UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE CORPÓREA E PERDA DE CALOR POR CONVECÇÃO EM ABELHAS (*Apis mellifera*) EM UMA REGIÃO SEMI-ÁRIDA

MICHELE DAIANA FERREIRA DE CARVALHO
Zootecnista

MOSSORÓ - RN - BRASIL
Agosto - 2009

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

MICHELE DAIANA FERREIRA DE CARVALHO

TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE CORPÓREA E PERDA DE CALOR POR CONVECÇÃO EM ABELHAS (*Apis mellifera*) EM UMA REGIÃO SEMI-ÁRIDA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus de Mossoró, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Alex Sandro Campos Maia- UFERSA

MOSSORÓ, RN - BRASIL
Agosto - 2009

Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e catalogação da Biblioteca "Orlando Teixeira" da UFERSA

C331t Carvalho, Michele Daiana Ferreira de.

Temperatura da superfície corpórea e perda de calor por convecção em abelhas (*Apis mellifera*) em uma região semi-árida. / Michele Daiana Ferreira de Carvalho. -- Mossoró, 2009.

47f.: il.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Área de concentração Produção Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pós-Graduação.

Orientador: Prof. Dr. Sc. Alex Sandro Campos Maia.

1.Termorregulação. 2.Abelhas africanizadas. 3.Variáveis climáticas – Semi-árido Nordestino. I.Título.

CDD: 638.1

Bibliotecária: Marilene S. de Araújo

CRB/4 1033

MICHELE DAIANA FERREIRA DE CARVALHO

TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE CORPÓREA E PERDA DE CALOR POR CONVECÇÃO EM ABELHAS (*Apis mellifera*) EM UMA REGIÃO SEMI-ÁRIDA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus de Mossoró, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

APROVADA EM 13/08/2009.

BANCA EXAMINADORA:

_____

Prof. Dr. Alex Sandro Campos Maia (UFERSA)

Orientador

_____

Prof. Dr. Gerbson Azevedo de Mendonça (UFRN)

Primeiro Conselheiro

_____

Prof. Dr. Raimundo Maciel Sousa (IFCE)

Segundo Conselheiro

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MICHELE DAIANA FERREIRA CARVALHO - nasceu no dia 24 de Janeiro de 1984, na cidade de Mossoró/RN. Fez boa parte do ensino médio no Geo Colégio e Curso (em Mossoró), concluindo na escola Casa do Fera (CDF- Master, em Natal) no ano de 2000. Iniciou o ensino superior em setembro de 2001, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), onde cursou a graduação em Zootecnia, concluindo em agosto de 2006. Ingressando mais tarde, em março de 2007, no programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Onde no decorrer do curso de Pós-Graduação, concluiu os créditos de disciplinas exigidos pela grade curricular do curso, foi bolsista CAPES durante o período de outubro de 2008 a março de 2009, fez estagio de docência nas disciplinas de Comportamento Animal, das turmas de Zootecnia e Medicina Veterinária, como também acompanhou a turma de Ambiência do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, todas ministradas pelo seu Orientador: Professor Doutor Alex Sandro Campos Maia. Foi integrante do grupo de estudo e pesquisa NUBBEA, durante todo o curso de Pós-graduação, participando das atividades desenvolvidas pelo grupo. Em agosto de 2008, participou do Congresso Internacional de Biometeorologia, ocorrido na cidade de Tókio/Japão, e apresentou na forma oral o trabalho intitulado: “Body Surface Temperature and Heat Loss by Convection in Honey Bees in a Semi-Arid Region”. Em janeiro de 2009, estagiou na Esalq/USP, Piracicaba/SP, na qual fez o curso de Ambiência e Bem-estar animal promovido pelo grupo de pesquisa NUPEA.

A minha amada sobrinha

Júlia

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A meus queridos Pais: Dr. Martins e Dona Fátima. Obrigado pelos ensinamentos da vida, por serem a minha base na construção dos meus princípios e pelo insubstituível amor a mim dedicado. Amo vocês.

A meu irmão: Daniel, que mesmo não estando mais presente entre nós, ele sempre será meu referencial, minha estrela guia, meu maior incentivador no caminho dos estudos.

As minhas irmãs: Diva e Dani, pela compreensão dos meus estresses e das minhas ausências, pelo carinho e incentivo. Não esquecendo os meus cunhados: Wilson e Ricardo, obrigado por fazerem parte da minha família, vocês também fazem parte desta conquista.

A meu orientador, pai científico e amigo: Prof. Dr. Alex Maia. Obrigado por ter me aceitado como primeira orientada sem antes mesmo ter me conhecido, pela confiança depositada, por acreditar que um dia eu cumpriria mais uma etapa dessa jornada, pelos ensinamentos acadêmicos e de vida, pelas horas de conversas, por saber que sempre poderei contar com as suas orientações, sem a sua ajuda nada disto teria sido possível. Muito obrigado por tudo Professor.

A meu amigo Msc. Daniel Santiago, pela grande ajuda nas coletas e pelas muitas ferroadas nas mãos, muito obrigado. Ao Seu Carlos, por ter cedido às colméias e ao Msc. Armando, pela grande ajuda e aulas no manejo das abelhas.

Ao Professor Patrício, pelas orientações. Como também aos seus alunos de apicultura pela ajuda nas coletas.

Ao Professor Gerbson Mendonça, pelas suas sugestões e orientações para o meu crescimento profissional. Obrigado por acreditar em mim.

Ao Professor Raimundo Maciel Sousa, pelas orientações e ajuda nas correções.

Aos membros do grupo NUBBEA, João Paulo, Leonardo Lelis, João, Herica, Roseane, Steffan, Cintia, Luanna, Heloise, Larissa, Wanessa e Yasmin. Obrigado pelo convívio, pelas conversas no laboratório e nas coletas do grupo, não esquecendo as grandes reuniões, pelo o incentivo e ajuda na elaboração e conclusão deste trabalho.

Aos Professores do Mestrado: Domingues, Alexandre, Patrício, Jean Berg, Celicina, Sakamoto, Benito; obrigado pelos ensinamentos e conselhos que foram de grande valia para o meu crescimento profissional.

A turma de 2007 do mestrado em ciência animal da UFERSA: Allyssandra, Aninha, Carol, Daniel, Kátia, Mário, Nicholas, Paulinho, Idalécio, Érica, Roberta, Tâmara, Wesley. Por ter sido uma turma tão inesquecível, obrigado pelos três anos de convívio, pelas noites em claro estudando, pelas discussões durante a aula, pelo companheirismo e ajudas nos trabalhos. Valeu galera! Um agradecimento especial a Tâmara (minha irmã adotiva- Tam Tam) e Allyssandra por terem agüentado meus estresses, as horas de conversas e estudos, pelas grandiosa ajuda e conselhos no decorrer do curso. Estaremos sempre juntas, mesmo com a distância amigas.

Ao meu amor Thiago, obrigado pela compreensão de minha ausência nas coletas e viagens, pelo incentivo para a formação deste título e por me ajudar a descobrir quem eu sou.

As minhas eternas amigas: Tereza e Tenile. Obrigado pelo carinho, atenção, companheirismo, pela ajuda no desenvolvimento desta dissertação, pelas horas de conversas e diversões, com também por compreender meus períodos de ausência. Panteras em ação!

As minhas amigas: Priscilla, Wanderlice, Ângela e lyz. Obrigada pelas conversas, alegrias, carinho e incentivo. Adoro vocês.

Aos meus colegas da Fitotecnia. Obrigado por me acolherem na sala de informática durante o período de pesquisa e pelo companheirismo.

Aos alunos da turma de comportamento animal dos cursos de Zootecnia e Medicina Veterinária, e aos alunos da turma de ambiência do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, aprendi com vocês a minha vocação, espero que tenham aprendido um pouquinho comigo. Sucesso a todos.

A meu Tio Padre Luiz, por ter mostrado esse fascinante mundo das abelhas.

A Zuleide, minha segunda mãe e amiga. Muito obrigada Zula!

A Joaquim, meu fiel companheiro.

A CAPES, pela bolsa de estudo concedida no período de outubro de 2008 a março de 2009.

Enfim, a todos. De alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. Agradeço!

“Se as abelhas desaparecessem da face da terra,
a Humanidade teria apenas mais quatro anos de vida”.

(Albert Einstein)

TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE CORPÓREA E PERDA DE CALOR POR CONVECÇÃO EM ABELHAS (*apis mellifera*) EM UMA REGIÃO SEMI-ÁRIDA.

CARVALHO; M. D. F. **Temperatura de superfície corpórea e perda de calor por convecção em abelhas (*Apis mellifera*) em uma Região Semi-Árida.** 2009. 47f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – RN, Brasil.

RESUMO: Abelhas criadas em uma região semi-árida foram observadas com o objetivo de determinar qual a temperatura da superfície corpórea do individuo em diferentes lugares, além da sua perda de calor por convecção. A temperatura da superfície corporal foi medida com micro-termopar tipo T tocando em três diferentes regiões do corpo (cabeça, tórax e abdome) da abelha, sendo estas coletadas em quatro diferentes lugares: dentro da colméia, no alvado, forrageando e no bebedouro. Para a medição da temperatura da superfície corpórea, as abelhas tinham as asas presas pelo dedo polegar e indicador por alguns segundos e logo após eram soltas, sem causar nenhuma injúria ao animal. Ao mesmo tempo era feitas as medições das variáveis climáticas. A transferência de calor por convecção foi estimada aplicando-se a teoria da convecção em cilindros horizontais. Os resultados mostraram que houve diferença de temperatura de superfície entre as partes do corpo e nos diferentes lugares. O tórax apresentou a parte mais quente do corpo, seguido da cabeça e abdômen. A abelha no alvado apresentou a maior temperatura de superfície do tórax (36,6°C). Já, no bebedouro a temperatura de superfície foi a mais baixa em todas as partes do corpo. Provavelmente por apresentarem quase sempre a superfície do corpo molhada, se não, na hora da medição a abelha regurgitava a água ingerida no seu próprio corpo. Quando a abelha se encontrava dentro da colméia e no alvado a perda de calor por convecção aumentou de 0 a 7,5 W m^{-2} com o aumento no gradiente de temperatura de 0 a 10ºC, mas quando o vento foi de 1,0 m s^{-1} a perda de calor por convecção aumentou de 0 a 27,5 W m^{-2}. Quando a abelha estava no interior da colméia e o globo negro apresentou uma temperatura de 43°C, a temperatura de superfície corpórea desta foi de 46°C, mas quando a temperatura de globo negro aumentou 6°C, a temperatura de superfície corporal da abelha baixou 3°C. Estes resultados explicam claramente que as abelhas em uma região semi-árida como indivíduo ou em colônia possuem mecanismos fisiológicos e comportamentais para regular sua temperatura corporal. E que as variações climáticas do meio ambiente são determinantes para o seu comportamento termorregulatório.

Palavras-chave: Termorregulação, Abelhas Africanizadas, Variáveis climáticas, Semi-Árido Nordestino.

BODY SURFACE TEMPERATURE AND HEAT LOSS BY CONVECTION IN HONEYBEES (*Apis mellifera*) IN A SEMI-ARID REGION

CARVALHO; M. D. F. **Body surface temperature and heat loss by convection in honeybees (*Apis mellifera*) in a Semi-Arid Region.** 2009. 47p. Master of Animal Science – Federal Agricultural University of the Semi-Arid Region, Mossoró- RN, Brazil.

SUMMARY: Honeybees managed in semi-arid region were observed with the objective to determine the individual body surface temperature in different places, as well the heat loss by convection. The body surface temperature was measured with micro thermocouple type T touching in three different body region (the head, thorax and abdomen), its collected from four different places (beehive, hive entrance, foraging and watering place) in which they was arrested by the wings between thumb and forefinger for a few seconds, without causing any injury to the animal. The same time was made measurements of climatic variables. The convective heat transfer was estimated by the theory of convection from a horizontal cylinder. The results showed that had different among temperature surface in parts of the body and in different places. The thorax showed the hottest part of the body, then the head and abdomen was the coldest. In hive entrance the bee had the highest thorax temperature (36.6°C) due the shivering caused for flight muscles. Already, in watering place the surface temperature was the lowest in all parts of the body probably because almost always the body surface had wet by water, if not, at the time of measuring the bee regurgitated the liquid ingest in your body. When the bee was in beehive and in hive entrance (in conditions of low wind) the heat loss by convection increases from 0 to 7.5 W m^{-2} while increase in the gradient temperature from 0 to 10ºC, but when the wind was 1.0 ms^{-1} the heat loss by convection increases from 0 to 27.5 W cm^{-2}. In bee hive when the black globe showed a temperature of 43°C, the body surface temperature of bee was 46°C, but when the black globe temperature increased 6°C, the body surface temperature lowered 3°C. These results clearly explain that the bee in a semi-arid region in individual or society has physiological and behavioral mechanisms to regulate their body temperature, but more studies are requires know the most efficient thermoregulatory processes. And climatic variations of the environment are crucially to their thermoregulatory behavior.

Keywords: Thermoregulation, Body surface temperature, Convection, Honeybee, Semi-arid Region.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Quadrado médio da temperatura da superfície corporal em abelhas (*Apis mellifera*).....31

TABELA 2- Média estimada por quadrados mínimos da temperatura da superfície corpórea (t_S; °C) em abelhas (*Apis mellifera*), de acordo com os locais de amostra e as partes da superfície do corpo. E médias da Temperatura do ar (t_A, °C), umidade relativa (U_R, %), temperatura do globo negro (t_G, °C), temperatura radiante média ($\overline{T}_{RM}$,°K) e carga térmica radiante (*CTR*, W m^{-2}), de acordo com os locais de amostra.....33

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Médias de Temperatura do Globo Negro (t_G, °C) e Umidade Relativa (U_R, %) em função da Temperatura do Ar (t_A,°C), durante o período de novembro de 2007 a março de 2008, em uma região semi-árida.....34

FIGURA 2- Médias da temperatura da superfície corporal de abelhas estimadas por quadrados mínimos com a interação entre as três regiões do corpo (---- Tórax, ····· Cabeça e — Abdômen) e os diferentes lugares de amostra (Alvado, Colméia, Forrageando e Bebedouro). Letras pequenas na mesma linha e letras maiúsculas na mesma coluna iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (P>0.05).....36

FIGURA 3- Média da temperatura da superfície corpórea de abelhas (*Apis* mellifera) no alvado (□) e dentro da colméia (●) em função da temperatura do globo negro (t_G).....37

FIGURA 4- Convecção em diferentes lugares em função do gradiente de temperatura (t_S –t_A) em abelhas manejadas numa região semi-árida, sendo t_S (ºC) a temperatura da superfície corporal e t_A (ºC) a temperatura do ar.....39

FIGURA 5- Perda de calor por convecção (W m^{-2}), de acordo com três diferentes simulações de velocidades do vento em função do gradiente de temperatura (t_S-t_A) em abelhas manejadas em uma região semi-árida, sendo t_S (ºC) a temperatura da superfície corporal e t_A (ºC) a temperatura do ar.....40

LISTA DE SIMBOLOS

t_A = Temperatura do ar, °C

T_A = Temperatura do ar, K

t_G = Temperatura do globo negro, °C

T_G = Temperatura do globo negro, K

U_R = Umidade relativa do ar, %

V = Velocidade do vento, m s^{-1}

$\overline{T}_{RM}$ = Temperatura radiante média, K

ε_G = Emissividade do globo negro

σ = Constante de Stefan-Boltzmann, W m^{-2} K^{-4}

h_G = Coeficiente de convecção do globo negro, W m^{-2} K^{-1}

d_G = Diâmetro do globo negro, m

k = Condutividade térmica do ar, W m^{-1} K^{-1}

N_U = Número de Nusselt

R_e = Número de Reynolds

P_r = Número de Prandtl

G_r = Número de Grashof

ρ = Densidade do ar, g m^{-3}

ν = Viscosidade cinemática do ar, m s^{-1}

λ = Calor latente de vaporização da água, J g^{-1}

C_R = Fluxo de calor por convecção, W m^{-2}

t_S = Temperatura da superfície corpórea, °C

r_H = Resistência da camada limite a transferência de calor por convecção, s m^{-1}

c_p = Calor específico do ar, J m^{-3} K^{-1}

d_A = Diâmetro médio do animal, m

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....16

2 OBJETIVOS.....19
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....19
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....19

3 REVISÃO DE LITERATURA.....20
3.1 TERMORREGULAÇÃO.....20
3.2 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE CORPÓREA.....21
3.3 CONVECÇÃO.....24

4 MATERIAL E MÉTODOS.....26
4.1 ANIMAIS.....26
4.2 DADOS METEOROLÓGICOS.....27
4.3 CONVECÇÃO.....28
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....30

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....31

6 CONCLUSÕES.....41

REFERÊNCIAS.....42

ANEXOS.....45

1 INTRODUÇÃO

Os artrópodes constituem aproximadamente 80% do reino animal e dentro desse filo a classe insecta é a mais numerosa e a mais difundida. Os insetos, pela sua grande diversidade adaptativa podem ser encontrados em quase todos os ambientes do planeta. Constituindo um grupo de animais de grande êxito e importância ecológica, como agente de polinização, vetores de doenças, pragas na agricultura, parasitismo, produção de alimentos entre outras.

Há três séculos, pesquisadores vêm estudando a medição da temperatura corporal dos insetos, pela importância deste grupo de animais para o estudo dos problemas da temperatura na adaptação evolutiva. Contudo um grande progresso nos estudos sobre termorregulação em insetos veio a se ter, somente quando os pesquisadores fizeram um “empréstimo” dos conceitos já desenvolvidos com vertebrados. No entanto, ainda há muito a ser estudado, devido à grande variedade de insetos e das diferentes formas de examinar os fenômenos no controle da temperatura corporal (HEINRICH, 1981).

O grupo de insetos melhor estudados da atualidade é o dos insetos sociais, devido principalmente ao seu papel ecológico. Dentre os insetos sociais se destacam as abelhas por possuir uma das mais complexas organizações sociais, sendo a abelha *Apis mellifera* a mais conhecida e estudada nos últimos séculos (KRONENBERG ; HELLER, 1982)

A criação desta abelha é uma atividade de grande importância na nossa sociedade, não apenas para a produção de mel e outros subprodutos, mas também para a manutenção da vida vegetal por meio da polinização, contribuindo consideravelmente no aumento da produtividade agrícola.

A abelha é considerada um animal heterotérmico com a sua temperatura corporal apresentada próxima a temperatura ambiente, mas também durante algumas atividades elas são capazes de regular a sua temperatura corporal acima ou abaixo da temperatura ambiente.

Apesar dos vários anos de estudos com as abelhas *Apis mellifera*, pouco se sabe realmente como é que as abelhas termorregulam com o meio ambiente. A maioria dos estudos sobre termorregulação de abelhas desta espécie foram realizados sob condições artificiais em câmaras climáticas, nas quais a temperatura do ar, umidade, radiação e vento eram facilmente controlados, e principalmente a abelha se privava de exercer seus comportamentos naturais. Entretanto, o ambiente natural onde estes insetos vivem normalmente, os fatores climáticos modificam-se continuamente e podem causar alterações

significativamente no comportamento do animal com também na sua termorregulação. Como também as estruturas internas do ninho, e/ou o local onde ele esteja alojado, podem também proporcionar isolamento térmico das abelhas e da colônia como um todo (HEINRICH, 1981, 1993).

A atividade de vôo das abelhas é influenciada tanto por condições internas da colônia como pelas condições ambientais. A temperatura, a umidade relativa, a intensidade luminosa, a chuva e a velocidade do vento, são fatores que podem influenciar a atividade de vôo das abelhas. Além destes, é preciso considerar fatores bióticos, como a influência do tamanho da própria colônia, disponibilidade e características das fontes de alimento e a eficaz comunicação entre os indivíduos promovida principalmente por feromônios (ROBERTS ; HARRISON, 1998, 1999).

O comportamento termorregulatório propiciou as abelhas da espécie *Apis mellifera* o seu alto grau de organização social e a conquista de ambientes com grandes diversidades climáticas. E para estas abelhas estarem adaptadas a ambientes diversos, elas são detentoras de mecanismos termorregulatórios eficazes as grandes variações climáticas durante todo o ano, tendo a capacidade de dissipar o excesso de calor através da evaporação, radiação e convecção (CHURCH, 1959).

O Brasil, hoje, é reconhecido no cenário apícola mundial pelo domínio da metodologia de controle e manejo das abelhas africanizadas. A grande diversidade de floradas naturais e silvestres dá ao Brasil uma grande vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes, em razão ao elevado potencial de produção de mel orgânico (o mais desejado para exportação). Pelos números do IBGE, em 2007 o Brasil ocupou a posição de 12° produtor mundial de mel com 34,7 mil toneladas/ano. Com relação ao valor da produção no País, a Região Nordeste é o segundo maior produtor de mel com 31,58% da produção total nacional, porém essa produção é baseada principalmente em pequenos produtores, com poucos conhecimentos e poucos recursos tecnológicos, isolados em áreas pouco desenvolvidas, contribuindo para a manutenção da produtividade por colméia em níveis muito baixos em comparação com as médias de outros países (PAULA, 2008).

No Semi-árido Nordestino, e especialmente durante o dia, a temperatura ambiente pode ser muito maior que a temperatura da superfície corporal da abelha, e a convecção e a radiação podem ser mecanismos de ganho e não de perda de calor. Por estas razões, o presente estudo compara a temperatura da superfície corpórea das três partes do corpo

(cabeça, tórax e abdômen) de abelhas (*Apis mellifera*) em diferentes lugares (dentro da colméia, no alvado, no bebedouro e forrageando) e sua perda de calor por convecção.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho tem como objetivo de estimar a temperatura da superfície corpórea e a perda de calor por convecção em abelhas melíferas manejadas no Semi-árido Nordestino.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar a temperatura da superfície corpórea individual de abelhas em ambiente natural;

- Verificar a existência de diferença de temperatura entre as três partes do corpo: cabeça, tórax e abdômen;

- Verificar a existência de diferença entre as temperaturas das partes do corpo em diferentes lugares de coleta (dentro da colméia, alvado, bebedouro e forrageando);

- Determinar a perda de calor corporal por convecção.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 TERMORREGULAÇÃO

A termorregulação dos insetos propiciou o desenvolvimento social e a conquista a diversos ambientes (como desertos, florestas tropicais, Ártico), e a conseqüente polinização de plantas e o sucesso das espécies vegetais. Esta termorregulação tem sido objetos de investigação há muitos anos (HEINRICH, 1993). Nos insetos, podem ocorrer diversos mecanismos de termorregulação, que incluem mecanismos comportamentais (como ajustes posturais no vôo, posicionamento no solo e controle de fluxo de calor dentro de colônias), anatômicos (abundância e distribuição de pelos) e fisiológicos (como controle de perda de calor e produção metabólica de calor). Além de fatores endógenos, outros fatores influenciam a termorregulação, tais como a pilosidade, a cor, o tamanho corpóreo, tipo de nidificação, entre outros. Embora não se conheça em detalhe de onde vem o aumento endotérmico da temperatura corpórea acima da temperatura ambiente, acredita-se que este seja produzido pelos músculos torácicos de vôo (HEINRICH, 1980a, 1993; ROBERTS ; HARRISON, 1998)

A termogênese em insetos, obtida fisiologicamente, ocorre durante diversos tipos de atividades, como vôo, corrida, canto, aquecimento pré-vôo, atividades sociais, defesa contra predadores, incubação da cria, forrageamento, entre outras. A diferença entre a fisiologia e o comportamento termorregulatório é difícil por que muitos insetos podem ser endotérmicos ou ectotérmicos, dependendo das circunstancias do ambiente, a capacidade de controlar as rotas metabólicas de produção de calor pode ser conseqüentemente um adicional importante para o balanço térmico (HEINRICH, 1981).

Segundo Grodzicki e Caputa (2005), as abelhas sociais exibem uma combinação de características interessantes: (1) como indivíduos separados da colônia elas são endotérmicas, durante períodos de atividade motora e ectotérmicas durante inatividade (HEINRICH, 1979a, b, 1980a, b, 1993; ROBERTS ; HARRISON, 1998, 1999; CRAILSHEIM et al., 1999); (2) elas cooperam para a manutenção da colônia mantendo a temperatura quase constante durante todo o ano (HEINRICH, 1980a, b; KRONENBERG ; HELLER, 1982; SOUTHWICH, 1982, 1983; GRODZIKI ; CAPUTA, 2005). A manutenção e controle da temperatura dentro da colônia são importantes para o sucesso do desenvolvimento da cria e também para a

sobrevivência de abelhas jovens e larvas, que são provavelmente “ectotérmicas”, dependendo diretamente da temperatura, umidade e a quantidade de oxigênio do ambiente.

O aspecto mais importante em abelhas sociais é a manutenção da homeostase no ninho, com o controle de variáveis como a umidade relativa e a temperatura colonial, principalmente para a manutenção e sobrevivência das crias. A capacidade de termorregulação colonial é atribuída, em parte, as características estruturais do próprio ninho (que garantem bom isolamento térmico), como também a ocorrência da própria endotermia do inseto individualmente. Em outras situações, as abelhas seriam ectotérmicas (sendo assim, insetos endotermos heterotermos) (HEINRICH, 1981, 1993; KOVAC ; SCHMARANZE, 1996).

A abelha *Apis mellifera*, é o inseto mais atípico em vôo. Podendo suportar grandes variações de temperatura durante todo o ano, tendo como mecanismo de sobrevivência da colônia, a capacidade de se refugiar dentro do ninho, durante o período de inverno e verão, onde estocam alimento para todo o ano (HEINRICH, 1981; HARRISON, 1987). A vida em sociedade também contribui para a termorregulação individual da abelha, onde esta pode se aquecer ao agrupar-se com as outras abelhas da colônia.

Em baixas temperaturas as abelhas se aquecem por meio da vibração dos músculos do vôo, podendo não somente ser realizado para o aquecimento pré-vôo. Kleinhenz e colaboradores (2003) perceberam que as abelhas fazem a vibração dos músculos também dentro da colméia, para o aquecimento interno do ninho e individualmente das larvas e pupas em desenvolvimento. Durante temperatura ambiente alta, as abelhas precisam perder o calor ganho durante o vôo, para isso ocorrem os mecanismos de resfriamento corporal: como evaporação, radiação e convecção; que ainda não se sabe direito como eles ocorrem em abelhas a campo, visto que até o momento os trabalhos realizados com abelhas foram em câmaras térmicas.

3.2 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE CORPÓREA

Há termorregulação fisiológica nos insetos particularmente em algumas espécies (abelhas, mariposas, gafanhotos, libélulas, etc.), tem uma gama restrita de temperaturas corporais dentro das quais o vôo é possível. Normalmente, quando descansando ou andando devagar, a temperatura corporal se aproxima de temperatura do ar, não sendo sempre

adequada para o vôo. Estes insetos, entretanto, são habilitados na elevação de sua temperatura corporal pela rápida geração de calor metabólico dentro da musculatura das asas, não necessariamente envolvidas no seu movimento de vibração muscular. Isto gera posteriormente o calor suficiente para o vôo (HEINRICH,1979a).

As abelhas *Apis mellifera* consegue voar com uma variação de temperatura do ar abaixo de 15°C, como também acima de 40°C. Além disso, elas também apresentam durante o vôo a temperatura da superfície corpórea não distribuída uniformemente entre as três partes do corpo (cabeça, tórax e abdômen) (HARRISON, 1987).

Diversos autores (HARRISON, 1987; HEINRICH,1979a,b, 1980a,b,1993; ROBERTS ; HARRISON, 1998, 1999; KOVAC ; SCHMARANZE, 1996) encontraram a temperatura de superfície do tórax superior que as outras partes do corpo, e justificam este fato, por possuírem nessa região os músculos do vôo, responsáveis pelo aquecimento interno corporal. Portanto, quando em atividade individual ou fora da colméia a abelha é capaz de manter a temperatura do tórax mais elevada e em uma vasta variedade de temperatura do ar.

Durante vôos contínuos, as abelhas mantêm a temperatura do tórax em uma média de 15 ºC acima da temperatura ambiente a 15 ºC e 25ºC, e a temperatura torácica durante o vôo contínuo foi regular somente numa temperatura ambiente acima de 25ºC. Contudo, a temperatura torácica em abelhas é independente da temperatura ambiente, indicando a termorregulação, durante o forrageamento, ataque, a saída e o retorno à colméia numa temperatura abaixo de 7ºC e acima de 25 ºC (HEINRICH, 1980b).

Pacheco e Kerr (1989) encontraram os seguintes resultados: abelhas entrando na colméia apresentaram a temperatura da cabeça 1ºC abaixo da do tórax, operárias saindo da colméia tiveram temperaturas do tórax 34,3 ºC e as operárias dentro da colméia apresentaram temperatura da cabeça 31,8ºC e do abdômen 31,4ºC estatisticamente iguais, porém ambas menores 1,6 ºC que a do tórax. Este fato foi atribuído à temperatura ambiente muito constante (28 ºC a 31 ºC).

Abelhas forrageando no deserto, com temperatura ambiente abaixo de 40°C, a temperatura corpórea da parte da cabeça e do tórax da abelha quando chegava e saiam do local foi mantida abaixo da temperatura ambiente, enquanto que a temperatura do abdômen de abelhas chegando ao local foi quase sempre muito próxima da temperatura ambiente. E o abdômen foi considerado a parte do corpo que possuiu uma maior amplitude de variação de temperatura (COOPER et al.,1985).

Em um experimento realizado com abelhas (*Apis mellifera*) em um bebedouro a uma temperatura do ar variando de 20,9°C a 27,2°C, a cabeça e o abdomen foram somente 3°C a 2°C acima da temperatura ambiente. E a temperatura do tórax de abelhas coletando água foi similar da encontrada em abelhas bebendo uma solução de sacarose. Porém, quando ocorria um aumento de 0,25ml para 1 ml de solução de sacarose, houve também o aumento na temperatura do tórax (SCHMARANZER, 2000).

A termorregulação do tórax é essencial para as abelhas alcançarem as taxas de produção de energia proveniente dos músculos de vôo. Algumas abelhas, mariposas e outros insetos endotérmicos, mantiveram a temperatura do tórax ente 46-48°C muito próxima da temperatura letal do corpo, isto ocorreu quando a temperatura do ar foi de 40-47°C. Em vôo contínuo numa temperatura do ar alta não seria possível sem antes a abelha possuíssem uma capacidade de dissipar o calor interno através de mecanismos comportamentais e fisiológicos de resfriamento (CHRUCH, 1959; COOPER et al, 1985; HEINRICH, 1993).

A abelha (*Apis mellifera carnica*) utiliza tanto a fisiologia como o comportamento para aquecer a região da área de ninho da colméia. O calor produzido pelo tiritar dos músculos do tórax, e este em contato direto com a célula operculada (contendo pupas) ou a abelha entrando em alvéolos vazios, promove um aumento na temperatura do tórax e conseqüentemente o calor produzido é transferido por condução para os alvéolos, ocorrendo assim o aquecimento da cria (KLEINHENZ et al., 2003).

Sabe-se que a capacidade das abelhas de aumentar a produção interna de calor através do tiritar dos músculos do vôo, promovendo um aumento na sua temperatura de superfície corpórea principalmente na região do tórax. Esse calor que foi produzido mantém-se aprisionado em sacos de ar dentro desta região isolado das outras partes, possuindo este ar uma temperatura bem acima da temperatura do ar externo. Todavia, estes mecanismos podem vir a ser um problema no vôo de insetos devido ao superaquecimento. Algumas abelhas simplesmente cessam de voar e vão para a sombra. Para evitar isto, elas bombeiam o sangue do tórax para o abdômen e cabeça, distribuindo assim, o calor acumulado proveniente da ingestão, pelo aumento da área a perdendo por convecção e radiação. (ROBERTS ; HARRISON, 1999; SCHMARANZER, 2000). Sendo assim, restando à região da cabeça e do abdômen as partes mais “frias” do corpo do animal.

Roberts e Harrison (1998), afirmam que quanto maior a temperatura ambiente, maior é o processo de transferência de calor do tórax principalmente para o abdômen, sendo

considerado o abdômen uma válvula de escape para o excesso de calor endógeno e um dos mecanismos de se evitar o superaquecimento da região do tórax.

3.3 CONVECÇÃO

A termorregulação é acompanhada pelo balanço de ganho e perda de calor via os mecanismos de convecção, evaporação, radiação e calor metabólico produzido. Para abelhas em vôo, Church (1959) afirma que a perda de calor por evaporação não se mostrou o melhor meio, como também a radiação por ondas longas. Entretanto, a convecção pode ser o melhor mecanismo para perda de calor.

O mecanismo de convecção ocorre quando a temperatura do ambiente é inferior a temperatura da superfície do animal processando-se uma perda de calor do corpo para o ar. Inicialmente, verifica-se um fluxo de calor por condução do animal para a camada limite (adjacente à sua superfície). À medida que isto vai ocorrendo, a transferência de calor da pele para o ar vai se amortecendo, ou seja: o a que está em contato com a superfície corpórea do animal se aquece, de modo a ficar com a temperatura da pele. Se o ar aquecido pela pele for removido por uma corrente de ar, estabelece-se com o ar do ambiente uma corrente de convecção; a velocidade da convecção aumentará e a temperatura do corpo diminuirá gradativamente.

Convém repetir que se a temperatura do ar for inferior à da temperatura da superfície da pele, haverá uma transferência de calor por condução e convecção para o ar. Se, entretanto, a temperatura do ar for sensivelmente maior que a da pele, o calor do corpo sofrerá um aumento por efeito da convecção.

A determinação do coeficiente de transmissão de calor por convecção depende de inúmeros fatores, dentre os quais podem ser citados:

- natureza do corpo;
- velocidade do ar;
- geometria da superfície do corpo;
- características da camada limite;
- se a convecção é natural ou forçada;
- da direção de deslocamento do ar.

Lactin e Johnson (1998), afirmam que os trabalhos realizados com convecção em insetos são contraditórios com relação à influência da direção do vento em insetos, a direção do vento pode ser ignorada quando calculamos as rotas de perda de calor por convecção em ninfas de gafanhotos, porém outro realizado com borboletas, afirma que o resfriamento por convecção ocorre quando o animal se encontra perpendicular à direção do vento. Porém, quando a velocidade do vento aumenta ocorre um aumento na perda de calor por convecção.

A perda de calor por convecção pode variar de acordo com a velocidade do vento sobre as abelhas, ou pela alteração na distribuição de calor vindo da abelha. Se a temperatura do ar estiver abaixo da temperatura corporal, o calor será perdido por convecção através do calor proveniente da superfície corpórea (ROBERTS ; HARRISON, 1998). Então, abelhas voando mais rapidamente, em altas temperaturas ambientes, seria um mecanismo de aumentar a perda de calor através da convecção.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ANIMAIS

Foi escolhida a Abelha Africanizada (*Apis mellifera*) por causa da grande quantidade de apiários produtores de mel de abelha desta espécie, devido à importância econômica para a região. O apiário escolhido para a coleta dos dados foi o da Fazenda Experimental "Rafael Fernandes" (Anexo A) pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), situado no distrito de Alagoinha, município de Mossoró/RN, com as coordenadas: latitude 5°11'S, longitude 37°20'W e altitude de 18m.

As colméias utilizadas para o estudo tinham aproximadamente a mesma densidade populacional de abelhas e as que se apresentavam menos agressiva.

As coletas eram realizadas no ambiente natural, nos horário entre 07:00 às 17:00 horas. Não se tinha um horário fixo, pois dependia das atividades das abelhas e das condições climáticas.

Duzentos e trinta e sete (237) abelhas foram utilizadas entre o período de novembro de 2007 a março de 2008 e setecentos e nove (709) registros de temperatura de superfície corpórea. As abelhas eram coletadas em quatro diferentes lugares de atividade: no alvado, dentro da colméia, forrageando e no bebedouro.

As abelhas que foram coletadas no alvado da colméia foram escolhidas as que apresentavam intensa movimentação das asas. Já, dentro da colméia, as abelhas eram contidas quando estava parada sobre o quadro de ninho, na região central da colméia.

No período das coletas as abelhas apresentaram um grande interesse pelo forrageamento nas flores de um plantio de mamona (*Ricinus communis*) próximo ao apiário de pesquisa, e elas eram "pegas" quando estavam sobre as flores, coletando pólen ou néctar (Anexo B). E o bebedouro das abelhas era a caixa d'água da fazenda e estas foram coletadas quando pareciam ingeri água (Anexo C).

A temperatura da superfície corpórea (Ts, °C) foi medida utilizando um micro termopar tipo T (1mm de diâmetro e precisão de 0,3 °C) e para isto a técnica de contenção das abelhas (Anexo D) teria que ser rápida para não alterar a temperatura corporal da abelhas e que ao mesmo tempo não poderia haver danos físicos no mesmo. Para atender a essa necessidade, a contenção utilizada foi a de segurar rapidamente a abelha presa pelas asas com

o dedo polegar e indicador do apicultor, e rapidamente era aferida a temperatura da superfície das três partes do corpo da abelha: cabeça (entre os olhos); tórax e abdômen (região ventral).

4.2 DADOS METEOROLÓGICOS

A temperatura do globo negro (t_G, °C), umidade relativa (U_R, %), temperatura do ar (t_A, °C) e velocidade do vento (V, m s^{-1}) foram medidas próximo ao local de coleta das abelhas. A temperatura do globo negro foi medida com um Termopar (S-03K) inserido no globo negro (esfera oca de chapa de cobre, com 0,15 m de diâmetro e pintada de preto fosco). A umidade relativa e temperatura do ar foram medidas com termo-higrômetro (HT-300), enquanto que a velocidade do ar foi medida com o termo-anemômetro (ALNOR APM 360).

A temperatura radiante média ($\overline{T}_{RM}$,K) foi estimada a partir da temperatura do ar, velocidade do vento e da temperatura do globo negro (esfera oca de chapa de cobre, com 0,15 m de diâmetro e pintada de preto fosco), medida com a ponta de prova de um termômetro de infravermelho inserida no centro do globo. A $\overline{T}_{RM}$ foi estimada utilizando a equação proposta por Silva (2000).

$$\overline{\mathrm{T}}_{\mathrm{RM}} = \left[\frac{h_G(\mathrm{T_G} - \mathrm{T_A}) + \varepsilon_G \sigma \mathrm{T}_G^4}{\varepsilon_G \sigma} \right]^{\frac{1}{4}} \qquad (1)$$

onde ε_G = 0,95 é a emissividade do globo negro, T_G (K) é a temperatura do globo negro, T_A (K) é a temperatura do ar, σ = 5,67051x10^{-8} W m^{-2} K^{-4} é a constante de Stefan-Boltzman e h_G (W m^{-2} K^{-1}) é o coeficiente de convecção do globo negro;

$$h_G = kN_U \mathrm{d}_\mathrm{G}^{-1} \qquad (2)$$

onde d_G (0,15 m) é o diâmetro do Globo Negro, k (W m^{-1} K^{-1}) é a condutividade térmica do ar e oN_U é o número de Nusselt. A equação do número de Nusselt para convecção livre, forçada ou mista, dependerá do número de Reynolds (R_e), Prandtl (P_r) e o de Grashof (G_r) dado por:

$$R_e = \mathrm{V}\mathrm{d}_\mathrm{G}\nu^{-1} \tag{3}$$

$$P_r = \rho c_p \nu k^{-1} \tag{4}$$

$$G_r = g\mathrm{d}_\mathrm{G}^3 \nu^{-2} \mathrm{T}_\mathrm{A}^{-1}(\mathrm{T}_\mathrm{G} - \mathrm{T}_\mathrm{A}) \tag{5}$$

onde V (m s^{-1}) é a velocidade do vento próxima ao globo negro. A relação $G_rR_e^{-2}$ foi usada para especificar se a convecção era livre ($G_rR_e^{-2}>3$), forçada ($G_rR_e^{-2}\leq 0{,}08$) ou mista ($0{,}08<G_rR_e^{-2}\leq 3$), conforme Chapman (1987).

As propriedades físicas da atmosfera, densidade, condutividade térmica, e a viscosidade cinemática (ρ, k, e ν) além do calor latente de vaporização da água (λ) foram obtidas a partir das seguintes relações:

$$\rho = \left[3481{,}9648(101{,}325e^{-\frac{zg}{287\mathrm{T}_\mathrm{A}}})\right]\mathrm{T}_\mathrm{A}^{-1} \quad g\ m^{-3} \tag{6}$$

$$k = \rho c_p[1{,}888x10^{-5} + 1{,}324x10^{-7}\,\mathrm{t}_\mathrm{A}] \quad W\ m^{-1}\ K^{-1} \tag{7}$$

$$\nu = 1{,}3291x10^{-5} + 9{,}0x10^{-8}\,\mathrm{t}_\mathrm{A} \quad m\ s^{-1} \tag{8}$$

$$\lambda = 2500{,}7879 - 2{,}3737t_A \quad J\ g^{-1} \tag{9}$$

4.3 CONVECÇÃO

A taxa do fluxo de calor por convecção (C_R, W m^{-2}) entre a superfície corpórea da abelha e sua vizinhança, foi descrita de acordo com a Lei de Fourier, utilizando a equação descrita a seguir:

$$\mathrm{C}_\mathrm{R} = \frac{\rho c_\mathrm{p}}{r_H}(t_S - t_A) \tag{10}$$

onde t_S e t_A (ºC) são a temperatura da superfície corporal e do ar, respectivamente, enquanto r_H (s m^{-1}) é a resistência da camada limite a transferência de calor por convecção;

$$r_H = \frac{\rho c_p d_A}{k N_U} \tag{11}$$

onde c_p (J m^{-3} K^{-1}) é o calor específico volumétrico do ar, e d_A (m) diâmetro médio corporal das abelhas, que depende da direção do vento no caso de convecção forçada, e k (W m^{-1} K^{-1}) é a condutividade térmica do ar. Caso a direção do vento fosse paralela ao eixo corporal, conseqüentemente d_A era o comprimento da abelha, desconsiderando a cabeça, porem se a direção do vento fosse perpendicular ao eixo corporal, então d_A era o diâmetro corporal que foi medido com o auxilio de um micrômetro (MITUTOUYO).

O número de Nusselt (N_U) nesse caso foi estimado considerando o corpo da abelha um cilindro horizontal, com 0,012m de comprimento e 0,0043m de diâmetro. E foi determinado usando os nímeros: Reynolds, Prandtl and Grashof, respectivamente;

$$R_e = V d_G \nu^{-1} \tag{12}$$

$$P_r = \rho c_p \nu k^{-1} \tag{13}$$

$$G_r = g d_G^3 \nu^{-2} T_A^{-1} (T_G - T_A) \tag{14}$$

onde V (m s^{-1}) é a velocidade do vento. A relação $G_r R_e^{-2}$ foi usada para especificar se a convecção era livre ($G_r R_e^{-2}$>3), forçada ($G_r R_e^{-2} \leq 0{,}08$) ou mista ($0{,}08 < G_r R_e^{-2} \leq 3$), conforme Chapman (1987). No caso da convecção forçada para cilindros horizontais o valor de N_U era calculado, conforme o valor de R_e;

se $1 \leq R_e < 40$ então $N_U = 0{,}75\ R_e^{0,4}\ P_r^{0,37}$

se $40 \leq R_e < 1000$ então $N_U = 0{,}51\ R_e^{0,5}\ P_r^{0,37}$

se $R_e \geq 2{,}0 \times 10^{-5}$ então $N_U = 0{,}076\ R_e^{0,7}\ P_r^{0,37}$

Para a convecção livre a equação era:

$$N_U = \left\{ 0{,}6 + 0{,}387\left(G_R P_R\right)^{\frac{1}{6}} \left[1 + (0{,}559 P_R^{-1})^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{-8}{27}} \right\}^2 \qquad (15)$$

E no caso da convecção mista o N_U foi calculado para ambos os tipos de convecção e, escolhido o maior valor, conforme Monteith e Unsworth, (1990).

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise de variância foi feita tendo como base no método dos quadrados mínimos (HARVERY, 1960) utilizado o programa “Statistical Analysis System” (SAS INSTITUTE, 1995), tendo como modelo:

$$Y_{ijkl} = u + l_i + a_{ji} + d_k + \varepsilon_{ijk} + r_l + i1_{jl} + \varepsilon_{ijkl} \qquad (16)$$

onde Y_{ijkl} foram as observações das medidas da temperatura corporal na i-ésima abelha; l é o efeito fixo do j-ésimo local (j=1,...,4); a é o efeito aleatório da i-ésima abelha coletada no j-ésimo local (j=1,…,4); d é o efeito fixo do k-ésimo dia de coleta (k=1,…,4); ε_{ijk} é o erro das parcelas; r é o efeito fixo da l-ésima partes da superfície do corpo (l=1,…,3); $i1$ é o efeito fixo da interação entre j-ésimo local com l-ésima partes da superfície do corpo; ε_{ijkl} é o erro aleatório e u é a média paramétrica.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura da superfície corporal em abelhas (*Apis mellifera*) apresentado em quadrados médios na Tabela 1 foi significativo (P> 0,01) no local de coletas das amostras, nos dias de coletas das amostras, nas três diferentes partes do corpo, e na interação local em que a abelha foi coletada com as três diferentes partes do corpo. Já o efeito da diferença da média da temperatura corporal de cada abelha em cada local de amostragem não ocorreu diferença significativa entre elas a 1% no Teste F.

Tabela 1. Quadrado médio da temperatura da superfície corporal em abelhas (*Apis mellifera*).

Efeito	GL	Q_m	Pr>F
Local	3	322,677	<0.0001
Abelha (Local)	76	9,62	0.38
Coleta	3	658,11	<0.0001
Abelha (Local)* Coleta	154	9,10	-
Partes do corpo	2	78,96	<0.0001
Local*Partes do corpo	6	5,21	<0.0001
Resíduo	464	0,63	-
CV= 2,34			
R^2 = 0,95			

A média estimada por quadrados mínimos, resultou em um efeito significativo (P<0,05) nas médias da temperatura da superfície corpórea (t_S; °C) nos locais onde as abelhas foram coletadas e entre as partes da superfície do corpo (Tabela 2).

A média da temperatura da superfície corpórea da abelha quando estava no alvado (35,64±0,13°C) foi superior a das abelhas dentro da colméia (34,49 ± 0,11°C) (Tabela 2). Uma possível explicação para isto é que as abelhas no alvado na maioria das vezes estão se preparando para o vôo, então elas ativam os músculos do vôo com tremores, produzindo energia (calor) e conseqüentemente aumentando a temperatura da superfície corpórea. Isso acontece quando as abelhas se preparam para realizarem atividades que necessitam do vôo, como o ataque a predadores (defesa da colônia), a coleta de alimentos (forrageio) e de água (no bebedouro).

Também foi observado na Tabela 2, quando as abelhas estão no alvado, elas realizam movimentos de bater das asas repetitivamente, porém sem levantar vôo, Kovac e Schmaranze

(1996), afirmam que isto acontece para o surgimento de correntes de ar para dentro da colméia ajudando na circulação interna da colméia.

Dentro da colméia, a média da temperatura da superfície corporal foi maior que quando as abelhas estavam forrageando ou no bebedouro, isso ocorre principalmente por que a colméia é considerada um ambiente independente da temperatura ambiente fora da colméia, pois elas são responsáveis pela manutenção da temperatura interna da colméia entre 32°C e 36°C, que é a faixa de temperatura adequada para o desenvolvimento da colônia (HEINRICH 1979a, 1993).

Existe também a comprovação da utilização da vibração dos músculos do vôo próximo ao ninho, para o aquecimento das larvas e pupas individualmente. A abelha aproxima o tórax e o abdômen sobre o opérculo das células e promovem o aquecimento por condução para os alvéolos de larvas e pupas (KLEINHENZ et al., 2003).

Já no lugar do forrageamento, as abelhas eram mais expostas aos efeitos do ambiente externo à colméia, como a velocidade do vento e a sombra da própria flor (CHURCH, 1959; COOPER et al., 1985; KOVAC ; SCHMARANZE 1996; HEINRICH, 1993; FARINA ; WAINSELBOIM, 2001), o que podem ter favorecido a uma diminuição na temperatura da superficial corpórea.

No bebedouro, algumas abelhas no momento que eram presas pelas asas regurgitavam a água ingerida ou já apresentava com a superfície ventral do corpo molhada, ocorrendo assim uma possível perda de calor por evaporação e sendo o local onde obteve a menor temperatura de superfície corporal. Comportamento também encontrado por Heinrich (1980a, b, 1981e 1993) e Schmaranzer (2000).

Pode ser também observado na Tabela 2, que a temperatura das três regiões do corpo da abelha não é homogeneamente distribuída, ou seja, apresentou diferenças significativas entre as partes, sendo a de maior temperatura o tórax (34,32 ± 0,10 ° C), depois a temperatura da cabeça (33,54 ± 0,10 ° C) e por ultimo o abdome (33,15 ± 0,10 ° C). Resultados semelhantes também foram observados por Kovac e Schmaranzer (1996) e Heinrich (1978 e 1979a, b), que explicam que isso ocorre porque os músculos do vôo estão localizados na região do tórax, bem como a distribuição do fluxo de hemolinfa do tórax para a cabeça e do contato anatômico entres as partes do corpo, consideram o abdômen a parte mais isolada.

Tabela 2. Média estimada por quadrados mínimos da temperatura da superfície corpórea (t_S; °C) em abelhas (*Apis mellifera*), de acordo com os locais de amostra e as partes da superfície do corpo. E médias da Temperatura do ar (t_A, °C), umidade relativa (U_R, %), temperatura do globo negro (t_G, °C), temperatura radiante média ($\overline{T}_{RM}$,K) e carga térmica radiante (*CTR*, W m^{-2}), de acordo com os locais de amostra.

	n[1]	t_S	t_A	U_R	t_G	$\overline{T}_{RM}$	*CTR*
Média	709	33.85 ±0.11	33.20	49,87	40.10	325.83	652.71
Locais							
Alvado	180	35.64[a] ±0.13	32.67	49.40	38.26	319.77	596.71
Colméia	231	34.49[b] ±0.11	33.75	47.59	40.61	328.03	661.32
Forrageando	118	32.68[c] ±0.22	30.71	58.12	35.78	322.46	619.76
Bebedouro	180	31.87[d] ±0.14	34.50	48.18	42.86	334.96	717.20
Partes do corpo							
Tórax	236	34.32[a] ±0.10					
Cabeça	237	33.54[b] ±0.10					
Abdomen	236	33.15[c] ±0.10					

[1]*Números de observações. Médias com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey P>0,05.*

A Figura 1 mostra a média dos resultados das variáveis climáticas (t_A, t_G e U_R) em uma região do semi-árido, no qual durante o período do experimento apresentou ser um local em que as médias da temperatura do globo negro aumentam em função do aumento da temperatura do ar, enquanto que a umidade relativa do ar diminui.

A Figura 2 mostra a interação das médias da temperatura de superfície corporal das diferentes regiões do corpo e dos diferentes lugares onde as abelhas foram coletadas. Onde a média da temperatura do tórax foi a mais elevada do que a região da cabeça e abdome, independente do lugar de amostra. No entanto, a analisar variância mostraram que esta interação não foi significativa a nível de 1% mas foi significativamente a nível de 5%. Este fato ocorreu quando a temperatura das diferentes partes do corpo no bebedouro foi muito próxima, mas o contrário aconteceu na colméia e no alvado.

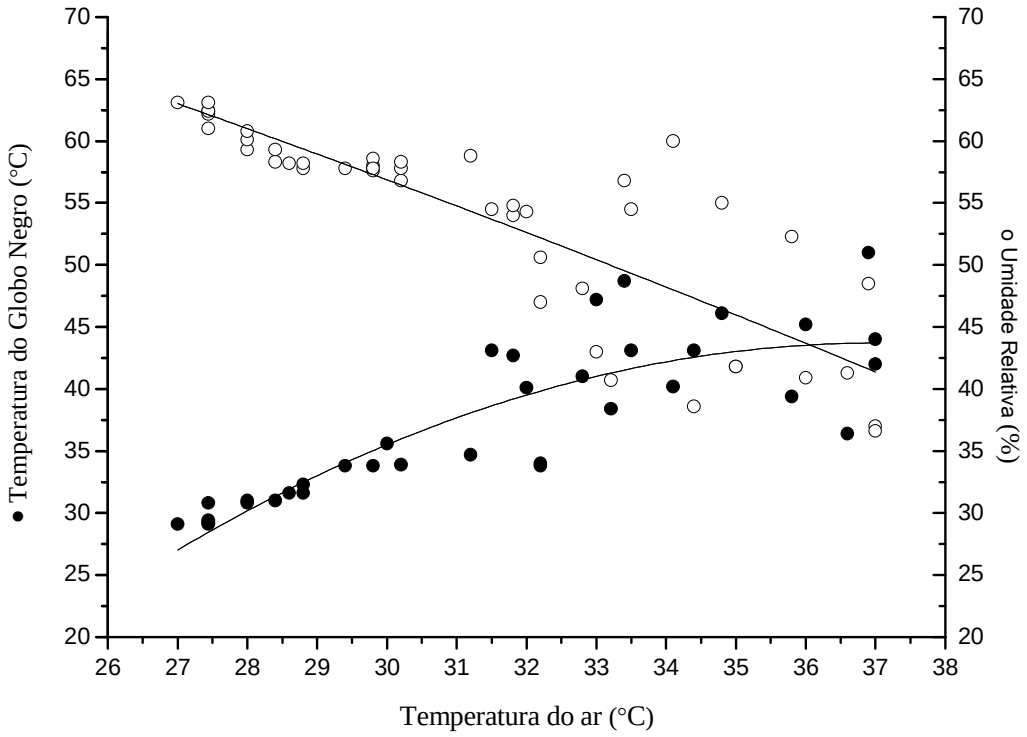

Figura 1. Médias de Temperatura do Globo Negro ($t_{G,}$ °C) e Umidade Relativa (U_R, %) em função da Temperatura do Ar (t_A,°C), durante o período de novembro de 2007 a março de 2008, em uma região semi-árida.

A abelha no alvado (Figura 2) não apresentou diferença entre as médias de temperatura do abdômen e da temperatura da cabeça, sendo a parte mais quente do corpo o tórax, tendo resultados similares encontrados quando a abelha estava no quadro de ninho da colméia. A explicação para o tórax ter sido a parte mais quente é devido aos tremores musculares que a abelha realiza para o aquecimento do ninho, como também para o aquecimento no pré-vôo (HEINRICH, 1993).

Foi observado que a abelha na colméia apresentou a temperatura do abdômen muito próxima da temperatura da cabeça, no trabalho realizado por Kleinhenz e colaboradores (2003), sobre como as abelhas africanas aquecem o ninho, eles explicam que isso ocorre porque as abelhas encostam o tórax e o abdômen no alvéolo operculado ou entra com o abdômen no alvéolo vazio e por condução faz o aquecimento dos ovos, larvas e pupas dos alvéolos vizinhos

No local do forrageamento (Figura 2) a temperatura do tórax (33,3°C) não diferiu da temperatura da cabeça (32,7°C), mas diferiu significativamente (P <0,05) da temperatura do abdômen (32,0°C), o resultado foi diferente dos outros lugares, talvez porque as abelhas estavam paradas sobre a flor, recolhendo pólen e néctar, onde pode ter sido notado que elas eram mais expostas ao vento, resultando numa maior perda de calor por convecção (sendo melhor observado na Figura 4). Outro comportamento observado, não se sabe ainda se proposital ou não, mas as abelhas ao coletar o alimento das flores, elas ficam protegidas pelas sobras feitas pelas pétalas, o que pode ter também contribuído por estes resultados.

Já no bebedouro, na Figura 2 a maioria das abelhas já se apresentava molhada ou durante a medição a abelha regurgitava o líquido ingerido (molhando o corpo), obtendo assim não diferença de temperatura entre as partes do corpo. O trabalho realizado pelo Schmaranzer (2000) mostrou resultados diferentes entre as partes do corpo de abelhas no bebedouro, isto pode ser explicado pelo fato de que a temperatura do ar na hora das coletas variava de 13,6°C a 27,2°C, muito diferente da que foi encontrada por este trabalho, onde a temperatura do ar na hora das coletas no bebedouro variou de 30,0°C a 35,8°C.

As coletas no bebedouro eram realizadas nos horários em que as abelhas mais freqüentavam o bebedouro, onde foi considerado sendo as horas mais quentes do dia, compreendo o horário das 11:00 as 14:00 horas. O que leva a crer que a procura maior por água pelas campeiras neste horário é devido ao comportamento do resfriamento no interior da colméia, no qual estas coletam água e depois regurgitam no interior da colméia sendo vaporizada e criada uma atmosfera úmida ou esta água ingerida pelas campeiras é passada por trofalaxia para as abelhas mais novas (nutrizes) e estas também serem refrescadas (pois as abelhas nutrizes ainda não possuem os músculos de vôo desenvolvidos) (FARINA ; WAINSENLBOIM, 2001).

O comportamento esporádico observado de a abelha regurgitar o líquido ingerido sobre o seu próprio corpo foi observado quando a temperatura do ambiente se apresentava muito alta. Quando correlacionamos com a Figura 1 na qual mostra a diminuição da umidade relativa do ar quando ocorre o aumento da temperatura do ar, isto faz com que esses fatores favoreçam o mecanismo de evaporação. Podendo ser justificado a hipótese de que este comportamento pode ser uma forma individual da abelha de perder calor corporal por evaporação.

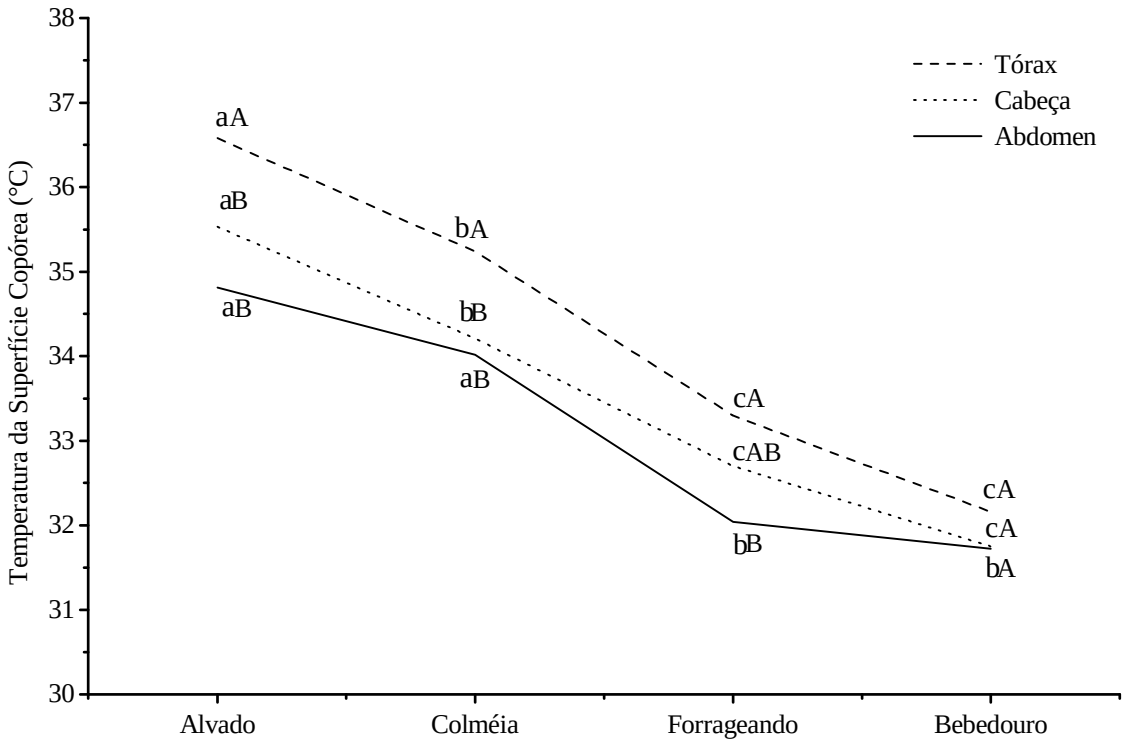

Figura 2. Médias da temperatura da superfície corporal de abelhas estimadas por quadrados mínimos com a interação entre as três regiões do corpo (---- Tórax, ····· Cabeça e — Abdômen) e os diferentes lugares de amostra (Alvado, Colméia, Forrageando e Bebedouro). Letras pequenas na mesma linha e letras maiúsculas na mesma coluna iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (P>0.05).

As abelhas no alvado e dentro da colméia, obtiveram uma média de temperatura da superfície corpórea em função da temperatura do globo negro na Figura 3 apresentando uma equação polinomial. E quando a temperatura do globo negro apresentou a máxima de 51°C, a média temperatura da superfície corporal na colméia, foi de 37°C, ou seja, 14°C abaixo da sensação térmica no ambiente externo, sendo assim, claramente mostrado que a abelha dentro da colméia apresenta uma temperatura corpórea independente da temperatura do ambiente externo à colméia, possuindo a colméia o seu próprio micro-clima.

Na Figura 3 quando a abelha estava no alvado e a temperatura do globo negro era de 43°C, a temperatura de superfície corporal da abelha foi de 46°C, porém quando a temperatura de globo negro aumentou 6°C, a média da temperatura da superfície corporal baixou 3°C. Este resultado mostra claramente que a abelha como individuo tem os seus próprios mecanismos fisiológicos e ou comportamentais para regular sua temperatura corporal (GRODZICK ; CAPUTA, 2005; KOVAC ; SCHMARANZER, 1996; HEINRICH, 1978, 1979a, 1979b; HARRISON, 1987).

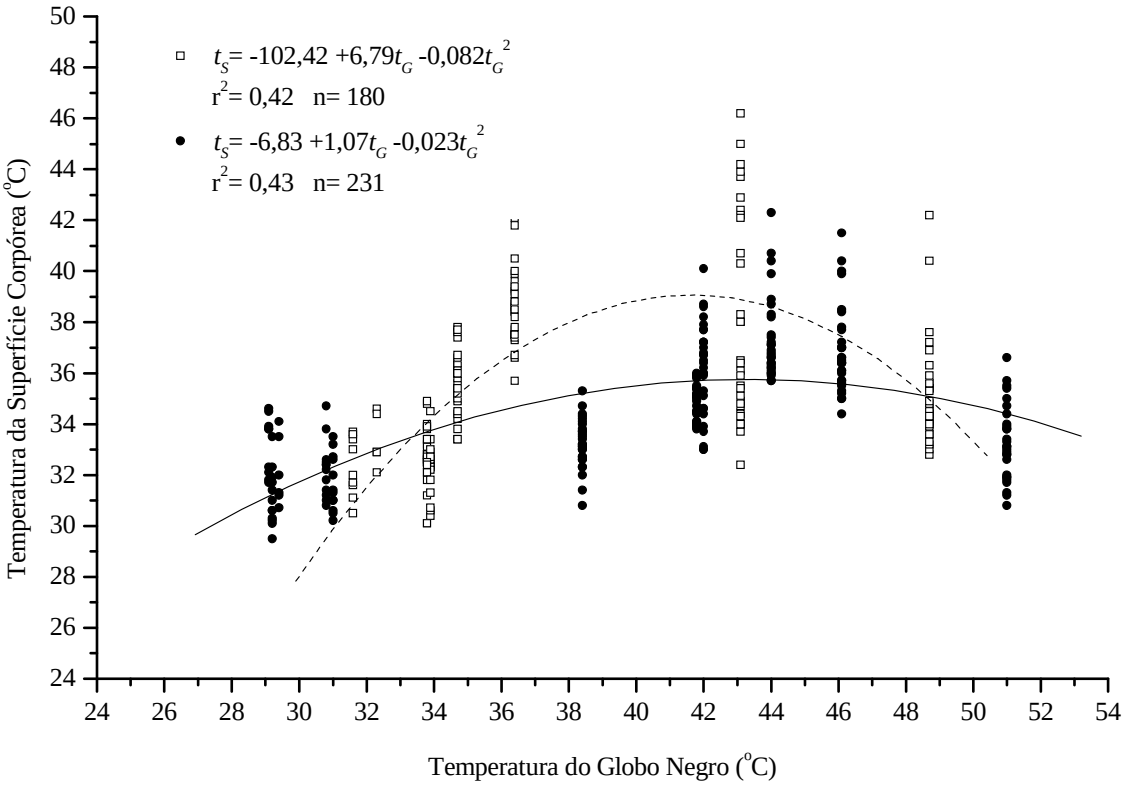

Figura 3. Média da temperatura da superfície corpórea de abelhas (*Apis* mellifera) no alvado (□) e dentro da colméia (●) em função da temperatura do globo negro (t_G).

A convecção nos diferentes lugares de amostra em função do gradiente de temperatura (t_S –t_A) apresentou equações lineares na Figura 4. E a perda de calor por convecção foi maior quando a abelha estava na atividade de forrageio, lembrando que antes da abelha chegar à flor, ela estava em atividade de vôo e conseqüentemente exposta à radiação solar e vento, ocorrendo assim um aumento no gradiente de temperatura, sendo a convecção o melhor mecanismo de perda de calor. Resultados semelhantes foram encontrados por Church (1959) com insetos em atividade de vôo na qual, ocorreu uma maior perda de calor por convecção.

Quando a abelhas estavam na colméia (Figura 4), a convecção neste local foi baixa devido a ser um ambiente protegido das variedades climáticas, porem mostra que teve uma pequena perda de calor por convecção que pode ser devido ao gradiente de temperatura baixo ou as pequenas correntes de ar existente dentro da colméia. No alvado a abelha já está um pouco mais exposta às variedades climáticas e ao aquecimento dos músculos do tórax para o preparo do vôo, sendo dessa forma a convecção também um mecanismo utilizado para se evitar o superaquecimento corporal.

A Figura 4 mostra que a convecção pode se tornar uma forma de ganho de calor para abelhas manejadas na região semi-árida. Este fato se apresentou mais fortemente quando as abelhas estavam no bebedouro e apresentavam a sua superfície corporal molhada, fazendo com que ocorresse uma diminuição no gradiente temperatura até ficar negativo. Nesta situação, a evaporação se tornou o principal mecanismo de perda de calor.

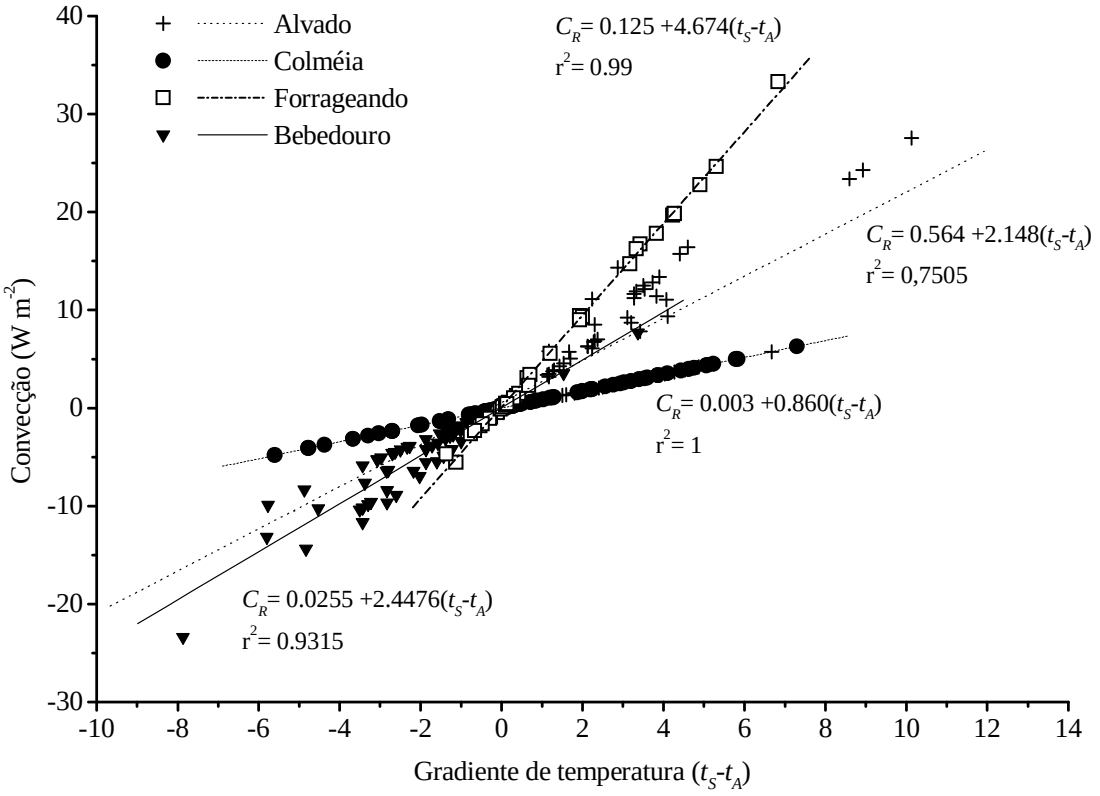

Figura 4. Convecção em diferentes lugares em função do gradiente de temperatura (t_S –t_A) em abelhas manejadas numa região semi-árida, sendo t_S (ºC) a temperatura da superfície corporal e t_A (ºC) a temperatura do ar.

Considerando as dimensões da abelha como sendo um cilindro horizontal e de acordo com o aumento no gradiente de temperatura (t_S –t_A), medidas de temperatura de superfície (t_S, °C) em abelhas manejadas numa região semi-árida a perda de calor por convecção pode ser alta, principalmente se houver um aumento na velocidade do ar (Figura 5). No entanto, quando as abelhas estavam dentro da colméia ou até mesmo no alvado, considerando que as abelhas estavam em condição de calmaria (pouco vento), neste caso, a perda de calor por convecção aumentou de 0 a 7,5 Wcm^{-2} quando o gradiente de temperatura aumentou de 0 a 10 º C, mas quando o vento foi 1,0 ms^{-1} a perda de calor por convecção aumentou de 0 a 27,5Wcm^{-2} .

Roberts e Harrison (1999) encontraram uma produção de calor metabólico em abelhas que diminuiu de 48,75 para 13 W m^{-2} quando gradiente temperatura diminuiu para 9,5 para 1ºC. Portanto, a perda de calor por convecção é intensa nas abelhas quando estão forrageando, mas quando estão na colméia esse mecanismo mostrou ser muito fraco.

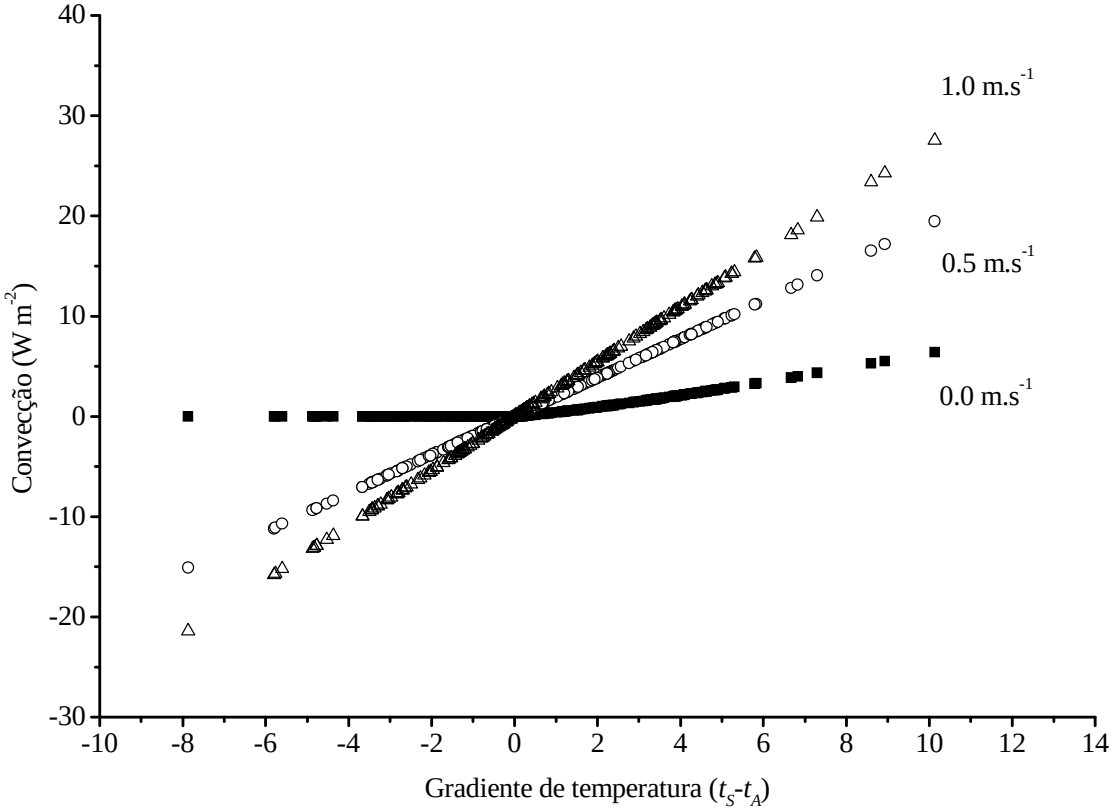

Figura 5. Perda de calor por convecção (W m^{-2}), de acordo com três diferentes simulações de velocidades do vento o em função do gradiente de temperatura (t_S-t_A) em abelhas manejadas em uma região semi-árida, sendo t_S (ºC) a temperatura da superfície corporal e t_A (ºC) a temperatura do ar.

6 CONCLUSÕES

O presente estudo confirmou que existe diferença de temperatura entre as partes do corpo de abelhas manejadas em uma região semi-árida. Como também, que dependendo da atividade desenvolvida pela abelha e do local em que ela esteja, houve diferenças de temperatura da superfície corpórea.

O tórax foi a região do corpo que apresentou a maior temperatura de superfície, depois a cabeça e a parte mais fria o abdômen.

Ocorreu diferença de temperatura das partes do corpo em interação com os locais de coletas, ou seja, que dependendo da atividade desenvolvida pela abelha, ela apresenta diferenças ou não, entre as partes do corpo.

A perda de calor por convecção é maior quando a abelha está forrageando. E abelhas manejadas na região semi-árida aumentam a perda de calor por convecção, principalmente quando ocorrem elevações de velocidade do ar.

REFERÊNCIAS

CHAPMAN, A. J. **Fundamentals of heat transfer.** New York: McMillan. 1987.

CHURCH, N. S. **Heat Loss and The body temperatures of flying insects.** II. Heat conduction within the body and its loss by radiation and convection. J. Exp. Biol. n. 26, p 186-212. 1959.

COOPER, P. D.; SCHAFFER, W. M.; BUCHMANN, S. L. **Temperature regulation of honeybees (*Apis mellifera*) foraging in the Sonoran Desert.** J. Exp. Biol. n. 114, p 1-15. 1985.

CRAILSHEIM, K.; STABENTHEINER, A.; HRASSNIGG, N.; LEONHSRD, B.; **Oxygen consumption at different activity levels and ambient temperaturas in isolated honeybees (Hymenoptera: Apidae).** Entol. Generalis. n. 24, p 001-012. 1999.

FARINA, W. M.; WAINSENLBOIM, A.J. **Changes in thoracic temperature of honey bees while receiving nectar from foragers collecting at different reward rates.** J. Exp. Biol. n. 2004, p 1653-8. 2001.

GRODZIKI, P.; CAPUTA, M. **Social versus individual behavior: a comparative approach to thermal behavior of honeybee (*Apis mellifera L.*) and the American cockroach (*Periplaneta Americana L.*).** J. Insect Physiol. n. 51, p 315-322. 2005.

HARRISON, J. M. **Roles of individual honeybee workers and drones in colonial thermogenesis.** J. Exp. Biol. n. 129, p 53-61. 1987

HARVERY, W. R. **Least-Squares analysis of data with unequal subclass numbers.** USDA: Beltaville. n. 20-8. 1960

HEINRICH, B. **Keeping a cool head: Honeybee thermoregulation.** Science n. 205. p 1269-1271. 1979a.

HEINRICH, B. **Thermoregulation of African and European Honeybees during foraging, attack and hive exits and returns.** J. Exp. Biol. n. 80, p 217-229. 1979b.

_____ **Mechanisms of body-temperature regulation in honeybees, *Apis mellifera.* I. Regulation of head temperature.** J. Exp. Biol. n. 85, p 61-72. 1980a.

_____ **Mechanisms of body-temperature regulation in honeybees, *Apis mellifera.* II. Regulation of thoracic temperature at high air temperatures.** J. Exp. Biol. n. 85, p 73-87. 1980b.

_____ **Insect thermoregulation.** New York: John Wiley & Sons. 328p. 1981.

HEINRICH, B. **The Hot-Blooded Insects.** Cambridge, MA: Harvard University Press. 601p. 1993.

KLEINHENZ, M.; BUJOK, B.; FUCHS, S.; TAUTZ, J. **Hot bees in empty broodnest cells: heating from within.** J. Exp. Biol. n. 206. p 4217-4231. 2003.

KOVAC, H.; SCHMARANZE, S. **Thermoregulation of honeybees (*Apis mellifera*) foraging in spring and summer at different plants.** J. Insect Physiol. Vol. 42, n. 11-12, p 1071-1076. 1996.

KRONENBERG, F.; HELLER, C. **Colonial thermoregulation in honey beee (*Apis mellifera*).** Jornal of Comparative Physiology 148:65-76. 1982.

LACTIN, J. D.; JOHNSON, D. L. **Convective heat loss and change in body temperature of grasshopper and locust nymphs: Relative importance of wind speed, insect size and insect orientation.** J. therm. Biol. Vol. 23. n. 1. p 5-3. 1998.

MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M. H. **Principles of environmental physics.** 2. ed. London: E. Arnold. 1990.

PACHECO, R. L. F.; KERR, W. E. **Temperatura em abelhas da espécie *Melipona compressipes fasciculata.*** SBPC: Ciência e Cultura. n. 41(5). p 490-495. 1989

PAULA, J. **Mel do Brasil: As exportações brasileiras de mel no período de 2000/2006 e o papel do SEBRAE.** Brasília: SEBRAE. 2008.

ROBERTS, S.; HARRISON, J. F. **Mechanisms of thermoregulation on flying bees.** American Zoologist. n. 38, p 459-502. 1998.

ROBERTS, S.; HARRISON, J. F. **Mechanisms of the stability during flight in the honeybee *Apis mellifera*.** J. exp. Biol. n. 202, p 1523-1533. 1999.

SAS INSTITUTE. **User's guide: Statistics.** Version 6, 10 ed. SAS Institute Inc. Cry, NC. 1995.

SCHMARANZER, S. **Termorregulation of water collectiong honey bees (*Apis mellifera*).** J. Insect Physiol. n. 46, p 1187-1194. 2000.

SILVA, R. G. **Introdução à Bioclimatologia Animal.** São Paulo: Nobel. 285p. 2000b.

SOUTHWICH, E. E, **Metabolic energy of intact honey bee colonies.** Comparative Biochemistry and Physiology. n. 71: 277-281. 1982.

SOUTHWICH E. E. **The honey bee cluster as a homeothermic superorganism.** Comparative Biochemistry and Physiology. n. 75, p 641-645. 1983.

ANEXOS

ANEXO A – Apiário da Fazenda Experimental Rafael Fernandes (UFERSA).

ANEXO B – Abelhas no momento do forrageio, na plantação de mamona.

ANEXO C – Abelha sendo contida no bebedouro.

ANEXO D – Abelha contida para a aferição da temperatura da superfície corpórea.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo