mossoró-RN comprovaram que ao se atingir a temperatura de 41°C no interior das colmeias, as abelhas abandonam seus ninhos (enxameação por abandono), mesmo na presença de crias e rainhas, levando a conclusões de que altas temperaturas e falta de água são os principais fatores determinantes do comportamento de

abandono (Almeida, 2008; Almeida & Gonçalves, 2008; Gonçalves et al., 2008). Vollet et al. (2010) observou um comportamento diferente quando desenvolveu indivíduos da espécie de *Scaptotrigona aff. depilis* em diferentes temperaturas, onde foi observado que em temperaturas elevadas os indivíduos apresentaram um desenvolvimento mais acelerado, saudável e com uma taxa de mortalidade relativamente baixa.

CONCLUSÕES

Entender os mecanismos termorregulatórios, é uma forma útil para estudos de mecanismos de auto-organização em abelhas, por causa da temperatura, tanto do ambiente, como do interior do ninho. A regulação da temperatura em abelhas pode envolver uma série de mecanismos, seja de aquecimento em condições de baixas temperaturas, ou arrefecimento, se a temperatura estiver elevada. Todos os mecanismos envolvidos no controle da temperatura são coordenados pela colônia, afim de manter a temperatura ideal do ninho. Embora o mecanismo de termorregulação das abelhas seja bastante conhecido nas abelhas do gênero *Apis* que conseguem manter com bastante eficiência o controle da temperatura interna de suas colônias, o mesmo não se verifica nas abelhas sem ferrão com o mesmo rigor observado nas *Apis mellifera*, sendo este tema ainda sujeito a mais estudos para uma melhor compreensão.

REFERÊNCIAS

- Almeida, Gesline Fernandes de. 2008. Fatores que interferem no comportamento enxameatório de abelhas africanizadas. *Tese de Doutorado*. FFCLRP-USP. Ribeirão Preto-SP. Brasil. 120p.
- Almeida, Gesline Fernandes de & Lionel Segui Gonçalves. 2008. Enxameação Induzida por Aumento de Temperatura em Abelhas Africanizadas. *Anais do VIII Encontro Sobre Abelhas*. Ribeirão Preto-SP. Brasil. CD. Pg 221.
- Carvalho, M.D.F. 2009. Temperatura da superfície corpórea e perda de dcalor por convecção em abelhas (*Apis mellifera*) em uma região semi-árida. *Dissertação de Mestrado*. Dep. De C. Animais. UFERSA. Mossoró-RN. 47p.
- Dyer, F. C. and Seeley, T. D. (1991). Nesting behavior and the evolution of worker tempo in four honey bee species. *Ecology* 72, 156–170.
- Domingos, H.G.T., Maia, A.S.C., Souza Jr, J.B.F., Silva, R.B., Vieira, F.M.C., Silva, R.G. (2013) Effect of shade and water sprinkling on physiological responses and milk yields of Holstein cows in a semi- arid region. *Livestock Science* 154 169– 174.
- Gonçalves, L.S.; David de Jong; Almeida, G.F., Prado, P.R. (2008). Monitoramento de colônias de Abelhas Africanizadas nas atividades de Enxameação e Forrageamento. *Anais do VIII Encontro Sobre Abelhas*. Ribeirão Preto-SP. Brasil. CD Rom pg. 13.
- Heinrich, B. 1993. The hot-blooded insects: Strategies and mechanisms of thermoregulation. Cambridge-MA: Harvard University Press. 600p.

- Heinrich, B. & Esch, H. 1994. Thermooregulation in bees. *American Scientist*. 82:164-170.
- Jones, J.C. & Oldroyd, B.P. 2007. Nest thermoregulation in social insects. *Advances in Insect Physiology*. 33:153-191
- Jones, J.C.; Helliwell, P.; Beekman, M.; Maleszka, R. & Oldroyd, B. P. 2005. The effects of rearing temperature on developmental stability and learning and memory in the honey bee, *Apis mellifera*. *J. Comp. Physiol. A* 191: 1121-1129.
- Kleinhenz, M., Bujok, B., Fuchs, S., Tautz, J. (2003). Hot bees in empty broodnest cells: heating from within. *J. Exp. Biol.* 206, 4217-4231.
- Kronenberg, F., Heller, H. C. (1982). Colonial thermoregulation in honey bees (*Apis mellifera*). *J. Comp. Physiol. B*, 148, 65-76.
- Loli, D. 2008. Termorregulação colonial e energetic individual em abelhas sem ferrão *Melipona quadrifasciata* Lepelletier (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). *Tese de Doutorado*. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. São Paulo – SP. 229p.
- Lorenzon, M. C.; Oliveira, C. de; Jordão, A. R.; Cordeiro, G. D. Carga térmica de radiação de dois apiários de abelhas africanizadas dispostos ao sol e à sombra. In: Congresso brasileiro de apicultura, 15.; congresso brasileiro de meliponicultura, 1., 2004, Natal. *Anais...* Natal: Confederação Brasileira de Apicultura: SEBRAE-RN, 2004. 1 CD-ROM.
- May, M.I. 1979. Insect thermoregulation. *Ann. Review Entomology*. 24:313-349
- Oldroyd, B. P., Wongsiri, S. (2006). *Asian Honey Bees Biology, Conservation and Human Interactions*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Reddy, S.M., Reddy, C.C. (1993). Studies on the distribution of nests of giant honey bee (*Apis dorsata*F.). *Indian Bee Journal* 55, 36-39.
- Roldão, Y.S., 2011. Termoregulação colonial e a influencia da temperatura no desenvolvimento da cria em abelhas sem ferrão, *Melipona scutellaris* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). *Dissertação de Mestrado*. Area de Entomologia. FFCLRP-USP. Ribeirão Preto-SP. Brasil.
- Seeley, T. D., Seeley, R. H., AKRATANAKUL, P. (1982). Colony defence strategies of the honeybees in Thailand. *Ecol. Monogr.* 52, 43-63.
- Tautz, J., Maier, S., Groh, C., Rössler, W. & Brockmann, A. 2003. Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development. *PNAS*. 100(12): 7343-7347.
- Torres, A.; Hoffmann, W. & Lamprecht. 2007. Thermal investigations of a nest of the stingless bee *Tetragonisca angustula* Illiger in Colombia. *Thermochimica Acta*. 458: 118-123.
- Vollet N.D., Menezes, C., Fonseca, V.I., (2010). Aquecimento de colmeias de abelhas sem ferrão: Vale a pena ? *Mensagem Doce* No. 103. Set. p: 16-20.
- Wilson, E. O. (1971). *The Insect Societies*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wongsiri, S., Lekprayoon, R., Thapa, A., Thirakupt, K., Rinderer, T. E., Sylvester, H. A., Oldroyd, B. P. and Boocham, U. (1997). Comparative biology of *Apis andreniformis* and *Apis florea* in Thailand. *Bee World* 78, 23-35.
- Zucchi R, SF Sakagami. 1972. Capacidade termoreguladora em *Trigona spinipes* e em algumas outras espécies de abelhas sem ferrão (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae). In SP Hebling, E de Lello, CS Takahashi, eds. *Homenagem a Warwick Estevam Kerr*. Sao Paulo: Rio Claro, pp. 301-309. (cited from Sakagami 1982)