

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE JOAQUIM VENÂNCIO
LABORATÓRIO DE FORMAÇÃO GERAL E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL EM SAÚDE

Matheus Antelo Garcia

**PROCESSOS BIOLÓGICOS ENVOLVIDOS COM A DETERMINAÇÃO DO
COMPORTAMENTO SOCIAL DO ADOLESCENTE**

Rio de Janeiro

2011

Matheus Antelo Garcia

PROCESSOS BIOLÓGICOS ENVOLVIDOS COM A DETERMINAÇÃO DO
COMPORTAMENTO SOCIAL DO ADOLESCENTE

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Escola Politécnica de Saúde Joaquim
Venâncio como requisito parcial para
aprovação no curso técnico de nível médio em
saúde na habilitação em Análises Clínicas.

Orientadora: Ray Luiza Soares Salgado Müller

Co-orientador: Marco Aurélio Soares Jorge

Rio de Janeiro

2011

Matheus Antelo Garcia

PROCESSOS BIOLÓGICOS ENVOLVIDOS COM A DETERMINAÇÃO DO
COMPORTAMENTO SOCIAL DO ADOLESCENTE

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Escola Politécnica de Saúde Joaquim
Venâncio como requisito parcial para
aprovação no curso técnico de nível médio em
saúde na habilitação em Análises Clínicas.

Aprovado em: __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ray Luiza Soares Salgado Müller – FIOCRUZ / EPSJV / LABFORM

Prof. Marco Aurélio Soares Jorge – FIOCRUZ / EPSJV / LABORAT

Dra. Jurandy Susana Patrícia Ocampo Lyra – FIOCRUZ / IOC/ LIC

*Dedico este trabalho
aos meus pais, Fernando e Libertad,
que me educaram como o
bom adolescente que (dizem que) sou.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à minha orientadora e meu co-orientador pela paciência em me receber sempre que possível para discutir e elaborar o presente trabalho.

Agradeço aos meus pais pelo apoio técnico e moral, em especial à minha mãe por me privar de certos afazeres domésticos quando precisei para focar no trabalho.

Agradeço também aos colegas de classe que compartilharam esse ano de pesquisa e trabalho árduo, dividindo suas expectativas, louvores e glórias e que, tenho certeza, serão seguidos de diversas outras vitórias em suas vidas.

“A ciência não é uma ilusão, mas seria uma ilusão acreditar que poderemos encontrar noutra lugar o que ela não nos pode dar.”

(Sigmund Freud)

RESUMO

Trata-se de uma revisão bibliográfica com o intuito de compreender a relação entre aspectos biológicos e o comportamento social do adolescente. O pressuposto é que processos biológicos internos, além de condições sociais, também promovem mudanças e ajudam a definir o comportamento social do adolescente. Inicialmente, é definido o conceito de adolescência e correlaciona-se este processo com a puberdade. Em seguida, são descritas as alterações fisiológicas provocadas pelos hormônios sexuais para posteriormente discorrer sobre a relação dos mesmos com o sistema sensorial olfatório humano. Por fim, discute-se a interação entre o sistema olfatório e os centros do sistema nervoso para definir como ocorrem as neuromodulações promovidas pelas estruturas do sistema olfatório e as neuromodulações promovidas pelos hormônios sexuais, abordando o tema da preferência sexual.

Palavras-chave: Hormônios. Sistema sensorial olfatório. Comportamento social.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localização do hipotálamo e hipófise	15
Figura 2 Eixo hipotálamo-pituitária-gônadas	17
Figura 3 Influência da leptina sobre metabolismo	19
Figura 4 Estrutura química do esteroide	21
Figura 5 Localização do órgão vomeronasal	26
Figura 6 Sistema olfatório	28
Figura 7 Sistema límbico e as conexões olfatórias	32

LISTA DE SIGLAS

alfa-MSH	Hormônio Alfa Estimulador de Melanócitos
AND	4,16-androstadieno-3-ona
ECA	Estatuto da Criança e do Adolescente
EST	1,3,5(10),16-estratetraeno-3-ol
GnHs	<i>Gonadotropin Hormones</i> (Hormônios Gonadotrópicos)
GnRH	<i>Gonadotropin-Releasing Hormone</i> (Hormônio Liberador de Gonadotrofinas)
FSH	<i>Follicle-Stimulating Hormone</i> (Hormônio Folículo Estimulante)
hCG	<i>Human Chorionic Gonadotropin</i> (Gonadotropina Coriônica Humana)
Eixo HPG	Eixo Hipotálamo-Pituitária-Gônadas
LH	<i>Luteinizing Hormone</i> (Hormônio Luteinizante)
MOB	<i>Main olfactory bulb</i> (Bulbo olfatório principal)
NPY	Neuropeptídeo Y
NCBI	<i>National Center for Biotechnology Information</i> (Centro Nacional para Informação em Biotecnologia)
OE	<i>Olfactory epithelium</i> (Epitélio olfatório)
OMS	Organização Mundial da Saúde
SciELO	<i>Scientific Eletronic Library Online</i> (Biblioteca Científica Eletrônica Online)
VNO	<i>Vomeronasal organ</i> (Órgão vomeronasal)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivos específicos	13
1.3 METODOLOGIA	13
2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES	14
3 FUNÇÕES FISIOLÓGICAS DOS HORMÔNIOS SEXUAIS	21
3.1 ANDROGÊNIOS	21
3.2 ESTROGÊNIOS	23
4 VIA VOMERONASAL E SISTEMA OLFATÓRIO	25
5 O CÉREBRO EM TRANSFORMAÇÃO	29
5.1 O CÉREBRO E SUAS DIVERSAS CONFORMAÇÕES	29
5.2 HORMÔNIOS SEXUAIS E SUAS INFLUÊNCIAS NO COMPORTAMENTO DO INDIVÍDUO	30
5.3 SISTEMA LÍMBICO	30
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

O homem atual, como produto de todos os fatores sociais que o afetam, se apresenta para a comunidade de diferentes maneiras. Como defende a teoria da evolução do naturalista britânico Charles Darwin, o homem, como qualquer organismo vivo, se desenvolve e evolui no princípio de adaptação ao meio em que vive, sendo este meio modificado pelo desenvolvimento científico proporcionado pelo próprio homem. O meio social atua de diversas maneiras complexas no desenvolvimento de cada indivíduo, e que não cabe serem analisadas neste trabalho.

Não obstante, é interessante observar que o desenvolvimento de cada indivíduo não depende unicamente do seu meio social (lembrando que desenvolvimento diz respeito à aquisição de senso crítico, capacidade cognitiva, mudança nas relações interpessoais, entre outros). Numa análise menos superficial, pode-se observar que o comportamento social do homem começa a apresentar características mais únicas e pessoais na faixa etária categorizada como adolescência. Aprofundando mais esta análise, começar-se-á a identificar os fatores que contribuem para o tal desenvolvimento. Uns deles são conhecidos comumente como os principais coadjuvantes da adolescência e, usualmente, atribui-se a eles a responsabilidade pelo comportamento subversivo muitas vezes registrado nos adolescentes. São os hormônios.

Hormônios são substâncias químicas produzidas por uma glândula ou órgão e que funcionam como “mensageiros”, pois carregam informações e instruções direcionadas a um grupo de células alvo. Tal instrução serve para regular a função das células, ativando ou inativando-as conforme o organismo achar necessário. Neste sentido, os hormônios são a chave da regulação do crescimento, da reprodução e também do desenvolvimento de características sexuais. Este último é controlado pelos hormônios sexuais, embora eles também exerçam influência no comportamento social do indivíduo, sendo, assim, o foco deste trabalho.

Diversas vezes já se ouviu dizer que a culpa de determinado comportamento dos adolescentes é dos hormônios. Tal paradigma ficou cristalizado no senso comum pelo fato de que, nesta faixa etária, é restaurado um sistema de retroalimentação no nosso organismo chamado eixo HPG, referindo-se a Hipófise, Pituitária e Gônadas, que é um conjunto de reações químicas, todas agindo no sentido de liberar mais hormônios sexuais reguladores de características sexuais. Os hormônios aos quais se refere o paradigma são os hormônios sexuais. Este trabalho se propõe a estudar os

efeitos dos androgênios e estrogênios relativos ao comportamento social dos adolescentes.

Um aspecto importante a ser percebido é que o eixo HPG é muito presente em fases bem primitivas do nosso desenvolvimento, enquanto ainda somos bebê. “Significa que criancinhas, nada interessadas pelo sexo oposto, têm o cérebro tão inundado por hormônios sexuais quanto os adolescentes...” (HERCULANO-HOUZEL, 2005). Isto é para mostrar que são diversos os fatores que influenciam no comportamento social do indivíduo.

Em uma relação interpessoal (campo comum de observação do comportamento social do homem), o comportamento do homem é regulado, para Heider (1958), “pelo que o homem pensa que a outra pessoa está a pensar, para além do que ela está a fazer”. A psicanálise sugere que tal fenômeno se dê por meio do inconsciente, instância psíquica que abriga os determinantes da personalidade, as fontes da energia psíquica e as pulsões ou instintos.

Cabe aqui uma explicação sobre o que Freud denomina pulsões ou instintos. A pulsão consistiria numa espécie de energia psíquica que tende a levar o indivíduo à ação, para aliviar a tensão resultante do acúmulo de energia pulsional. Trata-se de um conceito fronteiro entre o somático e o psíquico. Freud descreveu duas forças pulsionais opostas: a sexual (erótica ou fisicamente gratificante) e a agressiva ou destrutiva. Suas descrições encararam essas forças antagonicas, ou como mantenedoras da vida ou como incitadoras da morte, respectivamente. Tal antagonismo não costuma ser visível ou consciente, e a maioria de nossos pensamentos e ações é evocada por essas duas forças instintivas em combinação. (LIMA, 2010)

Diante da insatisfação dos cientistas que defendem que as teorias devem ter um fundamento teórico-prático, a neurociência busca uma integração com a psicanálise e propõe que tal interação inconsciente se dá devido a hormônios protéticos cuja função partiria de uma comunicação química entre indivíduos de mesma espécie. O fundamento de tal comunicação seria estimular, de alguma forma (inibindo ou facilitando), o comportamento social e sexual dos indivíduos envolvidos. Estes hormônios são classificados como feromônios, do grego *pherein*, “transportar”, e *hormon*, “excitar”, e serão citados no trabalho.

Além da interação inconsciente, as relações interpessoais se dão através dos sentidos e são estimuladas pelos mesmos. Essa interação, portanto, é caracterizada como consciente, instância psíquica responsável pela percepção, tanto das informações provenientes do mundo exterior quanto do interior da mente. Todas estas informações combinadas desencadeiam no indivíduo processos fisiológicos que resultam na liberação de hormônios, os quais promovem mudanças no seu comportamento através

da estimulação de processos sexuais internos, ou da configuração de desejos que podem ser mantidos no inconsciente até uma hora mais propícia de serem evocados ou vir à tona no mesmo instante, ultrapassando o pré-consciente e chegando ao consciente como uma potência de ação (LIMA, 2010). Sugere-se, dessa forma, que hormônios sexuais podem atuar de diversas maneiras na regulação do comportamento social em uma simples relação interpessoal.

O desenvolvimento do comportamento social registrado na adolescência não se dá simplesmente pelas exigências do meio social. O aumento da produção de hormônios sexuais no período da puberdade atua no desenvolvimento de características sexuais primárias e secundárias, exerce influências emocionais e também comportamentais, o que será amplamente discutido e exposto neste trabalho.

1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

Cada vez mais as pesquisas científicas têm buscado uma correlação entre influências orgânicas e o comportamento humano. Como forma de entendimento da mente humana, Eric Kandel, Nobel de fisiologia e medicina (2000), propõe a convergência entre neurobiologia e psicanálise em vista do desenvolvimento da neurobiologia. Cabe aqui uma explicação do que seriam esses dois campos de pesquisa:

A psicanálise é um campo teórico que se propõe à análise do homem como sujeito do inconsciente. Sigmund Freud relatou as instâncias psicológicas do homem ao formular seus dois modelos típicos, onde o primeiro incluía, resumidamente, o inconsciente, o pré-consciente e o consciente, que posteriormente foram modificados com a elaboração do segundo modelo típico, passando-se a dividir a mente em id, ego e superego.

A neurobiologia, por sua vez, é um termo que se refere às disciplinas que estudam o sistema nervoso a partir da correlação do mesmo com as matérias principais de cada disciplina, especialmente sua fisiologia, anatomia e evolução. Tal estudo se estende aos campos da neuroendocrinologia, neuroimunologia, neuropsiquiatria etc.

O desenvolvimento da neurobiologia se fez de forma a apresentar um corpo de dados que permite a consolidação científica do corpo teórico-técnico da psicanálise, satisfazendo muitos cientistas que consideravam que a psicanálise não fornecia hipóteses confiáveis por não ter a experimentação como método principal de pesquisa.

O entendimento da mente humana se reflete no entendimento do comportamento humano (LIMA, 2010).

Sabemos que pode haver diversos determinantes no comportamento, especialmente em um período de grandes mudanças físicas e psicológicas como é o período da adolescência.

O interesse em estudar as relações sociobiológicas nos indivíduos adolescentes surgiu da percepção da puberdade como concomitante à adolescência. É interessante observar que processos biológicos podem sim influenciar no desenvolvimento de características sociais dos indivíduos (como mostram pesquisas da área da neurobiologia) e que essa relação pode ser estudada e tida como similar a todos os indivíduos, tendo em vista que os produtos da puberdade em questão (produção elevada de hormônios sexuais) são comuns a todos os indivíduos normais.

Não obstante, o estudo sobre esse tema pode servir à comunidade científica na melhor compreensão da complexidade dos processos ocorridos na fase de maturação social do indivíduo, contribuindo para o desenvolvimento das neurociências e da neurobiologia.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho é compreender as relações entre o efeito dos hormônios sexuais no organismo do indivíduo adolescente e o comportamento social do mesmo.

1.2.1 Objetivos específicos

- Descrever o processo de secreção hormonal (androgênios e estrogênios) e os efeitos fisiológicos deste processo fazendo, também, descrições químicas a respeito dos hormônios sexuais;
- Descrever o funcionamento do sistema sensorial olfatório e sua relação com modulações internas do organismo;
- Discutir as alterações físicas e emocionais e correlacioná-las às mudanças nos aspectos comportamentais do indivíduo adolescente.

1.3 METODOLOGIA

O presente estudo será feito através da revisão bibliográfica de artigos que abordem o tema em questão, livros que explorem o campo da neurociência, trabalhos e

artigos encontrados em bibliotecas especializadas e em bancos de dados na internet como SciELO e ncbi e referências encontradas nestas fontes. Espera-se que os documentos consultados sejam os mais atualizados dentro do assunto de forma a manter o trabalho igualmente atualizado.

2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

A adolescência se caracteriza por um período de transição. Mais que isso, é uma fase de preparação do indivíduo para a vida adulta. As competências, os valores adquiridos, enfim, as mudanças, tanto externas quanto internas, físicas e mentais, que são características da adolescência, vêm no sentido de capacitar o indivíduo a assumir os deveres e papéis sociais da vida adulta. Em suma, a adolescência é uma fase de postura do ser humano em relação ao meio social em que vive e reflete as expectativas do indivíduo frente ao ambiente social.

Mas, consensualmente, a que faixa etária atribuímos a tal adolescência? De fato, há muitas tentativas de se definir adolescência, embora nem todas as sociedades adotem este conceito. Entretanto, estando ele presente em diversas culturas, sua definição pode variar bastante. No Brasil, o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) define esta fase como característica dos doze aos dezoito anos de idade. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), adolescente é o indivíduo que se encontra entre os dez e dezenove anos de idade (CONTI et al., 2005).

A atribuição de uma faixa etária para a adolescência se fundamenta a partir do momento em que o indivíduo começa a desenvolver certas funções que o capacitem a assumir seu papel social. Amadurecimento crítico, desenvolvimento da cognição, maneira de se interrelacionar socialmente são fatores que ganham notabilidade neste processo.

Esta formação do indivíduo parte tanto de influências sociais quanto biológicas. É comum observar como crianças crescem e desenvolvem características

semelhantes às aquelas encontradas nos indivíduos responsáveis por seu disciplinamento e criação, ou seja, influenciadas pelo seu meio social.

Por outro lado, algo muito determinante na manifestação de emoções, comportamentos (instintivos ou não) e afins pode ser explicado na própria biologia humana.

Antes que o adolescente manifeste essa onda de novos comportamentos e posições frente à sociedade, processos biológicos vão se desencadeando internamente, de forma a prepará-lo mental e fisicamente para a vida adulta. Estes processos vêm em fases específicas, reconhecidas pelo próprio organismo como propícias ao amadurecimento sexual e desenvolvimento corporal e cujo funcionamento será explicado mais à frente. É o período caracterizado como puberdade.

A definição de puberdade segundo o dicionário Michaelis (2001) é: “pu.ber.da.de sf Fase de transformações psicológicas e fisiológicas que caracterizam a transição da infância para a adolescência.” (MICHAELIS, 2001, p. 186)

Ao que se refere ao "estirão" observado na adolescência, alongamento ósseo e crescimento muscular, os hormônios de crescimento secretados pela hipófise, ou pituitária, são responsáveis (dependentes do estímulo hipotalâmico – Figura 1). Quanto a reações provocadas pela interação com o sexo oposto, tomam parte estruturas integrantes do sistema vomeronasal¹, como o órgão vomeronasal e o epitélio olfativo, que são estruturas encontradas na cavidade nasal e que são capazes de reconhecer substâncias emitidas por seres da mesma espécie, que são conhecidas como feromônios. Este termo foi introduzido em 1959 pelos entomologistas Peter Karlson e Martin Lüscher (1959) para identificar substâncias biologicamente ativas específicas secretadas por um indivíduo e recebidas por outro indivíduo da mesma espécie, no qual elas promovem uma reação específica, por exemplo, um determinado comportamento ou um processo de desenvolvimento (KARL & LÜSCHER apud LLEDO; GHEUSI; VINCENT, 2005).

¹ Tal afirmação é mais observada em vertebrados não-humanos. A funcionalidade do órgão vomeronasal humano é ainda controversa.

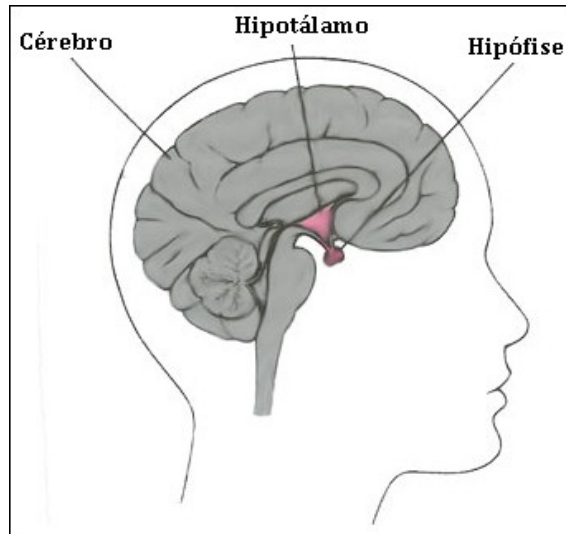


Figura 1 - Localização do hipotálamo e da hipófise no encéfalo, enfatizando a relação de ambos com o sistema nervoso central. Versão adaptada (tradução nossa).

Fonte: www.cerem.med.br

A liberação de hormônios sexuais é função de um sistema chamado eixo HPG, referente a Hipotálamo, Pituitárias e Gônadas. O eixo HPG consiste num sistema de retroalimentação que tem por objetivo final a liberação de hormônios sexuais pelas glândulas na corrente sanguínea. Mas, antes de falar do funcionamento do eixo, devemos entender o que são as glândulas e qual sua importância no processo.

Glândulas são as unidades funcionais do sistema endócrino. São formadas por células que secretam determinada substância. A classificação de uma glândula pode ser feita a partir do local para onde a substância liberada pela célula segue após sua liberação.

No caso em que a substância é liberada dentro do sistema circulatório, diz-se que a glândula tem função endócrina. Um exemplo é a glândula tireóide, liberadora dos hormônios tiroxina e triiodotironina, que regulam a taxa do metabolismo.

Quando a substância é liberada fora do sistema circulatório, ela é liberada em um sistema condutor que a leva para uma superfície interna ou externa do organismo. Neste caso, a glândula tem função exócrina. Um exemplo são as glândulas sudoríparas².

Existem ainda as chamadas glândulas mistas, as quais possuem função endócrina e exócrina ao mesmo tempo. É o caso, por exemplo, das gônadas. Os hormônios produzidos pelas gônadas são lançados na corrente sanguínea (caracterizando a função endócrina), enquanto seus gametas são liberados nas trompas

² Glândulas sudoríparas: glândulas produtoras de suor, importantes para a regulação da temperatura corporal nos mamíferos.

uterinas (nas mulheres) ou nos túbulos seminíferos (nos homens), o que caracteriza sua função exócrina.

Esclarecida a definição de glândula, o eixo HPG funciona da seguinte forma:

Primeiramente, o hipotálamo libera pulsos de hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), que agem sobre a pituitária. Esta, por sua vez, libera gonadotrofinas (GnHs), sendo as mais conhecidas o hormônio folículo estimulante (FSH) e o hormônio luteinizante (LH), que atuam sobre as gônadas (ovários na mulher, testículos no homem), estimulando a liberação de hormônios sexuais (Figura 2). O hipotálamo faz a ligação entre o sistema nervoso e o sistema endócrino, atuando na ativação de diversas glândulas endócrinas. Além de receber estímulos fisiológicos para liberar seus pulsos de GnRH, este órgão recebe também estímulos ambientais, como mostra o trecho:

O hipotálamo, por sua vez, recebe sinais de muitas fontes do sistema nervoso. Assim, quando o indivíduo é exposto à dor, parte do sinal da dor é transmitida ao hipotálamo. De forma semelhante, quando um indivíduo tem pensamentos fortemente depressivos, ou excitantes, parte do sinal é transmitida ao hipotálamo. Os estímulos olfatórios, indicando odores agradáveis ou desagradáveis, transmitem fortes componentes do sinal diretamente e através dos núcleos amigdalóides para o hipotálamo. Mesmo as concentrações de nutrientes, eletrólitos, água e vários hormônios no sangue excitam, ou inibem, várias porções do hipotálamo. Por conseguinte, o hipotálamo é um centro coletor de informações relativas ao bem-estar interno do corpo, e, por sua vez, grande parte dessa informação é utilizada para controlar as secreções de muitos hormônios hipofisários de importância global. (GUYTON, 2002, p. 792-793)

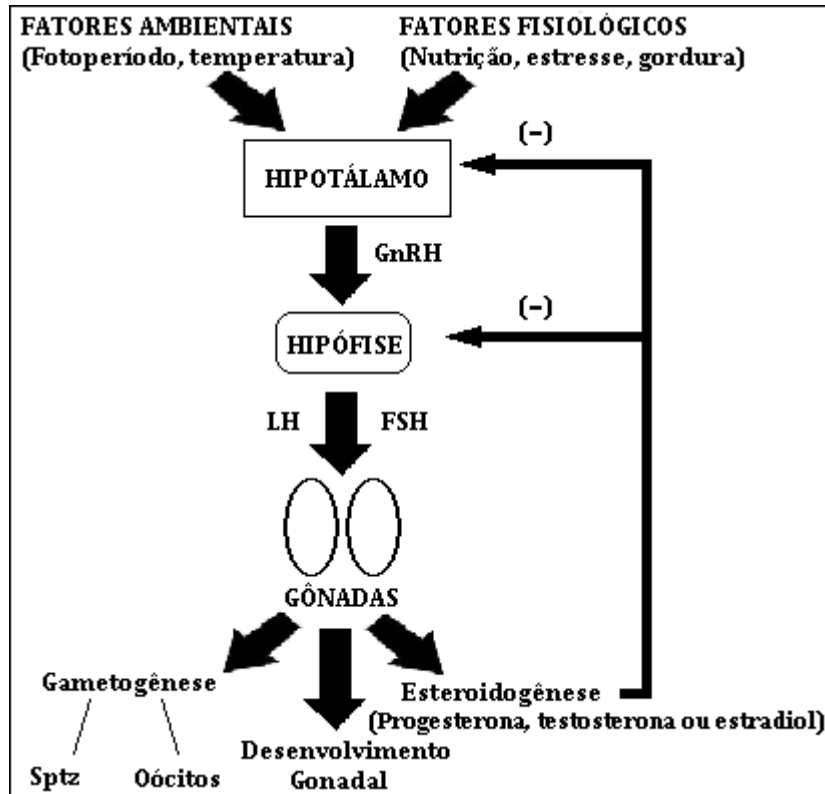


Figura 2 - Eixo HPG: O hipotálamo recebe estímulos ambientais ou fisiológicos para liberar pulsos de Hormônio Liberador de Gonadotrofina (GnRH), que induz a liberação de Hormônio Luteinizante (LH) e Hormônio Foliculo Estimulante (FSH), os quais estimulam a liberação de hormônios sexuais pelas gônadas, os quais exercem um controle negativo sobre a secreção hipotalâmica e hipofisária. Versão adaptada.

Fonte: www.mcguido.vet.br

O FSH e o LH são produzidos e liberados pela adenohipófise, que é a porção anterior da glândula hipófise. Ambos atuam no crescimento, no desenvolvimento da sexualidade e na gametogênese. Nas mulheres, o FSH promove o crescimento dos folículos ovarianos, que são estruturas responsáveis pela produção do óvulo. Nos homens, ele atua sobre as células do interstício do testículo maduro, chamadas células de Sertoli³, o que promove a maturação do espermatozóide. O LH, por sua vez, promove a liberação de testosterona pelas células de Leydig nos homens, a partir da diferenciação dos fibroblastos⁴ das áreas intersticiais do testículo nas células intersticiais de Leydig⁵. Nas mulheres, ele promove a formação do corpo lúteo e a ovulação. A estrutura química do FSH e do LH é peptídica. São, portanto,

³ Células de Sertoli: células formadoras de elementos nutritivos para desenvolvimento dos espermatozoides.

⁴ Fibroblasto: célula constituinte do tecido conjuntivo que pode originar células de outros tecidos conjuntivos, como a célula de Leydig.

⁵ Células de Leydig: células intersticiais do testículo, situadas entre os túbulos seminíferos e produtoras de androgênios. Essas células constituem 20% do testículo adulto.

hidrossolúveis. São sintetizados na extremidade rugosa do retículo endoplasmático e mantidos em vesículas secretórias até sua ativação.

O LH é liberado aos pulsos, juntamente com o FSH, de forma que o aumento de LH significa o aumento de FSH. Da mesma forma, a diminuição de um significa a diminuição do outro. Este comportamento determina, por exemplo, a liberação pulsátil da testosterona, que é o androgênio masculino mais importante e cujas funções serão abordadas no capítulo seguinte. A liberação de ambos é também controlada por retroalimentação com os tecidos ou células-alvo que eles estimulam, como no caso do feedback da secreção de FSH, em que o FSH estimula as células de Sertoli, que por sua vez liberam a inibina, o que inibe a produção de FSH pela hipófise anterior.

Altos picos de FSH e LH registrado nas mulheres estão relacionados a seu período de ovulação, já que estes hormônios atuam no rompimento do corpo lúteo e consequente ovulação, como dito acima.

Deve-se notar, de fato, que cada componente deste sistema tem papel fundamental para o bom funcionamento de todo o eixo. As gônadas não liberariam hormônios não fosse o estímulo das gonadotrofinas liberadas pela pituitária. Da mesma forma, a pituitária não liberaria gonadotrofinas sem o estímulo hipotalâmico, com seus pulsos de GnRH. A importância de cada elemento é representada na passagem a seguir:

Os pulsos de GnRH são cruciais para que a adolescência tenha início: o retardo na adolescência humana causado por um distúrbio chamado hipogonadismo hipogonadotrópico (tradução: baixo funcionamento das gônadas por falta de gonadotropinas) é revertido com o implante de uma bombinha sob a pele que libera pulsos de GnRH. No sentido inverso, uma droga sintética parecida com esse hormônio, mas que suprime a liberação de gonadotropina pela pituitária, impede que a puberdade se instale. (HERCULANO-HOUZEL, 2005, p. 25)

Mas como se inicia, ou melhor, reinicia este processo? O eixo HPG é presente em fases primitivas da nossa vida, enquanto ainda somos bebê. Isto é para ocorrer o desenvolvimento inicial dos órgãos sexuais (fato que nos permite diferenciar um bebê menino de um bebê menina).

Durante a infância, o hipotálamo é freado e não libera mais pulsos de GnRH. Com o início da puberdade, este freio é retirado para que se reinicie a liberação de hormônios sexuais e de crescimento. O motivo pelo qual este freio é retirado ainda é desconhecido, mas estima-se que haja relação com o nível nutricional do nosso corpo (HERCULANO-HOUZEL, 2005).

Os adipócitos, células do tecido adiposo responsáveis pelo armazenamento de gordura, quando estão carregados, liberam um hormônio chamado leptina.

Convenientemente, quanto mais cheios estiverem os adipócitos, mais leptina produzem. A leptina informa ao cérebro a quantidade de gordura acumulada no corpo, pois é reconhecida por neurônios do hipotálamo que controlam o apetite e o metabolismo do corpo como um todo.

A capacidade de um hormônio de atuar sobre um tecido-alvo depende de uma forma de ligação entre os dois. Neste sentido, as células devem apresentar receptores, que ficam expostos em sua membrana, capazes de promover a interação entre hormônio e célula. No caso da leptina,

Há cinco variedades ("splice variants") de receptores da leptina (Ob-Ra/e) [ou seja, Ob-Ra, Ob-Rb, Ob-Rc, Ob-Rd, Ob-Re], porém somente o receptor Ob-Rb (forma longa) contém um domínio intracelular que é capaz de transmitir o sinal de ligação com a leptina para dentro da célula. A forma longa do receptor foi encontrada nos mais diversos órgãos incluindo pâncreas, rim, medula adrenal, placenta, ovários e tecido adiposo. Uma forte presença da expressão do gene do receptor Ob-Rb é vista nos diversos núcleos hipotalâmicos que regulam a ingestão alimentar e o controle do gasto energético. Estas evidências dão crédito à idéia de que os efeitos da leptina sobre o balanço energético são mediados por neurônios desta região. (NEGRÃO, 2000)

Dependendo do nível registrado, a leptina pode suprimir a produção de um hormônio responsável pelo apetite, conhecido como Neuropeptídeo Y (ou NPY), e aumentar a produção de outro hormônio, o hormônio alfa estimulador de melanócitos (alfa-MSH), o que acaba com a sensação de fome (Figura 3). Deste modo, a leptina permite que o hipotálamo mantenha um equilíbrio energético do nosso corpo, informando quando os adipócitos estão murchos e necessitam de mais nutrientes através da sensação de fome e de apetite. Tais fatos nos permitem concluir que o corpo aguarda o momento propício para o início do desenvolvimento sexual, que seria o período em que os níveis nutricionais do nosso organismo são suficientes e estáveis.

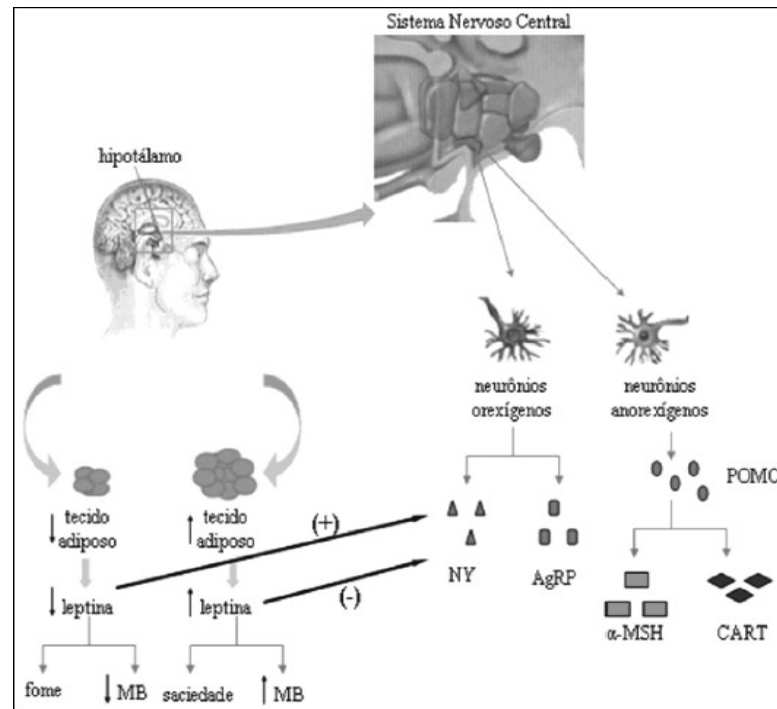


Figura 3 - Ação central da leptina no balanço energético: influência sobre o metabolismo basal.
Fonte: RIBEIRO et al., 2007.

O freio referido acima quanto à liberação de pulsos de GnRH tem como um dos responsáveis o próprio NPY. Um estudo feito com primatas demonstrou que, tendo injetado NPY diretamente no cérebro, a produção de GnRH é bloqueada (EL MAJDOUBI et al., 2000). O NPY, dessa forma, adia indefinidamente a entrada na adolescência. Por outro lado, injetar substâncias bloqueadoras da ação do NPY acelera a progressão da puberdade em ratos (PRALONG et al., 2000). Uma das substâncias bloqueadoras da ação do NPY é justamente a leptina. A alta produção de leptina, que sinaliza o acúmulo de gordura corporal, freia a produção de NPY, consequentemente levantando o freio que este estabelece sobre o hipotálamo.

Esta pode ser, portanto, a grande contribuição da leptina para o início da puberdade: reduzir o freio proporcionado pelo NPY. Entretanto, suprimir a produção de NPY não basta para que o hipotálamo volte a produzir pulsos de GnRH, tendo em vista que outros fatores também promovem a inibição do hipotálamo neste sentido, como neuregulinas e substâncias da família dos fatores de crescimento epiteliais (HERCULANO-HOUZEL, 2005).

Em tais fatores, entretanto, não estão inclusos os hormônios sexuais produzidos pelas gônadas (PLANT & SHABAB, 2002). Seu papel na conjuntura social do indivíduo será melhor explorado mais à frente.

A adolescência é, enfim, coisa do cérebro.

3 FUNÇÕES FISIOLÓGICAS DOS HORMÔNIOS SEXUAIS

Como visto no capítulo anterior, a restauração do eixo HPG é o fator responsável pela liberação de hormônios sexuais no organismo. Para estabelecer uma relação entre tal fato e as alterações psicológicas e fisiológicas características da puberdade, é necessário compreender como os hormônios sexuais atuam e que diferenças eles produzem no organismo. Primeiramente, será provida uma visão geral dos hormônios sexuais, seus mecanismos intracelulares básicos, produção, degradação, entre outros, para posteriormente indicar alguns processos biológicos em que eles estão envolvidos.

Os hormônios que mais serão referidos são dois principais: testosterona e estradiol. Os dois possuem a mesma natureza química: são hormônios esteroides, ou seja, possuem a estrutura química básica de um esteroide (Figura 4). Por serem hormônios lipossolúveis, uma vez sintetizados, eles não são armazenados dentro da célula produtora, pois se difundem facilmente através da membrana celular.

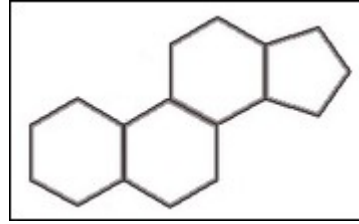


Figura 4 - Estrutura química básica de um esteroide. Versão adaptada.
Fonte: www.wikipedia.org/Esteroide

3.1 ANDROGÊNIOS

O termo “androgênio” se refere a hormônio sexual masculino, cuja representante mais importante é a testosterona. Os androgênios são secretados principalmente pelos testículos, mais especificamente pelas células de Leydig, porém são secretados também em outras partes do corpo, como na glândula suprarrenal. A síntese dos androgênios pode ser feita a partir do colesterol plasmático ou a partir do colesterol da própria célula ou diretamente da acetil-coenzima A. A produção de androgênios aumenta rapidamente no início da puberdade e decresce rapidamente depois dos 40 anos para tornar-se cerca de um quinto do valor máximo à idade de 80 anos.

Os androgênios são responsáveis pelo desenvolvimento das características distintivas do corpo masculino. A glândula suprarrenal secreta pelo menos cinco androgênios diferentes, porém o somatório de suas atividades masculinizantes não produz características masculinas significativas em relação ao que a testosterona produz (GUYTON, 2002). Neste sentido, a testosterona será o androgênio mais abordado.

Após a liberação da testosterona, antes que ela seja fixada a um tecido ou degradada, por ser um hormônio lipossolúvel, ela se liga a proteínas plasmáticas como a albumina plasmática ou uma β -globulina chamada globulina fixadora de esteroide gonádica para ser transportada através da circulação sanguínea. Enquanto esta ligação com a proteína for mantida, a testosterona não pode se fixar ao tecido.

A fixação aos tecidos ocorre a partir da ligação deste hormônio a um receptor específico presente no tecido. Uma vez fixada, a testosterona é convertida em diidrotestosterona, que é a forma mais ativa, para desempenhar suas funções. Seu mecanismo intracelular básico é a maior formação de proteínas nas células-alvo. Este estímulo ocorre em todas as regiões do corpo, apesar de aumentar mais especificamente a produção de proteínas nos órgãos ou tecidos-alvos responsáveis

pelo desenvolvimento das características sexuais. Neste sentido, a testosterona provoca diversos efeitos no organismo, a saber:

- distribuição de pelos corporais (região do rosto, axilas, região púbica, tórax e, mais raramente, costas);
- calvície (este fator depende primeiramente de uma predisposição genética, aliada à administração de testosterona);
- efeitos sobre a voz (hipertrofia da mucosa laríngea e aumento da faringe);
- efeitos sobre a pele (espessamento da pele e aumento da resistência de tecidos subcutâneos. A testosterona ainda aumenta o índice de secreção das glândulas sebáceas, em especial as da face, tornando propício o aparecimento de acne);
- efeito sobre o desenvolvimento muscular;
- efeito sobre crescimento ósseo e retenção de cálcio (aumento da quantidade total de matriz óssea e retenção de cálcio, decorrente do aumento da matriz óssea disponível para calcificação e da função anabólica geral da testosterona);
- e efeitos sobre a quantidade de hemácias (o homem possui cerca de 700.000 hemácias por milímetro cúbico de sangue a mais que a mulher, o que pode ser consequência do aumento do metabolismo corporal após administração de testosterona, e não um efeito direto da testosterona).

Por ser um hormônio esteroide, a testosterona ainda produz um efeito sobre o controle hídrico e eletrolítico corporal por aumentar a reabsorção de sódio nos túbulos distais renais⁶, embora atue em pequeno grau neste sentido comparada aos corticóides produzidos pelas glândulas adrenais.

A testosterona que não é fixada aos tecidos é convertida, pelo fígado principalmente, em androsterona e desidroepiandrosterona. Em seguida, é conjugada como glicuronídeo ou sulfato e este conjugado é excretado pela bile na urina ou no tubo intestinal.

Um conhecimento interessante a respeito da testosterona é sua função na vida fetal. Neste período, a produção de um hormônio sexual pelas cristas genitais⁷, que ocorre por volta do segundo mês de desenvolvimento embrionário, é estimulada pela gonadotrofina coriônica humana (hCG) que a placenta produz para até a puberdade não ser produzida praticamente nenhuma quantidade deste hormônio. O que define qual hormônio sexual será produzido é definido pelo cromossomo sexual do embrião.

⁶ Túbulo distal renal: canal constitutivo do néfron, responsável por 5 a 10% do sódio filtrado nos rins.

⁷ Cristas genitais: pequenas protuberâncias presentes no embrião responsáveis pela diferenciação das gônadas.

Mesmo que o feto seja feminino (ou seja, quando o cromossomo sexual estimula a produção de hormônios sexuais femininos), a injeção de androgênios em animais grávidos faz com que características masculinas sejam desenvolvidas (aparecimento do pênis, da bolsa escrotal, glândula prostática, vesículas seminais e ductos genitais masculinos). Por outro lado, sendo o feto masculino, a remoção dos testículos do feto cessa a produção de testosterona e causa o desenvolvimento de órgãos sexuais femininos (clitóris e vagina). Neste sentido, o fator determinante do desenvolvimento de órgãos sexuais é a presença ou ausência de testosterona.

O homem ainda produz pequena quantidade de hormônios femininos, ou estrogênios. Cerca de 80% da produção total de estrogênio no homem é pelo fígado, que converte parte dos androgênios testosterona e androstenediona em estrogênio. A função do estrogênio no homem é desconhecida, embora exista uma finalidade terapêutica conhecida no tratamento dos sintomas que o climatério masculino pode causar (congestão facial, sufocação e distúrbios psíquicos) a partir da administração de estrogênios.

3.2 ESTROGÊNIOS

O termo estrogênio diz respeito ao grupo de hormônios sexuais femininos básicos. Os estrogênios que circulam em quantidade mais significativa no plasma são o estriol, a estrona e o estradiol. O estrogênio mais importante, ou seja, aquele que possui maior potencial de produzir características femininas é o estradiol. Sua potência estrogênica chega a ser 12 vezes maior que da estrona e 80 vezes maior que a do estriol (GUYTON, 2002). O estradiol será, portanto, mais citado dentre os demais estrogênios.

Os estrogênios promovem o aparecimento de características sexuais secundárias da mulher pela proliferação e crescimento de células específicas no corpo. São sintetizados, assim como os androgênios, a partir do colesterol e acetil-coenzima A nos ovários e em diminutas quantidades pelas adrenais. A placenta também secreta estrogênios durante o período de gravidez. Primeiramente, progesterona e testosterona são formados. A seguir, antes que saiam dos ovários, quase toda a testosterona e grande parte da progesterona são convertidos em estrogênios. A maior parte da estrona é formada já nos tecidos periféricos a partir de androgênios secretados pelo córtex suprarrenal. O estriol, por sua vez, é produto oxidativo derivado do estradiol e da estrona e sua conversão ocorre principalmente no fígado.

O LH e o FSH desempenham importante função na secreção dos estrogênios e da progesterona, como já foi dito no capítulo anterior. Aproximadamente dois dias antes da ovulação, o índice de secreção de LH pela hipófise aumenta de seis a 10 vezes para causar a inchação do folículo. O LH também possui um efeito sobre as células granulosas dos ovários, transformando-as em células luteínicas que diminuem a produção de estrogênio e inicia a produção de progesterona (para preparar o útero para o recebimento do óvulo) para então ocorrer a ovulação.

Após a ovulação, as células secretoras do folículo transformam-se em um corpo lúteo que secreta grandes quantidades de estrogênios e progesteronas. Após duas semanas, o corpo lúteo degenera e os hormônios ovarianos estrogênios e progesterona diminuem apreciavelmente, resultando na menstruação.

Semelhante ao caso dos androgênios, o mecanismo intracelular básico dos estrogênios é a também a maior formação de proteínas que este hormônio promove nas células-alvo. Entretanto, os androgênios possuem um efeito mais generalizado sobre todo o corpo, enquanto que os estrogênios atuam quase que exclusivamente em certos órgãos-alvo. Acredita-se que é por este motivo que o metabolismo corporal do homem é mais rápido que o da mulher. A quantidade de estrogênio secretada sob influência dos hormônios gonadotróficos hipofisários aumenta em cerca de 20 vezes após a puberdade. Nessa condição, os efeitos dos estrogênios sobre o corpo são:

- aumento das genitálias interna e externa graças à deposição de proteínas nestes tecidos. Juntamente, o epitélio vaginal torna-se mais resistente a infecções e o endométrio e as glândulas se desenvolvem;

- aumento do número de células epiteliais ciliadas que revestem as trompas uterinas (fator importante para se criar um fluxo que guie o óvulo em um só caminho);

- desenvolvimento dos tecidos do estroma das mamas, crescimento do extenso sistema de ductos e deposição de gordura nas mamas;

- aumento da atividade osteoblástica (promove um rápido crescimento na puberdade, mas estrogênios também causam a fusão inicial das epífises com as diáfises dos ossos longos. Este efeito é mais acentuado na mulher, portanto o crescimento na mulher cessa geralmente muitos anos antes que o crescimento no homem);

- aumento do índice metabólico e deposição de gordura nos tecidos subcutâneos, nádegas e coxas (causando alargamento dos quadris);

- efeito sobre a distribuição de pelos.

Assim como a testosterona, o estradiol é um hormônio esteroide e por isso desempenha uma função no equilíbrio eletrolítico e hídrico do corpo na medida em que aumenta a retenção de cálcio e água pelos túbulos distais renais.

O estrogênio que não é fixado é conjugado pelo fígado, formando glicuronídeos e sulfatos. Este produto é excretado pela bile e grande parte pela urina.

4 VIA VOMERONASAL E SISTEMA OLFATÓRIO

Na maioria dos mamíferos, a cavidade nasal contém no mínimo dois sistemas sensoriais que podem ser incluídos no processo de detecção de substâncias presentes no ambiente: o vomeronasal e o sistema olfativo (Figura 5) (TIRINDELLI et al., 2009). Tal detecção é importante pois promove uma neuromodulação a partir do que estes sistemas captam do meio ambiente. A neuromodulação promovida pelos ditos sistemas é importante por permitir a identificação de substâncias que podem ser benéficas ou prejudiciais – diferenciar comida viável para consumo de comida estragada, por exemplo – bem como pode induzir certos comportamentos ou

neurosecreções importantes para autopreservação ou reprodução (como será visto no capítulo seguinte).

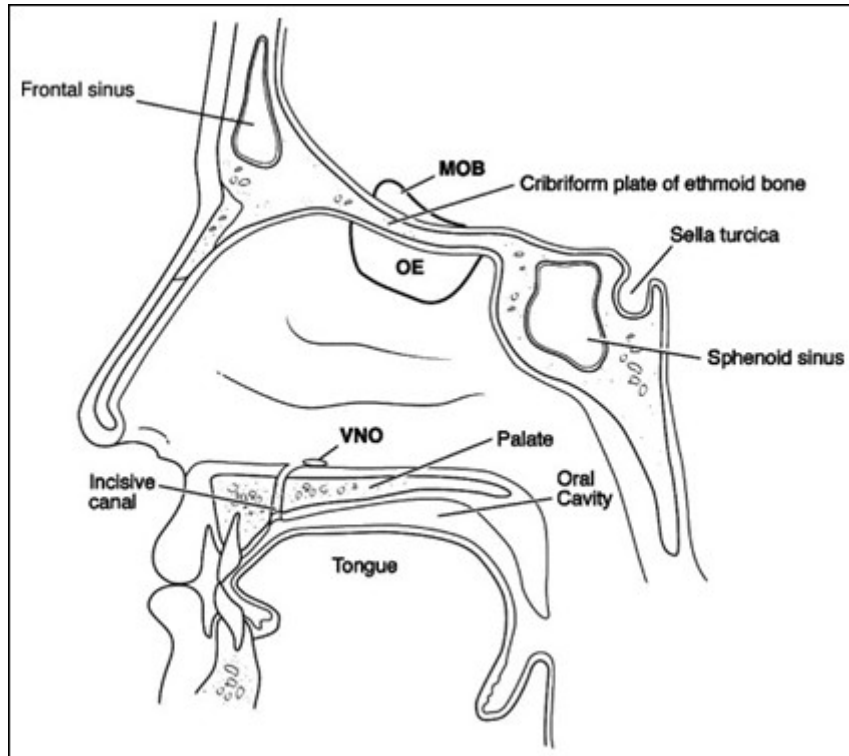


Figura 5 - Diagrama esquemático mostrando a localização aproximada do órgão vomeronasal humano na base do septo nasal. Abreviaturas: MOB, main olfactory bulb (bulbo olfatório principal); OE, olfactory epithelium (epitélio olfatório); VNO, vomeronasal organ (órgão vomeronasal). Fonte: HALPERN; MARTÍNEZ-MARCOS, 2003.

As diferenças fisiológicas entre os sistemas vomeronasal e olfatório ainda não são muito bem conhecidas, entretanto sabe-se que os dois possuem uma ligação direta com o sistema límbico e com os centros memoriais do cérebro (BHUTTA, 2007). A funcionalidade do órgão vomeronasal é ainda uma questão em discussão, embora muitos estudos já demonstrem a não-funcionalidade deste órgão em humanos. (HALPERN; MARTÍNEZ-MARCOS, 2003), (KEVERNE, 2004) e (FRASNELLI et al., 2011).

Acredita-se que a explicação para a não-funcionalidade do órgão vomeronasal resida nas bases da própria evolução. O fato de os humanos terem desenvolvido mais o sistema sensorial da visão que os demais mamíferos resultou numa maior independência da comunicação química promovida pelo órgão vomeronasal para o estabelecimento das relações sociais (BHUTTA, 2007). Além disso, o próprio uso de óleos aromáticos (vulgos perfumes) pelos indivíduos contemporâneos pode ter

dificultado a detecção de certas substâncias responsáveis pelo órgão, causando seu atrofiamento (idem, 2007).

Embora o órgão vomeronasal já tenha sido descrito como sítio receptor de feromônios em diversos vertebrados, ele não é o único caminho através do qual os feromônios têm acesso ao sistema nervoso central (WYSOCKI; PRETI, 2004). Cientistas afirmam que o órgão vomeronasal em adultos é apenas vestigial, e que a presença dele é crucial apenas para a migração de neurônios produtores de GnRH da placode olfatória⁸ para o hipotálamo durante o desenvolvimento fetal (KEVERNE, 2004). Tal observação, entretanto, foi desafiada pela observação de que os compostos feromônicos 4,16-androstadieno-3-ona (AND) e 1,3,5(10),16-estratetraeno-3-ol (EST) (derivados dos hormônios sexuais masculinos e femininos, respectivamente) ativam o hipotálamo humano (SAVIC; HEDÉN-BLOMGVIST; BERGLUND, 2009).

Com o intuito de desvendar a causa dessa ativação, Savic (2009) e colaboradores conduziram pesquisas com 12 homens com anosmia crônica⁹ e 12 homens saudáveis em que os mesmos inalaram várias substâncias, dentre elas, os feromônios AND e EST. Havia três hipóteses para a transdução dos sinais para o hipotálamo: pelo sistema olfatório, pelo órgão vomeronasal e pelos vasos sanguíneos. O resultado observado foi a incapacidade dos indivíduos anosmicos de ativar o hipotálamo com EST, sugerindo que a responsabilidade pela comunicação química entre seres humanos é do sistema olfatório (SAVIC; HEDÉN-BLOMGVIST; BERGLUND, 2009). Tal sistema será, portanto, mais referido que o vomeronasal.

O sistema olfatório, desta forma, é responsável por codificar corretamente informação sensorial de milhares de estímulos odorosos do meio ambiente. Para tanto, a informação sensorial deve ser processada em diferentes níveis. Primeiramente, a detecção do odor ocorre no sistema olfatório periférico, no epitélio olfatório localizado na cavidade nasal (Figura 6). A transdução dos sinais é feita por uma variedade de receptores localizados nos neurônios sensoriais. Estes projetam seus axônios para o bulbo olfatório, onde o sinal segue pelo nervo olfatório até o sistema límbico, onde a informação será processada para determinar certos comportamentos que serão discutidos no capítulo seguinte. Deve-se reconhecer, para a seguinte discussão, que a

⁸ Placode olfatória: área de espessamento da camada epitelial embrionária onde algum órgão ou estrutura se desenvolve posteriormente.

⁹ Anosmia crônica: condição em que há perda total do olfato. Nesta condição, a transdução dos sinais captados na inalação pelo sistema olfatório é interrompida, sem interferir no órgão vomeronasal ou no transporte de substâncias pelos vasos sanguíneos.

estrutura responsável pela determinação dos comportamentos é o cérebro, juntamente das estruturas que o compõem (HERCULANO-HOUZEL, 2005).

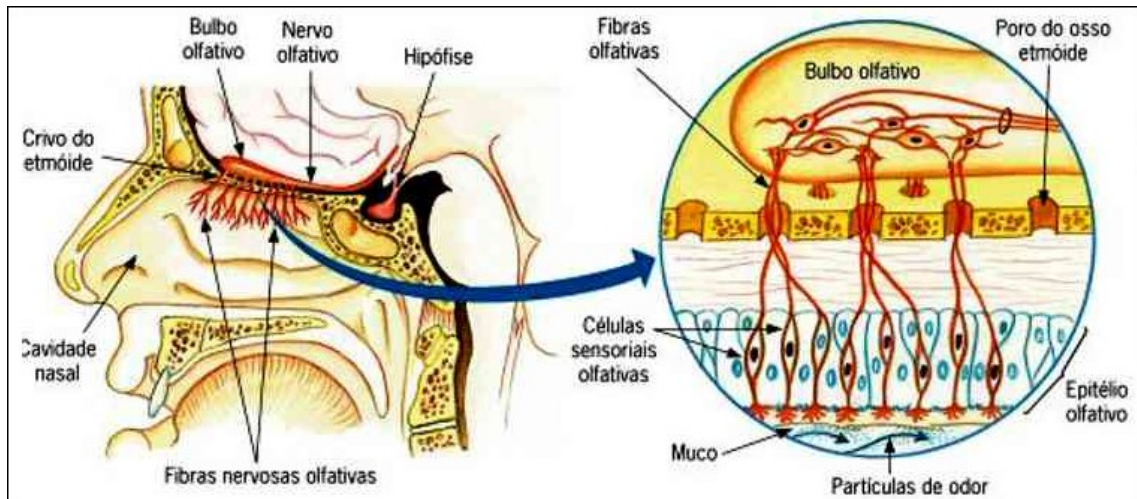


Figura 6 - Representação esquemática do sistema olfatório.
 Fonte: www.portalsaofrancisco.com.br

5 O CÉREBRO EM TRANSFORMAÇÃO

5.1 O CÉREBRO E SUAS DIVERSAS CONFORMAÇÕES

O cérebro humano, estrutura de desenvolvimento bem mais avançado que o das demais espécies, é capaz de conter inúmeras informações e expressar diversos estados. As informações podem ser entendidas como memória, interpretação de um

texto ou imagem, capacidade criativa etc. O estado do cérebro depende intrinsecamente do estímulo das informações nele contidas ou por ele concebidas.

Num plano mais ideológico, Sagan (1977) procurou comparar a capacidade da função cerebral à capacidade da função de um computador. Ele declarou que a informação contida em qualquer mensagem é geralmente descrita em unidades chamadas bits, a abreviação de *binary digits* (dígitos binários), e calculou o número aproximado de bits que o cérebro humano seria capaz de processar, levando em conta o número de neurônios contidos no cérebro e o número de sinapses que cada neurônio parece fazer.

O cérebro humano contém cerca de 10 bilhões de elementos denominados neurônios. [...] Um neurônio em um cérebro humano faz entre mil e 10 000 sinapses ou ligações com neurônios adjacentes. Se cada sinapse responde através de uma resposta sim/não única a uma pergunta elementar, à semelhança dos elementos contidos nos computadores eletrônicos, o número máximo de resposta sim/não ou bits de informação que o cérebro pode conter é aproximadamente $10^{10} \times 10^3 = 10^{13}$, ou 10 trilhões de bits (ou 100 trilhões se tivéssemos considerado 10^4 sinapses para cada neurônio). Algumas dessas sinapses devem conter a mesma informação contida em outras sinapses; algumas devem estar relacionadas a funções motoras e outras funções não-cognitivas; e outras podem estar simplesmente vagas, esperando a informação de um novo dia para entrar em ação. (SAGAN, 1977, p. 42-43)

Sagan ainda calculou a velocidade de processamento de informação pelo cérebro, encontrando algo em torno de 5000 bits por segundo, e comparou este dado com a velocidade de processamento de informação de um computador (moderno, para a época), que ele definiu como 10^{16} a 10^{17} bits por segundo. Muitos cientistas consideram que nós não utilizamos nem 20% da capacidade total de nosso cérebro. Sagan obviamente compartilha dessa informação, visto que ele considera a densidade de informação contida no cérebro muito maior que a densidade de informação contida num computador (tendo em vista a quantidade de informação total e o volume de cada um), embora a velocidade de processamento de informação por ele calculada seja alguns bilhões de vezes menor no cérebro.

Sejam tais sinapses ativas ou não, os números mostrados certamente nos fazem perceber a enorme quantidade de estados que o cérebro humano pode assumir, as diversas funções que ele pode cumprir e os diversos comportamentos que ele pode induzir.

Esta enorme quantidade de possibilidades confere crédito aos interessados no comportamento do cérebro para assumir que são diversos os fatores que podem influenciar a ação cerebral. Com relação aos hormônios sexuais, não há de ser diferente.

5.2 HORMÔNIOS SEXUAIS E SUAS INFLUÊNCIAS NO COMPORTAMENTO DO INDIVÍDUO

Antes de tudo, deve-se ressaltar que a adolescência é uma fase de maturação do indivíduo frente ao meio social mediada pelo cérebro. Além de promover o desenvolvimento e maturação das características sexuais respectivas de homens e mulheres, os hormônios sexuais atuam no sentido de regular o comportamento sexual.

A testosterona e o estrogênio, uma vez liberados na corrente sanguínea, são transportados até as estruturas da via vomeronasal, sensibilizando os neurônios daquela região. Esta sensibilização resulta na produção de aromatase, uma enzima que torna possível a ação da testosterona sobre o cérebro por converter este hormônio em estradiol, uma molécula parecida com o estrogênio (o estrogênio atua diretamente sobre o cérebro e sobre a via vomeronasal, sem precisar ser convertido pela aromatase). Este processo aumenta a atividade de estruturas cerebrais como a amígdala (que responde a estímulos visuais) e o hipocampo (que possibilita a resposta aos feromônios), tornando o adolescente mais susceptível ao comportamento sexual (HERCULANO-HOUZEL, 2005).

Notoriamente, os hormônios sexuais são cruciais neste caso. São eles que possibilitam o desenvolvimento das estruturas que respondem aos estímulos externos trazidos pelo companheiro em potencial, que são, em sua maioria, inconscientes. Tais estímulos já foram discutidos no capítulo anterior, não se restringindo apenas a feromônios, mas abrangendo todas as moléculas detectáveis no ambiente pelas estruturas do sistema olfatório (e também por outros sistemas sensoriais).

Para entender de que forma o sistema olfatório atua na determinação de certos comportamentos nos seres humanos, deve-se entender primeiramente a estrutura do sistema nervoso central com a qual ele se relaciona para provocar tais reações.

5.3 SISTEMA LÍMBICO

O sistema límbico é um conjunto de estruturas localizadas no cérebro responsáveis pelas manifestações emocionais e comportamentais, como agressividade, medo e acasalamento, dentre outras funções (BHUTTA, 2007). É uma região filogeneticamente antiga do cérebro dos mamíferos. O sistema límbico inclui estruturas como o tálamo, amígdala, hipocampo e hipotálamo, sendo o último responsável pela homeostase corporal, como visto no primeiro capítulo.

O sistema límbico opera modulando o sistema endócrino e o sistema nervoso autônomo. Suas funções se estendem também ao controle de movimentos voluntários pela sua conexão com o córtex cerebral. O mecanismo de atuação de suas estruturas é o processamento de estímulos sensoriais adquiridos do meio externo e interno para determinar, a partir da ativação da memória, as respostas emocionais, autonômicas, motoras e cognitivas importantes para a autopreservação e sobrevivência (MCLACHLAN, 2009).

These connections in many animals cause a direct behavioural response to a particular odourant, linked to the memory of that odourant. Indeed the olfactory system may be viewed as an extension of the limbic brain; it is the only sensory system that connects directly with behavioural centres without requiring prior processing of sensory information in other centres (such as the thalamus). Many of us can think of an odour that instantly evokes a memory: in many animals these odours also directly evoke a behavioural response.¹⁰ (BHUTTA, 2007)

O que mais se conhece sobre a ação dos feromônios foi estudado em ratos de laboratório. Diversos estudos constataram implicações fisiológicas que a presença ou a ausência dessas substâncias causava. Efeitos como o efeito de Bruce (BRUCE apud BHUTTA, 2007), Vandebergh (VANDEBERGH apud BHUTTA, 2007), Whitten (WHITTEN apud BHUTTA, 2007) e Lee-Boot (VAN DER LEE & BOOT apud BHUTTA, 2007) comprovaram a existência da comunicação feromônica em ratos de laboratório. A partir daí, estudos foram estendidos a outros vertebrados para se estudar a função do bulbo olfatório acessório, estrutura que foi compreendida como desenvolvida para detectar especificamente feromônios e que é ausente no ser humano adulto.

¹⁰ Estas conexões [Figura 7] causam em muitos animais uma resposta comportamental direta para um odor particular ligada à memória daquele odor. Certamente pode-se entender o sistema olfatório como uma extensão do cérebro límbico; ele é o único sistema sensorial conectado diretamente a centros responsáveis pelo comportamento, sem necessitar de processamento de informação sensorial em outros centros (como o tálamo). Muitos de nós podemos pensar em um cheiro que evoca uma memória instantaneamente: em muitos animais, estes cheiros evocam também uma resposta comportamental (tradução nossa).

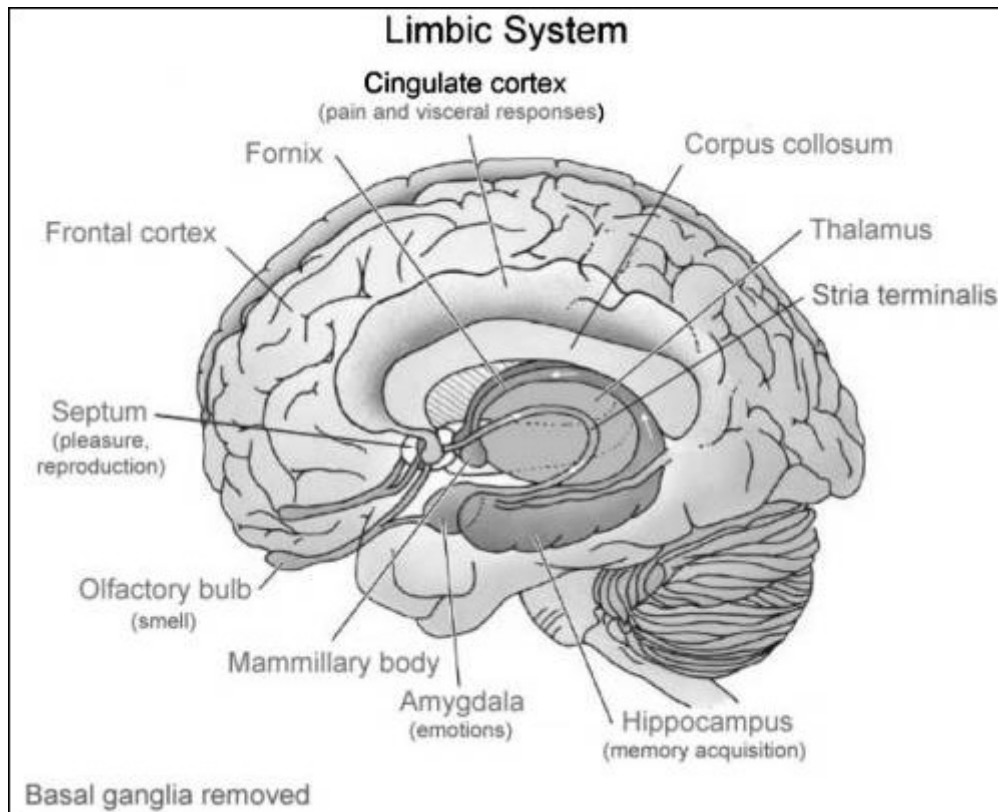


Figura 7 - O sistema límbico e as conexões olfatórias.

Fonte: BHUTTA, 2007.

Não são necessariamente os feromônios as únicas substâncias que atuam no sistema olfatório humano, embora o AND e o EST sejam compreendidos como feromônios humanos. Estas substâncias seriam secretadas juntamente das secreções de glândulas apócrinas e, ao serem detectadas pelo sistema olfatório de outro indivíduo, exerceriam uma influência sobre os neurônios produtores de pulsos de GnRH, o que levaria à liberação de hormônios sexuais (HERCULANO-HOUZEL, 2005) e ao desenvolvimento de todas as características discutidas no capítulo anterior.

A ação dos hormônios sexuais que voltam a ser produzidos quando o eixo HPG é liberado sobre estruturas do sistema sensorial olfatório deixa estas estruturas capazes

não só de responder aos próprios hormônios sexuais, mas também de comandar sua liberação ao simples cheiro ou visão do objeto do desejo, e reagir com todo o repertório de comportamentos de aproximação, conquista e consumação sexual. (HERCULANO-HOUZEL, 2005)

Para que tal detecção ocorra, seja ela de feromônios ou não, é necessário que os neurônios do epitélio olfativo apresentem receptores para as substâncias do meio (BHUTTA, 2007). É provável que o fato de certas pessoas nos atraírem e outras

causarem repulsa seja por conta da detecção do cheiro diante das transformações que a detecção pode causar no sistema límbico.

Fazendo jus à definição, “o papel dos hormônios sexuais na adolescência é permitir a expressão de funções no cérebro que o tornam apto a responder ao sexo oposto.” (HERCULANO-HOUZEL, 2005, p. 28)

A preferência sexual, que se desenvolve na adolescência, é obra do cérebro, pois ele produz o comportamento como um todo (idem, 2005). Herculano-Houzel ainda afirma que não se trata de formação da preferência sexual na adolescência. Segundo a neurocientista, a preferência sexual tem origem ainda no útero, influenciada pelos próprios hormônios sexuais que o feto produz, indicando que a preferência sexual é predeterminada antes mesmo do nascimento do indivíduo.

As respostas motoras são obras do cérebro; as funções cognitivas são obra do cérebro; a própria secreção de hormônios sexuais é obra do cérebro. Em termos mais simples, a função dos hormônios sexuais se resume à simples definição de hormônio: no contexto do desenvolvimento do comportamento, hormônios sexuais atuam como mediadores químicos, subordinados à excelência das estruturas mais complexas e centrais do sistema nervoso central.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi exposto, pode-se considerar que, a partir das neuromodulações promovidas pelo sistema olfatório e pelos hormônios sexuais, processos biológicos internos também influenciam no comportamento social, seja de forma direta ou indireta, seja pela ativação de outras vias que definam o comportamento ou não.

Os hormônios sexuais, além de sensibilizarem o cérebro às detecções do sistema sensorial olfatório, provocam mudanças fisiológicas (que, em alguns casos, são obviamente perceptíveis a olho nu) que acabam por mudar o modo de agir do indivíduo. Essa mudança vem tanto da própria cabeça do indivíduo como da forma que os demais indivíduos podem vir a tratá-lo. Ter um corpo “aceitável” dentro dos padrões sociais é infelizmente um fator que determina a aceitação daquele indivíduo perante os demais membros da sociedade, e muitas vezes alcançar este nível de aceitação depende da busca por hormônios sintéticos que possam vir a modular o corpo da forma desejada (basta notar alguns membros de academia que injetam anabolizantes¹¹).

Muitas induções de comportamento são também psicológicas. É comum apresentar nervosismo e desconcentração ao avistar um objeto de desejo, mas tais efeitos não parecem ter muita relação com hormônios sexuais ou com o sistema olfatório. Só o que se pode discutir são as ligações entre as substâncias e seus receptores e as modulações que daí provêm. Só o que se pode discutir é aquilo que se sabe de concreto a partir das experimentações, que é, afinal, no que se baseia a ciência.

¹¹ Anabolizantes: hormônios esteróides que podem promover as alterações fisiológicas que promovem os hormônios sexuais (mais especificamente a testosterona e seu efeito de deposição de proteína).

REFERÊNCIAS

- BHUTTA, M. **Sex and the nose: human pheromonal responses.** *J R Soc Med* 2007;100: 268-74.
- BRANDÃO, M.L. **As bases biológicas do comportamento.** São Paulo, BR: E.P.U., 2004.
- BROOKS, C.M. *et al.* **Sensory control of the hypothalamus and the neuroendocrine system.** *Acta Physiol Lat Am* 1980;30(3):159-70.
- CONTI, M.A.; FRUTUOSO, M.F.P.; GAMBARDELLA, A.M.D. **Excesso de peso e insatisfação corporal em adolescentes.** *Revista de Nutrição*, Campinas, v. 18, n. 4, p. 491-497, jul./ago. 2005.
- COQUELIN, A.; CLANCY, A.N.; MACRIDES, F.; NOBLE, E.P.; GORSKI, R.A. **Pheromonally induced release of luteinizing hormone in male mice: involvement of the vomeronasal system.** *J Neurosci* 4:2230-6, 1984.
- DARWIN, C. **A origem do homem e a seleção sexual.** São Paulo, BR: Hemus, 1974.
- DØVING, K.B.; TROTIER, D. **Structure and function of the vomeronasal organ.** *J Exp Biol* 201: 2913–2925, 1998.
- EL MAJDOUBI, M.; SAHU, A.; RAMASWAMY, S.; PLANT, T.M. **Neuropeptide Y: a hypothalamic brake restraining the onset of puberty in primates.** *Proc Natl Acad RAMASWAMY, S., PLANT, T.M. Sci USA* 97:6179-84, 2000.
- FERRAZ, P.F. **Hipófise e hipotálamo.** 2007. Disponível em <www.cerem.med.br> Acesso em 13 dezembro 2011.
- FRASNELLI, J. *et al.* **The vomeronasal organ is not involved in the perception of endogenous odors.** *Hum Brain Mapp.* 2011 Mar;32(3):450-60.
- GUIDO, M.C. **O eixo hipotálamo-hipófise-gonadal.** 2005. Disponível em: <http://www.mcguido.vet.br/eixo_hhg.htm> Acesso em: 13 dez. 2011.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**, 10^a ed. Rio de Janeiro, BR: Guanabara Koogan S.A., 2002.
- HALPERN, C.T. **Rethinking positive adolescent female sexual development: new directions for child and adolescent development.** São Francisco, CA: Jossey-Bass, 2006.
- HALPERN, M.; MARTÍNEZ-MARCOS, A. **Structure and function of the vomeronasal system: an update.** *Prog Neurobiol* 2003 Jun;70(3):245-318.

- HEIDER, F. **A psicologia das relações interpessoais**. São Paulo, BR: Pioneira, 1958.
- HERCULANO-HOUZEL, S. **O cérebro em transformação**. Rio de Janeiro, BR: Objetiva, 2005.
- HUTCHISON, J.B.; BEYER, C.; HUTCHISON, R.E.; WOZNIAK, A. **Sexual dimorphism in the developmental rgulation of brain aromatase**. *J Steroid Biochem Mol Biol* 53:307-13, 1995.
- KEVERNE, E.B. **Importance of olfactory and vomeronasal systems for male sexual function**. *Physiol Behav* 2004 Nov 15;83(2):177-87.
- LIMA, A.P. **O modelo estrutural de Freud e o cérebro: uma proposta de integração entre a psicanálise e a neurofisiologia**. *Rev. psiquiatr. clín.*, São Paulo, v. 37, n. 6, 2010.
- LIMAN, E.R.; DULAC, C. **TRP Ion Channel Function in Sensory Transduction and Cellular Signaling Cascades**. Boca Raton (FL): CRC Press; 2007.
- LLEDO, P.M.; GHEUSI, G.; VINCENT, J.D. **Information processing in the mammalian olfactory system**. *Physiol Rev* January 2005 vol. 85 no. 1 281-317.
- MCCORNICK, N.B.; JESSER C.J. **The courtship game: Power in the sexual encounter**. In: ALLGEIER E.R. e MCCORNICK M.B. eds. *Changing boundaries: Gender roles and sexual behavior*. Palo Alto, CA: Mayfield; 1983.
- MCLACHLAN, R.S. **A brief review of the anatomy and physiology of the limbic system**. *Can J Neurol Sci* 2009 Aug;36 Suppl 2:S84-7.
- MICHAELIS. **Dicionário Michaelis Trilíngue**. São Paulo, BR: Editora Klick, 2001.
- NEGRAO, A.B.; LICINIO, J. **Leptina: o diálogo entre adipócitos e neurônios**. *Arq Bras Endocrinol Metab*, São Paulo, v. 44, n. 3, Junho 2000.
- PLANT, T.M.; SHAHAB, M. **Neuroendocrine mechanisms that delay and initiate puberty in higher primates**. *Physiol Behav* 77:717-22, 2002.
- PORTAL São Francisco. **Olfato**. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/corpo-humano-sistema-sensorial/olfato.php>> Acesso em: 13 dez. 2011.
- PRALONG, F.P. *et al.* **Acceleration of pubertal development following central blockade of the Y1 subtype neuropeptide Y receptors**. *Regul Pept* 95:47-52, 2000.
- RIBEIRO, S.M.L. *et al.* **Leptina: Aspectos Sobre o Balanço Energético, Exercício Físico e Amenorréia do Esforço**. *Arq. bras. endocrinol. metab.* 51(1):11-24, 2007.
- SAGAN, C. **Os dragões do Éden**. São Paulo, BR: Círculo do Livro S.A., 1977.

SAVIC, I.; HEDÉN-BLOMGVIST, E.; BERGLUND, H. **Pheromone signal transduction in humans: what can be learned from olfactory loss.** *Hum Brain Mapp.* 2009 Sep;30(9):3057-65.

SIMON, W.; GAGNON, J.H. **A sexual scripts approach.** In: GEER J.H. e O'DONOHUE W.T. eds. *Theories of human sexuality.* New York: plenum Press; 1987.

TIRINDELLI, R.; DIBATTISTA, M.; PIFFERI, S.; MENINI, A. **From pheromones to behavior.** *Physiol Rev* July 2009 vol. 89 no. 3 921-956.

WIDMAIER, E.P.; RAFF, H.; STRANG, K.T. **Vander's Human Physiology: The Mechanism of Body Function.** 8° ed., Hightstown, NJ: The McGraw-Hill Companies; 2001.

WIKIPEDIA. **Esteróide.** Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Esteróide>> Acesso em: 13 dez. 2011.

WYSOCKI, C.J.; PRETI, G. **Facts, fallacies, fears, and frustations with human pheromones.** *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol.* 2004 Nov;281(1):1201-11.