



RESPOSTA DE FÊMEAS DE MOSQUITOS AO HOSPEDEIRO – BUSCA POR ALIMENTAÇÃO SANGUÍNEA – UMA REVISÃO

Isaías Cabrini¹ & Carlos F. S. Andrade²

Novembro de 2006

¹Unicamp, Instituto de Biologia, Pós Graduação - Mestre em Parasitologia

²Prof. Livre Docente, Unicamp, Instituto de Biologia, Depto. de Zoologia

TEXTO EXTRAÍDO DE : "AVALIAÇÃO DE REPELENTES ELETRÔNICOS E ESTUDOS QUANTO A EFICIÊNCIA DE TRANSPOSIÇÃO DE TELAS, UTILIZANDO *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) E *Aedes albopictus* (Skuse, 1854) (DIPTERA: CULICIDAE). ISAÍAS CABRINI - DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO INSTITUTO DE BIOLOGIA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, ÁREA DE PARASITOLOGIA
ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS FERNANDO SALGUEIROSA DE ANDRADE
CAMPINAS – SP , 2005

A necessidade de utilizar sangue de um hospedeiro vivo como fonte de nutrientes tem levado várias espécies de insetos a se associar em maior ou menor grau a hospedeiros vertebrados. Algumas espécies, como os ectoparasitos, necessitam estar permanentemente desenvolvendo-se sobre o hospedeiro ou utilizando-o como parte do seu ciclo de vida. Entretanto, outras espécies visitam o hospedeiro somente quando necessitam da alimentação sanguínea.

A habilidade de insetos em explorar um recurso alimentar como o sangue necessitou de várias adaptações nas quais, acredita-se, estarem envolvidas duas rotas. Na primeira sugere-se que formas hematófagas podem ter se desenvolvido subsequentemente à associação entre o vertebrado e o inseto sendo mais comum a associação centrada na atração dos insetos para ninhos ou tocas do hospedeiro vertebrado. Inicialmente, os insetos associados a esses habitats começaram a se alimentar de matéria orgânica, como pedaços de pele, pêlos ou penas, sendo que a ingestão desse tipo de alimento levou à seleção de indivíduos com sistema fisiológico capaz de processá-los. Posteriormente, modificações nas peças bucais e adaptações comportamentais podem ter levado os insetos a se alimentarem diretamente nos hospedeiros, sendo que a raspagem da base das penas, por exemplo, levou ao contato com o sangue, o qual, devido ao suprimento nutricional abundante,

proporciona maior taxa reprodutiva. Esse contato com o novo tipo de alimento resultou primeiramente na hematofagia facultativa e eventualmente, em alguns insetos, na hematofagia obrigatória. Exemplos desse tipo de adaptação são os piolhos mastigadores como, por exemplo, *Menacanthus stramineus* (Nitzsch) (Phthiraptera: Menoponidae), que se alimenta na base de penas ou na pele de frangos. Outro exemplo dessa rota de associação está na deposição de ovos por *Haematobia irritans* (Linnaeus) (Diptera: Muscidae) nas fezes intactas de bovinos. Esse tipo de criadouro é limitado e leva à competição entre os indivíduos e, por isso, a associação estrita com o vertebrado favoreceria a deposição dos ovos antes do seu competidor. A segunda rota está relacionada a insetos entomófagos, que podem ter sido atraídos para ninhos e cavernas onde inseto-presas poderiam ser encontrados com abundância, além dos vertebrados. O contato com os vertebrados pode ter acontecido repetidamente e insetos predadores podem ter sofrido adaptações morfológicas e fisiológicas, levando a hematofagia. Isso deve ter ocorrido ocasionalmente, levando à mudança para hematofagia permanente pelo contato repetido entre o inseto e o vertebrado. O Hemiptera *Anthocoris nemorum* (Linnaeus) (Heteroptera: Anthocoridae) é um exemplo dessa rota. Esse inseto é entomófago, mas é capaz de se alimentar de pedaços da pele humana. Os mosquitos podem estar envolvidos nessa rota, ou seja, inicialmente os adultos podem ter se alimentado de fluídos de larvas de outros insetos e posteriormente o sangue de hospedeiros vertebrados (Lehane, 1996).

As espécies hematófagas podem apresentar diferentes graus de preferência por hospedeiros. Além disso, cada espécie procura certas partes do corpo com maior frequência. Esses locais liberam diferentes compostos químicos que fazem com que haja maior atração para uma determinada espécie do que para outra. O mosquito *Ae. albopictus* por exemplo possui maior preferência pelos pés, seguida das mãos e da face (Shira et al., 2002).

Para desenvolver preferência por diferentes partes do corpo do hospedeiro, órgãos sensoriais específicos e capazes de detectar diferentes estímulos do hospedeiro foram selecionados. Exemplo disso são as escamas e sensilas que recobrem o corpo dos culicídeos. As sensilas são órgãos sensoriais que possuem a capacidade de receber a energia de um estímulo e transformá-la em uma informação por meio de um impulso nervoso. Algumas são especializadas em detectar estímulos térmicos, químicos e mecânicos, bem como mudanças na umidade relativa do ar e mudanças na luminosidade. Tais sensilas estão distribuídas em várias partes do corpo do mosquito, por exemplo, nos olhos, pele, halteres, pernas, peças bucais e antenas (Meijerink & Van Loon, 1999).

Nas antenas, as sensilas são responsáveis pela detecção de estímulos sonoros ligados ao acasalamento, e também a odores, graças à sua inervação com neurônios olfativos. Fox et al. (2001)

identificaram quatro genes com codificação para receptores olfativos de *An. gambiae* (Giles). Essa codificação da expressão antenal é específica para as fêmeas, e é regulada para diminuir sua função 12h após a alimentação sanguínea, período em que ocorre, portanto, a redução das respostas olfativas das fêmeas para os odores humanos.

Nas fêmeas de algumas espécies de mosquitos foram encontradas sensilas no cibário, sugerindo uma relação funcional com a alimentação sanguínea. No abdome e genitália, as sensilas são mecano-sensíveis; nos tarsos, quimicamente sensíveis e, no tórax, mais especificamente nos halteres, são responsáveis pela detecção na mudança da posição do corpo do inseto durante o vôo (Clements, 1999).

Várias classes de estímulos emitidos por hospedeiros vertebrados, são usadas pelos insetos para localização da fonte sanguínea. Aqueles que possuem propriedades voláteis são carregados pelo ar e são detectados a certas distâncias pelos mosquitos. Um exemplo é o dióxido de carbono (CO₂) que exerce grande influência no inseto, pois é produzido em grande quantidade comparado com outros estímulos, e é interpretado como a presença de hospedeiro (Cooper et al., 2004). No entanto, há algumas controvérsias com relação à função do CO₂, pois há situações em que o mesmo pode exercer atração, outras repelência e às vezes é simplesmente inativo. Essa diferença está relacionada às concentrações do estímulo, sendo que mudanças muito pequenas influenciam o comportamento do mosquito.

A unção do CO₂ na procura de um hospedeiro compreende duas ações distintas. Primeiramente ele age como atraente, orientando o mosquito em direção ao hospedeiro, desde que o estímulo seja carregado por uma corrente de ar. Na ausência de corrente de ar a orientação não ocorre, ou seja, não há movimento do mosquito. Segundo, o CO₂ possui uma ação combinada com corrente de ar quente e úmida, assim como com odores atrativos, sendo identificado a distâncias bastante pequenas da fonte emissora do gás. No entanto, em estudos de atração com *An. gambiae*, espécie altamente antropofílica, para a respiração humana encontrou-se que CO₂ na concentração de 4,5% não foi atrativo quando comparado com ar limpo em condições de olfatômetro.

Quando os mosquitos detectam uma pluma de CO₂ no ambiente significa que estão chegando a um hospedeiro e por isso fontes desse gás em armadilhas são eficazes para captura. No entanto, os mosquitos utilizam também outros estímulos atrativos para detectar um hospedeiro específico. Vários compostos voláteis são produzidos por vertebrados, sendo que muitos deles são produzidos na pele, ficando dispersos no ambiente. O ácido láctico e amônia, por exemplo, estão presentes no suor humano e têm sido confirmados como fatores atraentes para fêmeas de mosquitos na procura de alimentação sanguínea (Braks et al., 2001). Eiras & Jepson (1991) encontraram

evidências de que fêmeas de *Ae. aegypti* foram excitadas a voar quando CO₂, combinado com ácido láctico, foi apresentado em um túnel de vento. Esses autores também demonstraram que altas concentrações de CO₂, associadas a baixas concentrações de ácido láctico levaram a resposta de pouso das fêmeas da mesma espécie sobre a fonte atrativa. O mesmo não ocorre com *An. gambiae*, o qual apesar de ter respondido a estímulos voláteis do suor humano, não respondeu acentuadamente, como *Ae. aegypti*, para o ácido láctico em condições de olfatômetro (Braks et al., 2001).

Os odores produzidos por vertebrados são atrativos, porém específicos do corpo de cada animal, e servem para orientação do mosquito. Esses odores são denominados cairomônios, sendo substâncias interespecíficas de atração. Assim, em se tratando do corpo humano, já se conhecem cerca de 300-400 compostos da pele, principalmente nas regiões onde há grande quantidade de glândulas secretoras e sebáceas. Regiões do corpo humano são colonizadas por bactérias, principalmente gram positivas, que atuam nas secreções glandulares produzindo odores característicos de cada pessoa e cada região do corpo. Além disso, o suor humano, quando mantido à temperatura ambiente, sofre o efeito de microorganismos que são responsáveis por produzir voláteis responsáveis também pela atração. Esses atrativos formam plumas de odores que se dispersam no ambiente (Qiu et al., 2004).

DeJong & Knols (1995a) encontraram que os odores liberados nos pés e tornozelo são mais atrativos para *An. gambiae* do que aqueles produzidos em outras regiões do corpo. O odor do queijo Limburger, produzido por bactérias é semelhante ao odor dos pés, e é também altamente atrativo, sugerindo que os cairomônios atrativos para *An. gambiae* são de origem bacteriana (Knols et al., 1997).

A atração para estímulos provenientes da pele humana é acentuada entre os mosquitos, sendo que algumas espécies possuem maior especificidade por esse tipo de hospedeiro (ex. *Ae. aegypti*) quando comparado com outras espécies de mosquito. Outro exemplo dessa especificidade é *An. gambiae* que em experimentos de laboratório, demonstrou aversão a odores de bovinos e maior atração para humanos (Pates et al., 2001a; Pates et al., 2001b).

Além dos compostos voláteis, que são produzidos e emanados pelos vertebrados, outros estímulos são importantes para atração de mosquitos. Fêmeas conseguem detectar o calor e a umidade que, somados aos estímulos anteriores, fazem com que elas encontrem o hospedeiro específico.

A detecção pelo mosquito de um hospedeiro potencial consiste em várias etapas onde os vários estímulos atrativos são percebidos à medida que o inseto se aproxima da fonte alimentar.

Knols & Meijerink (1997) esquematizaram a seqüência em que mosquitos detectam determinada fonte atrativa. Inicialmente, as fêmeas voam aleatoriamente no ambiente a procura de um hospedeiro. O primeiro estímulo, detectado a distâncias maiores que 20 m, é o odor que faz com que ela inicie um vôo direcionado. Em distâncias entre 2 e 20 m o CO₂ passa a ser detectado junto ao odor, e quando distante 1 a 2 m, além dos estímulos anteriores, soma-se o calor e a umidade do corpo. Esses fatores atrativos são mais bem detectados dependendo da direção e da velocidade do vento e do campo visual no ambiente em que a fêmea está sobrevoando.

Pacotes de odores são carregados em linha pelo vento e, para localiza-los os mosquitos precisam somente voar direcionalmente. Uma pluma de odor consiste em uma série de pacotes de odores dispersos no ar. Geralmente, a freqüência de pacotes de odores detectáveis e a concentração do odor diminuem com a distância de uma fonte. Sendo assim, mosquitos voando detectam e respondem a mudanças na freqüência de pacotes e a concentração relativa do odor, aproximando-se da fonte emissora.

O vento pode ser um grande problema para fêmeas encontrarem os hospedeiros. Primeiro, ao exceder o limite suportável pelo inseto o vento limita a habilidade do indivíduo em direcionar sua resposta. Segundo, e possivelmente o problema mais comum, é que o vento afeta as características da pluma de odor, modificando a resposta do inseto aos cairomônios emanados pelo hospedeiro. Variação na velocidade do vento pode afetar também a estrutura das plumas de odores, prejudicando a resposta ao sinal olfativo. Difusão turbulenta causa pacotes de odores misturados ao ar limpo, diluindo esses pacotes e reduzindo o alcance do sinal do hospedeiro. Esse fato se confirma com o trabalho de Dekker et al. (2001) que demonstraram em laboratório que emissões homogêneas de odores da pele humana foram mais atrativas para *An. gambiae* do que emissões intermitentes. Os mesmos autores demonstraram que pluma de CO₂ homogênea levou à inibição da atração de *Ae. aegypti*.

O campo visual é um fator adicional ao conjunto de fatores que levam a fêmea a encontrar o hospedeiro. A resposta de espécies diurnas para cores é mais acentuada do que para as noturnas. Espécies noturnas demonstram resposta mais específica para objetos conspícuos e barreiras.

Os mosquitos machos também são atraídos pelos mesmos estímulos que levam as fêmeas a encontrarem os hospedeiros. Porém, machos não se alimentam de sangue e, possivelmente voam ao redor do hospedeiro esperando fêmeas para o acasalamento.

A utilização de alguns fatores atrativos como calor, umidade, ácido lático, octenol, CO₂ e cor, associados entre si, tem sido proposta para o desenvolvimento de armadilhas de captura de ambos os sexos de mosquitos. Essas armadilhas têm se revelado eficaz dependendo da associação e

concentração dos atraentes e também dependendo da espécie de mosquito estudada (Kusakabe & Ikeshoji, 1990).

A sobrevivência dos mosquitos depende dos estímulos emitidos pelos hospedeiros. Também necessitam de estímulos para o encontro do parceiro sexual, fazendo com que haja também uma interação entre os parasitas, ou seja, entre os mosquitos. Esses estímulos estão diretamente relacionados à reprodução desse inseto.

Por meio do conhecimento do comportamento dos mosquitos em relação aos atrativos do seu hospedeiro, é de se esperar a implementação de novas melhorias para identificar e formular substâncias químicas que agirão como atrativos, repelentes e outros agentes diretamente relacionados às bases olfativas dos mosquitos, e que podem levar a maiores conhecimentos para o controle dos vetores.

Mediante os conhecimentos descritos acima podemos concluir que a capacidade de detecção de hospedeiros específicos pelos mosquitos é bastante complexa e ao mesmo tempo perigosa, pois a necessidade das fêmeas por uma alimentação sanguínea leva à possibilidade de transmissão de doenças. Devido a isso, a preocupação em se evitar que os mosquitos causem epidemias tem aberto portas para o desenvolvimento de novos métodos de controle. Esses métodos não tratam somente de descobrir novas moléculas inseticidas, mas também de alternativas para impedir que as fêmeas consigam picar seu hospedeiro. Formas de proteção pessoal têm surgido no mercado como por exemplo os repelentes eletrônicos e as telas utilizadas como mosquiteiro, as quais necessitam ser avaliadas para confirmação de sua eficácia. Para isso, diversas metodologias podem ser utilizadas, tanto em campo como em laboratório, sendo que a utilização de sistemas fechados, como câmaras-teste, são opções relevantes, pois os estímulos atrativos de um hospedeiro podem ser liberados de forma controlada dentro desses sistemas, havendo resposta positiva dos mosquitos e obtenção de dados que mostram o comportamento desses insetos em relação aos produtos avaliados. No presente trabalho foi desenvolvido um sistema de câmara-teste onde foram avaliadas, para duas espécies de *Aedes*, ondas sonoras propaladas como repelentes, e estudou-se a eficiência de transposição pelos mosquitos de telas comerciais de proteção, incluindo uma tela utilizada como mosquiteiro.

Referências Consultadas.

BRAKS, M.A.H.; MEIJERINK, J.; TAKKEN, W. The response of the malaria mosquito, *Anopheles gambiae*, to two components of human sweat, ammonia and L-lactic acid, in an olfactometer. *Physiological Entomology*, v. 26, p. 142-148, 2001.

CLEMENTS, A.N. The Biology of Mosquitoes - Sensory Reception and Behavior, vol. 2, CABI Publishing, 1999.

COOPER, R.D.; FRANCES, S.P.; POPAT, S.; WATERSON, D.G.E. The effectiveness of light, 1-octen-3-ol, and carbon dioxide as attractants for anopheline mosquitoes in Madang Province, Papua New Guinea. *Journal of the American Mosquito Control Association*, v. 20, n. 3, p. 239-242, 2004.

DE JONG, R.; KNOLS, B.G.J. Selection of biting sites on man by two malaria mosquito species. *Experientia*, v. 51, p. 80-84, 1995.

DEKKER, T; TAKKEN, W.; CARDÉ, R.T. Structure of host-odour plumes influences catch of *Anopheles gambiae* s.s. and *Aedes aegypti* in a dual-choice olfactometer. *Physiological Entomology*, v. 26, p. 124-134, 2001.

EIRAS, A.E.; JEPSON, P.C. Host location by *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): a wind tunnel study of chemical cues. *Bulletin of Entomological Research*, v. 81, p. 151-160, 1991.

FOX, A.N.; PITTS, R.J.; ROBERTSON, H.M.; CARLSON, J.R.; ZWIEBEL, L.J. Candidate odorant receptors from the malaria vector mosquito *Anopheles gambiae* and evidence of down-regulation in response to blood feeding. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.*, v. 98, n. 25, p. 14693-14697, 2001.

KNOLS, B.G.J.; vanLOON, J.J.A.; CORK, A.; ROBINSON, R.D.; ADAM, W.; MEIJERINK, J.; DeJONG, R.; TAKKEN, W. Behavioural and electrophysiological responses of the female malaria mosquito *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) to Limburger cheese volatiles. *Bulletin of Entomological Research*, v. 87, n. 2, p. 151-159, 1997.

KNOLS, B.G.J.; MEIJERINK, J. Odors influence mosquito behavior. *Science & Medicine*, v. 4, n. 5, p. 56-63, 1997.

KUSAKABE, Y.; IKESHOJI, T. Comparative attractancy of physical and chemical stimuli to aedine mosquitoes. *Japanese Journal of Sanitary Zoology*, v. 41, n. 3, p. 219-225, 1990.

LEHANE, M.J. Biology of blood-sucking insects. London: Chapman & Hall, 1996. cap. 1 e 2.

MEIJERINK, J.; VANLOON, J.J.A. Sensitivitics of antennal olfactory neurons of the malaria mosquito, *Anopheles gambiae*, to carboxylic acids. *Journal of Insect Physiology*, v. 45, p. 365-373, 1999.

PATES, H.V.; TAKKEN, W.; CURTIS, C.F.; HUISMAN, P.W.; AKINPELU, O.; GILL, G.S. Unexpected anthropophagic behaviour in *Anopheles quadriannulatus*. *Medical and Veterinary Entomology*, v. 15, p. 293-298, 2001a.

PATES, H.V.; TAKKEN, W.; STUKE, K.; CURTIS, C.F. Differential behaviour of *Anopheles gambiae* sensu stricto (Diptera: Culicidae) to human and cow odours in the laboratory. Bulletin of Entomological Research, v. 91, p. 289-296, 2001b.

QIU, Y.T.; SMALLEGANCE, R.C.; HOPPE, S.; VAN LOON, J.J.A.; BAKKER, E.J.; TAKKEN, W. Behavioural and electrophysiological responses of the malaria mosquito *Anopheles gambiae* Giles sensu stricto (Diptera : Culicidae) to human skin emanations. Medical and Veterinary Entomology, v. 18, n. 4, p. 429-438, 2004.

SHIRA, Y.; FUNADA, H.; KAMIMURA, H; SEKI, T.; MOROBASHI, M. Landing sites on the human body preferred by *Aedes albopictus*. Journal of the American Mosquito Control Association, v. 18, n. 2, p. 97-99, 2002.

COMO CITAR ESSE ARTIGO:

Cabrini, I & Andrade, C. F. S., 2006 - Resposta de Fêmeas de Mosquitos ao Hospedeiro – Busca por Alimentação. Página na Internet: Ecologia Aplicada - Instituto de Biologia da UNICAMP.

Disponível em: http://www.ib.unicamp.br/profs/eco_aplicada/artigos_tecnicos.htm