

FEROMONAS: COMUNICAÇÃO POR MEIOS QUÍMICOS

Maria José Brenhas

Aluna de Engenharia do Ambiente - Faculdade de Ciência e Tecnologia (UFP)
16678@ufp.edu.pt

Carla Sousa e Silva

Professora Auxiliar - Faculdade de Ciências da Saúde (UFP)
sousasil@ufp.edu.pt

RESUMO

Feromonas são sinais químicos produzidos por um organismo que, mesmo em pequenas quantidades, influenciam o comportamento ou a fisiologia de outros indivíduos da mesma espécie. Teoricamente, todos os organismos libertam feromonas, que têm grande importância a nível da atracção sexual, mas são os insectos que utilizam estes mensageiros químicos como principal forma de comunicação.

As feromonas são compostos orgânicos, geralmente voláteis e hidrofóbicos, que podem ser simples hidrocarbonetos ou incluírem grupos funcionais como álcoois, aldeídos, cetonas, entre outros.

PALAVRAS-CHAVE

Feromonas, sinais químicos, comunicação química.

ABSTRACT

Pheromones are chemical signals produced by an organism that, even in small quantities, can elicit a behavioural or physiological response in another individual of the same species. In theory, every living organism release pheromones, with great impact in sexual attraction, but these chemical signals have special emphasis on insects, as the chief communication method.

Pheromones are organic compounds, usually volatile and hydrophobic, that can be relatively simple hydrocarbons or compounds that include functional groups, such as alcohols, aldehydes, ketones, and so on.

KEYWORDS

Pheromones, chemical signals, chemical communication.

1. FEROMONAS

Certas substâncias químicas desempenham um papel importante nas interações entre organismos, em especial, em espécies detentoras de visão e audição rudimentares (Hauser et al., 2005; Tegoni et al., 2004). Entre essas substâncias, as feromonas são fundamentais na comunicação entre organismos da mesma espécie. As feromonas são moléculas libertadas no ambiente por um animal que, mesmo em pequenas quantidades, modificam o comportamento e a fisiologia de outros indivíduos da mesma espécie (Seeley et al., 2003). Estas substâncias são sinais químicos intercelulares que permitem que os animais comuniquem com outros membros por uma linguagem que não envolve sons ou sinais visuais, mas sim odores de químicos que eles mesmo libertam para o meio, através da urina, das fezes ou por via cutânea (Solomons e Fryhle, 2004; Rekwot et al., 2000).

De acordo com as reacções que induzem, as feromonas estão divididas em trinta diferentes grupos. As mais conhecidas incluem as que servem para reconhecimento do parceiro sexual e parental e para a marcação de território e caminhos, existindo ainda as de agregação, dispersão e organização hierárquica dentro da comunidade, as de alarme, libertadas quando em situações de perigo, entre outras (Hauser et al., 2005).

2. FEROMONAS COMO COMPOSTOS QUÍMICOS

Do ponto de vista químico, as feromonas são moléculas orgânicas, normalmente hidrofóbicas e voláteis (Tegoni et al., 2004). As feromonas podem ser constituídas por um ou mais componentes activos. A composição e as proporções relativas dos componentes de uma feromona são altamente específicos de cada espécie, resultando numa enorme diversidade destes mensageiros químicos mesmo em espécies relativamente próximas (Symonds e Elgar, 2008).

Estruturalmente, podem ser compostos relativamente simples, como os hidrocarbonetos, ou mais complexos e incluírem grupos funcionais como álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres, éteres, ácidos carboxílicos, aminas, entre outros (The Pherobase, 2003-2008).

O estudo científico das feromonas começou em 1959 após Adolf Butenandt ter caracterizado quimicamente o *Bombykol*, a feromona excretada pela borboleta do bicho da seda, *Bombyx mori*, para atrair os machos, que não é mais do que um álcool insaturado com 16 carbonos (Figura 1) (Mori, 2007).

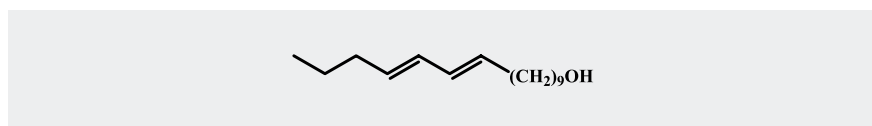


Figura 1- Estrutura molecular do *Bombykol*.

As feromonas de agregação das baratas são o hidrocarboneto com 11 carbonos, o undecano, de fórmula molecular $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}_3$ (Figura 2a) (Solomons e Fryhle, 2004). O acetato de 1-propil-4-metil-heptilo (Figura 2b) é a feromona de trilha do insecto *Leptogenys peuqueti*, enquanto que a feromona de alarme do insecto *Collohmanna gigantea* Sellnick é o 2-hidroxi-

6-metilbenzaldeído (Figura 2c). A feromona de alarme do insecto *Crematogaster nigriceps* é o álcool 1-heptadecil-1,3,5-tri-hidroxiciclo-hexano (Figura 2d) (The Pherobase, 2003-2008).

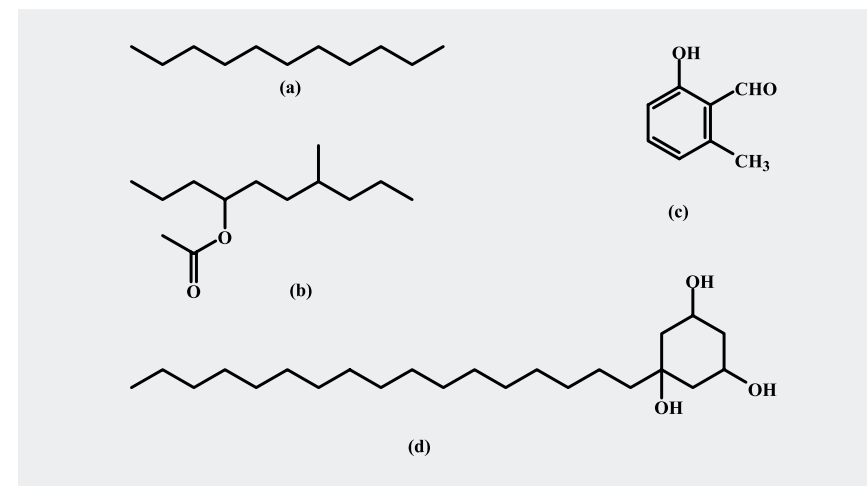


Figura 2- Estruturas moleculares de várias substâncias químicas que são feromonas libertadas por insectos: undecano (a), acetato de 1-propil-4-metil-heptilo (b), 2-hidroxi-6-metilbenzaldeído (c) e álcool 1-heptadecil-1,3,5-tri-hidroxiciclo-hexano (d).

Foram desenvolvidos trabalhos extensos ao longo das últimas décadas revelando a relação entre a actividade das feromonas e a sua diversidade estereoquímica. No entanto, continua desconhecido o exacto mecanismo do seu reconhecimento em sistemas biológicos (Mori, 2007).

A estereoespecificidade pode ser determinante para a bioactividade das feromonas. Millar demonstrou que o acetato de (*E*)-2-isopropil-5-metil-2,4-hexadieno é muito atractivo para o macho do artrópode *Planococcus minor*, mas que o isómero (*Z*) antagoniza de forma significativa o efeito da feromona (Millar, 2008).

A bioactividade das feromonas pode também depender da sua quiralidade. A síntese de enantiómeros de algumas feromonas quirais e não racémicas pode estabelecer a configuração absoluta da ocorrência natural de feromonas e clarificar as relações entre a configuração e a bioactividade. Por exemplo, para o insecto *Gnathotrichus sulcatus* nem o enantiómero (*S*) nem o enantiómero (*R*) do *Sulcatol* são comportamentalmente activos, enquanto que a mistura dos dois é bioactiva (Figura 3a). No caso da mosca da azeitona, o isómero (*R*) do *Olean* é activo para o macho, enquanto o isómero (*S*) é activo para a fêmea (Figura 3b) (Mori, 1997).

A configuração de muitas feromonas naturais continua desconhecida, mas em 1988 identificou-se o 5,9-dimetilpentadecano como sendo o componente principal da feromona sexual da fêmea da *Leucoptera coffeella*, a borboleta da folha de café. Pensa-se que o isómero (*5S,9R*) do 5,9-dimetilpentadecano é extremamente activo na atracção dos insectos, enquanto que o isómero (*5S,9S*) apresenta cerca de um terço dessa actividade; os restantes isómeros são praticamente inactivos (Figura 4) (Mori, 2008).

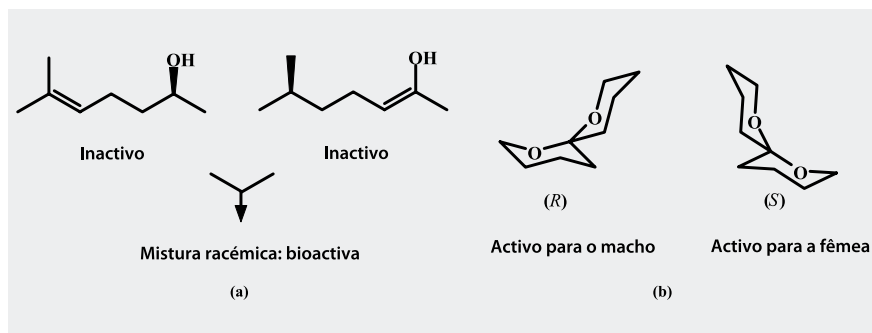


Figura 3 - Os enantiómeros (S) e (R) do Sulcatol são inactivos para o insecto *Gnathotrichus sulcatus*, mas a mistura dos dois é bioactiva (a); o isómero (R) do *Olean* é activo para o macho da mosca da azeitona, enquanto que o (S) é activo para a fêmea (b).

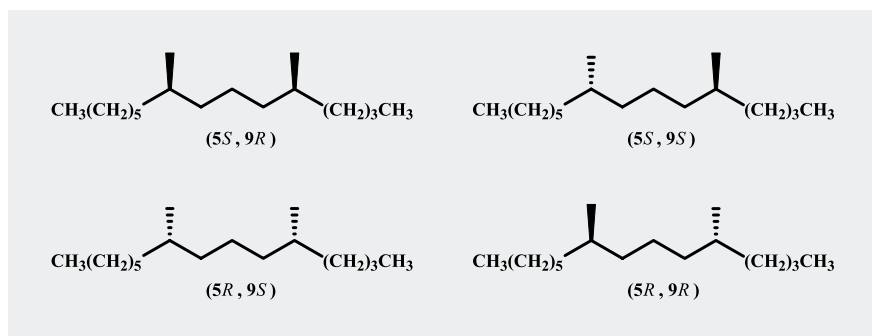


Figura 4 - Diferentes isómeros do componente principal da feromona sexual da fêmea da borboleta do café.

É de referir que os estudos da estereoquímica das feromonas são bastante dificultados, pois estas são obtidas em pequena quantidade (alguns μg) e como óleos voláteis. A melhor forma de contornar esta dificuldade é recorrer à síntese enantioselectiva, de forma a conhecer-se a configuração absoluta da feromona, permitindo posteriormente comparar o poder rotatório específico da feromona sintética com o da natural (Mori, 2007).

Em 1974 analisaram-se feromonas sintéticas enantiomericamente puras, tendo-se provado definitivamente com este estudo que a bioactividade destas depende em absoluto da sua configuração. Silverstein converteu os enantiómeros do ácido 2-metil-4-pentenóico nos enantiómeros da 4-metil-3-heptanona, a principal feromona de alarme da formiga, tendo-se verificado que o isómero (S) deste último composto é 400 vezes mais activo do que o (R) (Figura 5) (Mori, 2007; Riley e Silverstein, 1974).

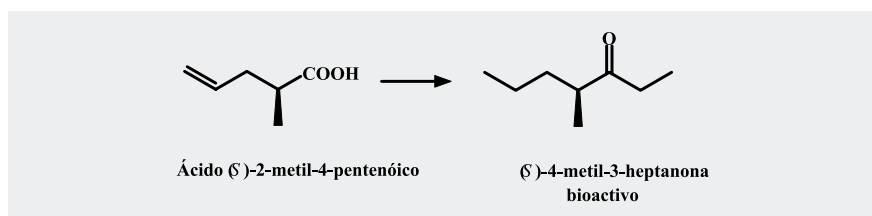


Figura 5 - Conversão do ácido (S)-2-metil-4-pentenóico no enantiómero (S) da 4-metil-3-heptanona.

3. COMUNICAÇÃO QUÍMICA

A comunicação química entre indivíduos da mesma espécie tem muita semelhança com o sistema endócrino dentro do organismo de um indivíduo. Ambos utilizam mensageiros químicos que, mesmo em concentrações baixas, actuam via receptores específicos capazes de provocar respostas comportamentais e/ou fisiológicas (Hubbard e Scott, 2007). A distinção entre feromonas e hormonas reside no facto destas últimas serem libertadas internamente e exercerem influência sobre o metabolismo do indivíduo, enquanto que as primeiras são libertadas para o ambiente e influenciam indivíduos da mesma espécie.

As feromonas não assumem a mesma importância para todas as espécies. Para os insectos, estes mensageiros químicos aparecem como a principal forma de comunicação, provavelmente devido às restrições impostas pelo seu pequeno tamanho à produção e percepção de sinais visuais e acústicos. Assim se percebe que a maior parte dos estudos realizados até à data sejam sobre insectos (Symonds e Elgar, 2008).

A percepção de feromonas nos insectos acontece geralmente por um processo olfativo, embora também possa ser pelo sistema gustativo. Em qualquer um dos casos, as moléculas odoríferas ligam-se a receptores específicos que as transmitem, através do sistema nervoso, às células nervosas. Estas, ao serem estimuladas, originam um impulso eléctrico que é transmitido ao cérebro, induzindo a correspondente resposta orgânica. As feromonas e moléculas odoríferas perceptíveis pelos insectos são pequenas moléculas orgânicas voláteis. Os detectores odoríferos estão localizados nas antenas e são constituídos por milhares de estruturas altamente enervadas (Tegoni *et al.*, 2004).

Um dos sistemas de comunicação química mais amplamente estudado é a detecção de feromonas em borboletas. É caracterizado por extrema sensibilidade, selectividade e rapidez, permitindo aos machos detectar e seguir as feromonas libertadas no ar pelas fêmeas (Zubkov *et al.*, 2005).

A maioria dos vertebrados detecta as moléculas odoríferas que influenciam o seu comportamento social através do olfacto e do sistema vomeronasal (localizado bilateralmente no septo nasal). Sabe-se actualmente que estes dois sistemas, embora sejam separados fisicamente e funcionalmente, são capazes de detectar os mesmos odores, através de diferentes mecanismos, originando a mesma informação. Nos mamíferos, os químicos odoríferos que chegam à cavidade nasal são detectados por receptores sensoriais localizados no epitélio olfativo, no sistema vomeronasal ou em ambos (Kelliher, 2007).

Embora haja alguns estudos que sugerem que as feromonas têm também um papel a desempenhar na vida humana (Solomons e Fryhle, 2004), esta é ainda questionada pela comunidade científica, uma vez que estas não são detectadas pelo olfacto. No adulto humano, o órgão vomeronasal, a existir, parece ser vestigial, não se encontrando qualquer ligação anatómica entre este e o cérebro. Por outro lado, o gene responsável pelo receptor vomeronasal foi encontrado no gene olfativo humano (McGuigan, 2007). De facto, algumas pesquisas sobre genética mostraram a possibilidade da existência de um receptor no nariz sensível às feromonas, tendo-se verificado também que certos genes do genoma humano têm sequências similares às dos receptores destes sinais químicos nos roedores (McCabe, 2000). Mesmo sem estar cientificamente provada a influência das feromonas no Homem, muitos acreditam que estas são importantes na atracção sexual, sendo por isso sintetizadas e comercializadas como componentes de perfumes.

4. APLICAÇÕES DAS FEROMONAS

Compreender o papel das feromonas e a sua potencial utilização pode ser de uma grande importância económica, nomeadamente no controlo reprodutivo de algumas espécies.

A bioestimulação ou comunicação feromonal tem um papel muito importante no processo de reprodução dos mamíferos, através da alteração do nível da secreção da hormona libertadora da gonadotropina (GnRH). A técnica de bioestimulação permite aumentar a eficiência reprodutiva em algumas espécies, tais como ovelhas, suínos ou bovinos, entre outros, embora esta área ainda necessite de ser mais explorada (Rekwot *et al.*, 2000).

As feromonas são também de elevada importância no controlo de pragas das espécies agrícolas, quando a luta química e biológica se apresenta problemática ou ineficaz. Pode-se prevenir a comunicação entre os insectos e o reconhecimento do seu par sexual por pulverização da atmosfera com feromonas sintéticas. Esta técnica tem vindo a substituir os insecticidas convencionais para o controlo de pragas de insectos, pois as feromonas induzem reacções comportamentais com a vantagem de não serem tóxicas (Pheronet, 2008). A utilização de feromonas sintéticas aplicada segundo o método da captura em massa ou da confusão sexual parece ser uma possibilidade para o controlo de pragas. Uma vantagem do método de confusão sexual é a sua compatibilidade com os meios de luta biológicos num programa de Protecção Integrada ou mesmo de Agricultura Biológica (Patanita, 2008). De facto, nas últimas décadas, o estudo aprofundado das feromonas permitiu um grande incremento no que respeita à sua síntese e comercialização, com vista à aplicação destas no combate a pragas nocivas à agricultura (Universidade da Madeira, 2008).

BIBLIOGRAFIA

- Hauser, R., Wiergoswski, M., Gos, T., Marczak, M., Karaszewski, B. e Ochocińska, L. (2005). Alarm Pheromones as an Exponent of Emotional State Shortly Before Death – Science Fiction or a New Challenge? *Forensic Sc. Int.*, 155, Dezembro, pp. 226-230.
- Hubbard, P. e Scott, A. (2007). Pheromones and other Chemical Communication. *General Comparative Endocrinology*, 153(1-3), pp. 390-391.
- Kelliher, K. (2007). The Combined Role of the Main Olfactory and Vomeronasal Systems in Social Communication in Mammals. *Hormones Behavior*, 52, Dezembro, pp. 561–570.
- McCabe, M. (2000). Do Human Pheromones Really Exist? [Em linha]. Disponível em <http://serendip.brynmawr.edu/exchange/node/2052> [Consultado em 18/05/2008].
- McGuigan, M. (2007). Hypothesis: Do Homeopathic Medicines Exert their Action in Humans and Animals Via the Vomeronasal System? *Homeopathy*, 96(2), pp. 113-119.
- Millar, J. (2008). Stereospecific Synthesis of the Sex Pheromone of the Passionvine Mealybug, *Planococcus minor*. *Tetrahedron Letters*, 49(2), pp. 315-317.
- Mori, K. (1997). Pheromones: Synthesis and Bioactivity. *Chem. Commun.*, 1153-1158.
- Mori, K. (2007). Significance of Chirality in Pheromone Science. *Bioorganic & Medicinal Chem.*, 15, December, pp. 7505–7523.
- Mori, K. (2008). Synthesis of the (5S,9R)-isomer of 5,9-dimethylpentadecane, the Major Component of the Female Sex Pheromone of the Coffee Leaf Miner Moth, *Leucoptera coffeella*. *Tetrahedron: Asymmetry*, Abril, pp. 1-5.
- Patanita, M. (2008). Métodos Sustentáveis no Combate às Principais Pragas da Nogueira. [Em linha]. Disponível em http://www.esab.ipbeja.pt/sbpp/posters/ip_metodos_sustentaveis_combate_principais_pragas_nogueira.pdf [Consultado em 18/05/2008].

Pheronet. [Em linha]. Disponível em <http://phero.net/> [Consultado em 18/05/2008].

Rekwot, P., Ogwub, D., Oyedipe, E. e Sekoni, V. (2000). The Role of Pheromones and Biostimulation in Animal Reproduction. *Animal Reproduction Sci.*, 65, March, pp. 157–170.

Riley, R. G. e Silverstein R. M. (1974). Synthesis of S-(+)-4-methyl-3-heptanone, the Principal Alarm Pheromone of *Atta texana*, and its Enantiomer. *Tetrahedron*, 30(10), pp. 1171-1174.

Seeley R., Stephens T. e Tate, P. (2003). *Anatomia e Fisiologia*. 6ª edição. Lisboa, Lusociência.

Solomons, T. e Fryhle, C. (2004). *Organic Chemistry*. 8th edition. Nova Iorque, Wiley.

Symonds, M. e Elgar, M. (2008). The Evolution of Pheromone Diversity. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(4), pp. 220-228.

Tegoni, M., Campanacci, V. e Cambillau, C., (2004). Structural Aspects of Sexual Attraction, and Chemical Communication in Insects. *Trends in Biochemical Sci.*, 5, May, pp. 257-264.

The Pherobase: Database of Pheromones and Semiochemicals [Em linha]. Disponível em <http://www.pherobase.com> [Consultado 21/05/2008].

Universidade da Madeira. Projecto Bichado da Castanha. [Em linha]. Disponível em <http://www.uma.pt/bichado.da.castanha/resultados.htm> [Consultado em 18/05/2008].

Zubkov, S., Gronenborn, A., Byeon, I. e Mohanty, S. (2005). Structural Consequences of pH-induced Conformational Switch in *A. Polyphemus* Pheromone-binding Protein: Mechanisms of Ligand Release. *J. Molecular Biology*, 354, Dezembro, pp. 1081-1090.