

Determinação do Sexo

CITAÇÃO

Moreira, C. (2013)
Determinação do Sexo,
Rev. Ciência Elem., V1 (01):073.
doi.org/10.24927/rce2013.073

EDITOR

José Ferreira Gomes,
Universidade do Porto

RECEBIDO EM

07 de julho de 2011

ACEITE EM

13 de julho de 2011

PUBLICADO EM

05 de janeiro de 2012

COPYRIGHT

© Casa das Ciências 2019.
Este artigo é de acesso livre,
distribuído sob licença Creative
Commons com a designação
[CC-BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), que permite
a utilização e a partilha para fins
não comerciais, desde que citado
o autor e a fonte original do artigo.

rce.casadasciencias.org



Catarina Moreira

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
catarolina@gmail.com

A determinação sexual resulta no desenvolvimento de indivíduos com características que permite os serem identificados como machos, fêmeas ou hermafroditas – isto é, espécies com dimorfismo sexual. Estas diferenças podem ser mais ou menos notórias – por exemplo, o pavão macho possui grandes e exuberantes penas na cauda, mas as fêmeas não. Em muitos casos a determinação do sexo é genética, existindo uma grande variedade de mecanismos regulatórios.

Uma das principais descobertas para a compreensão da determinação sexual foi a dos cromossomas sexuais no início de 1900. Na maioria dos animais as diferenças entre os sexos são determinadas por diferenças cromossómicas. Animais com dois cromossomas sexuais diferentes são designados heterogaméticos e produzem consequentemente dois tipos de gâmetas (rever [Meiose](#)). Os animais com sexo homogamético, pelo contrário, produzem apenas um tipo de gâmetas. Nos humanos, geralmente os machos têm um cromossoma X e um Y e as fêmeas dois cromossomas X.

Invertebrados

A maioria dos insetos apresenta dimorfismo ao nível dos cromossomas sexuais que podem ser distinguidos citologicamente. Nas traças e nas borboletas, da ordem Lepidoptera, as fêmeas são heterogaméticas e os machos homogaméticos. Nos lepidópteros os cromossomas sexuais designam-se por W e Z, sendo o cromossoma W associado ao desenvolvimento de características femininas. Se um indivíduo for ZZ então será macho, no entanto, um indivíduo ZO poderá ter características de fêmea. Este é o caso da traça *Talaeporia tubulosa*, a temperatura ambiente é crucial na determinação do sexo dos indivíduos, quando na ausência de um cromossoma W – quando as temperaturas são mais elevadas os ovos dos indivíduos ZO desenvolvem-se mais como machos. Este é um exemplo de uma vantagem adaptativa que favorece a produção de fêmeas quando as condições são mais favoráveis (temperaturas mais elevadas) e mais recursos disponíveis aumentando a probabilidade de reprodução.

Nos gafanhotos, o sistema de determinação sexual baseia-se num só cromossoma: indivíduos só com um cromossoma X (XO) são machos, que produzem dois tipos de gâmetas (heterogaméticos).

Na *Drosophila melanogaster*, conhecida por ser um modelo laboratorial excelente, o mecanismo é relativamente raro. A escolha entre o desenvolvimento de um macho ou de uma fêmea é feito por uma única alteração num gene denominado *sex-lethal* (*sxl*, sexo letal) em resposta à proporção entre o número de cromossomas X's e o número de autossomas. O balanço entre os fatores que determinam a feminização (cromossoma X) ou a masculinização (autossomas) determina a ativação do padrão de transcrição que será iniciado. O cromossoma Y, presente nos machos, não interfere no processo, sendo apenas funcional na espermatogénese durante a diferenciação da linha somática (do inglês *germline*) masculina. Assim indivíduos XX, XXY e XXYY são fêmeas, e indivíduos XY e XO são machos.

Vertebrados

Répteis

Nos répteis existem vários padrões de determinação sexual. As cobras possuem um padrão ZZ/ZW de cromossomas sexuais, semelhantes ao das aves (ver abaixo). Nos lagartos, podemos encontrar padrões ZZ/ZW ou XX/XY semelhante ao dos mamíferos. Existem também casos de espécies que não possuem cromossomas sexuais distintos nem genes cujas presença ou ausência determine o sexo, por exemplo, muitas das tartarugas terrestres, os crocodilos e tartarugas marinhas. Nestes organismos, a temperatura ambiental durante um período específico – **período termosensitivo** – da incubação é determinante na determinação sexual.

Durante este período termosensitivo a enzima denominada aromatase, responsável pela conversão de androgénios (hormona masculina) em estrogénios (hormona feminina), inicia a sua atividade, a temperaturas diferentes consoante as espécies. Por exemplo, para as tartarugas marinhas e de água doce, a elevadas temperaturas a aromatase tem um pico de atividade, e a baixas temperaturas encontra-se a baixas concentrações e, por isso, com baixa atividade. Os diferentes níveis de atividade da aromatase condicionam o desenvolvimento das estruturas das gónadas indiferenciadas em ovários ou testículos. Passado este período sensível à temperatura e determinado a diferenciação da gónada, alterações na temperatura aparentemente não têm qualquer efeito. Estudos mais recentes sugerem que não só a temperatura mas também outros parâmetros como os níveis de prostaglandina podem afetar a atividade da aromatase.

Anfíbios

Em anfíbios tal como nos répteis a diferenciação das gónadas é termosensível, e este mecanismo atua combinado com uma determinação genotípica sexual, quer através de machos heterogaméticos, fêmeas heterogaméticas ou poligénicas, resultando num fenómeno designado por reversão sexual (do inglês *sex reversal*), onde os efeitos da temperatura poderão ser antagónicos, dando origem a indivíduos genotipicamente e fenotipicamente discordantes em relação ao sexo (isto é, podem ser de um sexo ao nível do genótipo, mas do sexo oposto fenotipicamente).

Os cromossomas sexuais descritos nos anfíbios podem ser do tipo XY/XX e WZ/ZZ. O efeito da temperatura na determinação sexual embora ainda não totalmente descrito parece não estar associado à atividade da aromatase tal como acontece nos répteis.

Peixes

A diversidade de espécies de peixes é equivalente à diversidade de potenciais mecanismos de determinação sexual. A investigação neste grupo é dirigida a apenas algumas espécies modelo muito utilizadas em laboratório. Entre os mecanismos já observados podem-se referir 1. Existência de hermafroditas verdadeiros, 2. Determinação sexual dependente da temperatura ambiente e 3. Existência de cromossomas sexuais (XY/XX e ZW/ZZ).

O *Xiphophorus maculatus* possui no seu genoma, possivelmente, três cromossomas sexuais distintos, X, Y e W, o que permite um leque de combinações maior no seio da população do que nos tradicionais sistemas com apenas dois cromossomas sexuais. Assim, WX, WY e XX são fêmeas e XY e YY são machos. Até à data não foi descrito qualquer gene determinante para o sexo, no entanto a presença do cromossoma W coincide sempre com um fenótipo feminino, tornando-o num bom candidato à investigação. Noutras espécies, no entanto, já se descobriram genes importantes na determinação sexual.

Aves

Nas aves o sexo é determinado pelos cromossomas sexuais Z e W, sendo as fêmeas o sexo heterogamético (ZW). O gene *DMRT1* presente no cromossoma Z das galinhas é necessário ao desenvolvimento dos testículos, que ocorre em machos que possuem duas cópias do gene. Para o desenvolvimento das fêmeas, os genes *FET1* e *ASW* são fundamentais. Nas aves, tais como nos mamíferos, as gónadas permanecem indiferenciadas até cerca do quarto dia do desenvolvimento embrionário, a partir daí a atividade hormonal (do estrogénio, por exemplo) é determinante no desenvolvimento das gónadas. O estrogénio é crucial no início da diferenciação e embriões machos do ponto de vista genético podem ser convertidos em fêmeas se se injetar estrogénio no ovo durante determinado estágio do desenvolvimento em que o embrião é sensível a esta hormona.

Mamíferos

Em animais placentários a presença do cromossoma Y determina o sexo. Normalmente as células femininas contêm dois cromossomas X e as células masculinas um X e um Y.

Os marsupiais possuem um cromossoma Y o mais pequeno entre os mamíferos, mas que ainda retém a capacidade de converter as gónadas indiferenciadas em testículos. Esta conversão dos testículos, no entanto, não controla o resto da diferenciação sexual. A formação de glândulas mamárias e do escroto ocorre antes da diferenciação das gónadas e é independente das hormonas das gónadas, estando sob controlo de genes localizados no cromossoma X. Animais XXY possuem testículos mas com uma bolsa com glândulas mamárias em vez do escroto, enquanto animais XO não têm testículos mas sim um escroto vazio em vez da bolsa.

Em humanos a determinação inicial do sexo ocorre na fecundação, com a presença dos cromossomas sexuais transmitidos pelos gametas parentais. A presença de dois cromossomas X leva a um fenótipo feminino enquanto que a presença de um cromossoma Y leva a um fenótipo masculino. No entanto, existem casos de indivíduos com fenótipos femininos mas com genótipos XY e com fenótipos masculinos e genótipos XX, significando que a presença dos cromossomas sexuais não é isoladamente determinante para o sexo do indivíduo.

Os órgãos sexuais diferenciam-se em média a partir da sexta sétima semanas do desenvolvimento embrionário, até a essa altura as gónadas são indiferenciadas. O gene *SRY* no

cromossoma Y codifica o fator de transcrição que ativa o mecanismo de diferenciação dos testículos. O gene leva à produção da proteína TDF (fator de crescimento dos testículos, do inglês *testis development fator*) que promove o desenvolvimento do tubérculo genital em testículos. Após a formação dos testículos inicia-se a produção de testosterona que leva à diferenciação dos restantes órgãos do aparelho reprodutor masculino. Nas mulheres, portadoras de dois cromossomas XX não existe o gene SRY o desenvolvimento dos ovários é ativado por outras proteínas. Os ovários completamente desenvolvidos produzem estrogénios que despoletam o desenvolvimento do útero, dos oviductos e outros órgãos do sistema reprodutor feminino.

REFERÊNCIAS

¹ HAKE, L. & O'CONNOR, C., *Genetic Mechanisms of sex determination*. Nature Education 1(1), 2008.

² MANOLAKOU, P; LAVRANOS, G. & ANGELOPOULOU, R., *Molecular patterns of sex determination in the animal kingdom: a comparative study of the biology of reproduction*. Reproductive Biology and Endocrinology 4:59, 2006.