

## 9 A origem e a evolução do sexo



### Introdução

O aluno do ensino médio típico está transitando entre as fases da puberdade e da adolescência. Seus corpos estão em transformação, assim como sua fisiologia e seu comportamento. Nesse período de preparação para a fase adulta acontece o despertar para a atividade sexual. A simples menção da palavra “sexo” ou de palavras correlatas desencadeia, nos alunos, um grande interesse pelo assunto, pois é natural que haja curiosidade neste tema tão intrigante para os jovens nessa faixa etária.

Assim, temos uma excelente oportunidade para usar essa curiosidade natural dos alunos como motivação ao aprendizado de conteúdo de natureza biológica relacionado com os seus interesses. Além dos aspectos anatômicos, fisiológicos e comportamentais, podemos usar o tema da sexualidade para abordar conteúdos da própria evolução biológica.

### Algumas definições

A palavra “sexo” tem conotações diferentes. Ela pode ser empregada no sentido de um processo no qual o material genético de um indivíduo pode ser combinado com o material genético de um outro indivíduo. Sexo também pode ser definido como cada um dos tipos de indivíduos que se envolve na reprodução sexuada. No primeiro caso, sexo não implica reprodução, pois pode haver troca de material genético entre indivíduos diferentes, sem que haja a produção de novos indivíduos. Isso se dá quando acontece, por exemplo, a conjugação de bactérias com transferência de material genético de uma delas para outra.

## Reprodução assexuada

Muitos organismos podem se reproduzir simplesmente com a produção de uma cópia de um indivíduo. Esse é o tipo de reprodução mais simples. Por acontecer em organismos mais simples é considerada como a forma de reprodução mais primitiva, que ocorre desde o primeiro ser vivo.

## Reprodução sexuada com um único sexo

A imensa maioria dos seres vivos que se reproduzem sexuadamente o faz com dois sexos diferentes. Mas isso não é obrigatório. O sexo feminino é caracterizado como aquele que produz óvulos e o sexo masculino é caracterizado por aquele que produz espermatozoides. Assim, o que permite a distinção entre os sexos “macho” e “fêmea” é o tamanho dos gametas produzidos. Mas existem seres vivos que produzem somente um tipo de gameta. Quando isso ocorre, a reprodução é chamada isogâmica (“iso” significa igual em grego). Mas a isogamia é bastante rara, sendo restrita a algumas algas e fungos. A reprodução por heterogamia (“hetero” significa diferente, também em grego) pode ser classificada em anisogamia (quando os gametas são diferentes) ou oogamia (quando há de fato óvulo e espermatozoides). Na figura 9.3, estão representados esses tipos de reprodução sexuada, de acordo com os tamanhos de gameta. Note que, na isogamia, não faz sentido falar em gameta masculino ou feminino, pois o que caracteriza cada um desses sexos é o tamanho do gameta; assim, os gametas envolvidos em uma fusão isogâmica são chamados de “+” ou “-”.

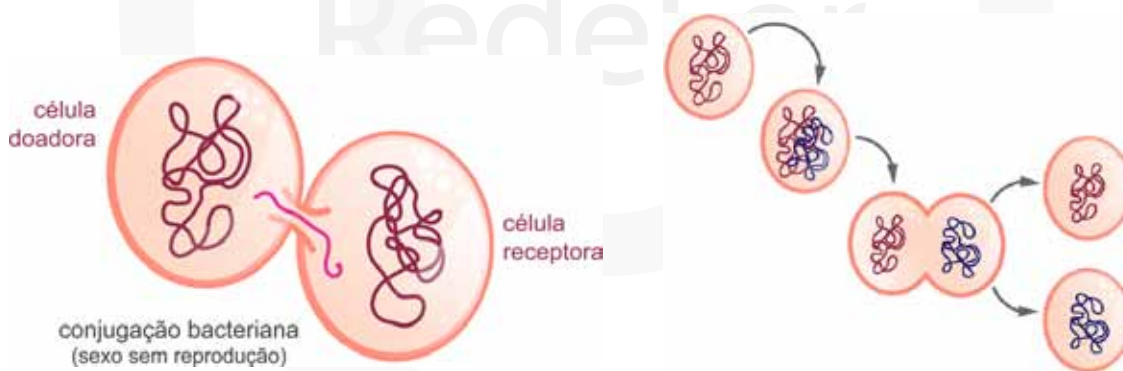


Fig. 9.1 Conjugação de bactérias com transferência de material genético de uma delas para outra

Fig. 9.2 Reprodução assexuada de um organismo diploide

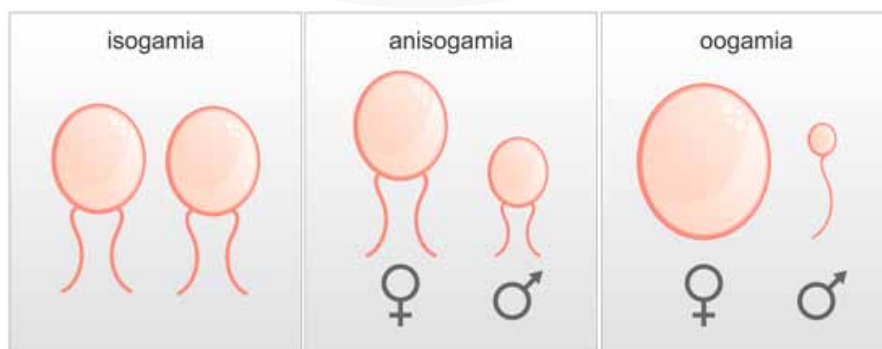


Fig. 9.3 Tipos de reprodução sexuada

## Por que dois sexos?

A hipótese mais aceita para a ampla ocorrência de dois sexos é a de que a isogamia seria instável evolutivamente. A ideia básica é a seguinte. Se a reprodução é feita com um gameta de mesmo tamanho, um indivíduo que, por mutação, produzisse um gameta um pouco menor, poderia, com o mesmo material empregado na reprodução, produzir mais gametas. Com isso teria vantagem, pois produziria mais descendentes. Mas, se o gameta é menor, há o risco de que o ovo formado não tenha nutrientes suficientes para seu desenvolvimento. Um gameta maior garantiria o suprimento nutricional para o embrião que será formado. Assim, temos a seguinte situação:

1 gameta menor fundido com um gameta menor = risco de falta de nutrientes  
1 gameta maior fundido com um gameta maior = desperdício  
1 gameta maior fundido com um gameta menor = equilíbrio.

Simulações matemáticas e computacionais mostraram que o equilíbrio é atingido quando há a fusão de um gameta que contenha todo o nutriente necessário para o embrião com um gameta que carrega somente o material genético. Mas isso ocorre somente se um gameta minúsculo sempre se fundir com um gameta maior. Isso é chamado tecnicamente de cruzamento preferencial negativo (onde os fenótipos opostos se atraem).

## Por que não três ou mais sexos?

Não se conhece nenhum organismo em que haja participação de três ou mais indivíduos na reprodução. Isso seria teoricamente possível em um organismo hipotético triploide, onde cada uma das células teria três genomas, cada um proveniente da contribuição de um indivíduo diferente. Como não se conhece tal sistema, não podemos saber por que isso não evoluiu ou, se evoluiu, por que não sobreviveu. Podemos especular que a divisão de uma célula em três simplesmente poderia ser muito complicada. Entretanto, no momento, esse tipo de questão não pode ser respondida, uma vez que não há possibilidade de uma abordagem empírica (que envolve experimentação ou observação).

## Consequências da reprodução sexuada

A existência de reprodução sexuada com dois sexos diferentes tem as suas consequências. Uma delas, que é evidente, é a necessidade de dois indivíduos para que haja a reprodução. Em condições de populações extremamente reduzidas, onde é possível que somente indivíduos de um dos sexos seja produzido, há um risco certo de extinção local. Esse é um dos motivos pelos quais é preciso garantir um tamanho razoável de população para que não haja esse risco. Espécies muito raras não conseguem se manter por muito tempo sem esse risco alto de extinção.

## A variabilidade genética

Uma consequência importante da reprodução sexuada é a possibilidade de que genes que surgiram em indivíduos diferentes não relacionados possam fazer parte do patrimônio genético de um mesmo indivíduo. Nos organismos de reprodução assexuada, para que isso aconteça, é necessário que ambas as mutações ocorram em uma mesma linhagem ancestral-descendente. Por exemplo, um indivíduo que se originou por reprodução sexuada tem dois pais, quatro avós, oito bisavós e assim por diante, se verificarmos seus antepassados retrospectivamente. Um organismo de reprodução assexuada tem somente um pai, somente um avô, somente um bisavô e assim por diante. Assim, uma consequência importante da reprodução sexuada é o aumento da variabilidade genética potencial.

## Conflito de interesses entre os sexos e a seleção sexual

Uma vez que os machos são definidos como aqueles que produzem o gameta menor e as fêmeas são os indivíduos que produzem o gameta maior, uma consequência óbvia desse fato é os machos poderem produzir potencialmente muito mais descendentes que as fêmeas, considerando-se uma mesma quantidade de gasto energético e de material na atividade reprodutora. Assim, a melhor estratégia reprodutiva para os machos é tentar se reproduzir com o maior número de fêmeas possível, enquanto, para as fêmeas, a melhor estratégia é a escolha do macho mais adequado para a produção de seus descendentes. Como resultado, observamos um conflito de interesses entre machos e fêmeas no que diz respeito à reprodução.

Darwin, quando lidou com a questão do dimorfismo sexual, propôs uma forma de seleção a que deu o nome de “seleção sexual”. O dimorfismo sexual ocorre quando as formas e/ou tamanhos entre machos e fêmeas diferem notavelmente. Em geral, mas nem sempre, os machos são maiores, mais ornamentados ou possuem alguma outra característica marcante, como, por exemplo, a vocalização de sons.

Um dos exemplos de dimorfismo sexual mais impressionante, que foi abordado por Darwin, é o dos pavões.

Os machos apresentam uma cauda desproporcionalmente grande, que é por eles utilizada quando cortejam as fêmeas. A questão que surge é a seguinte: Por que uma estrutura tão extravagante teria evoluído, já que ela seria, certamente, desvantajosa na sobrevivência do animal devido, por exemplo à dificuldade de locomoção ou à possível facilidade de detecção por predadores?

Segundo a teoria da seleção sexual, as fêmeas não seriam atraídas pela mera beleza do macho, mas sim pela habilidade que ele teve em, mesmo tendo o inconveniente de portar tal estrutura, sair-se bem no decorrer de sua vida. Uma cauda simétrica, vistosa e sem marcas de doenças ou lutas perdidas mostraria também o sucesso em lutas físicas com outros machos e a resistência a doenças. Assim, a escolha das fêmeas por machos com caudas extravagantes não seria mero capricho, mas uma questão de investimento na qualidade de seus próprios filhotes, seja no seu vigor físico seja na capacidade de atrair fêmeas para se reproduzir e levar os seus genes adiante.



Veja um vídeo sobre [dimorfismo sexual entre galos e galinhas](#) e um sobre a [corte de um pavão](#).

## Atividades

### Questionário

Pesquisadores da Universidade Simon Fraser, no Canadá, realizaram análises genéticas com uma espécie de bicho-pau dentro do gênero *Tinema*, que vive no oeste dos Estados Unidos, conhecido por realizar reprodução assexuada. Tais análises revelaram que esses insetos não realizam reprodução sexuada há mais de 1,5 milhão de anos.

Leia a reportagem [Inseto pode ajudar a entender como é possível viver sem sexo](#) e responda às questões.

1. Como esses bichos-paus se reproduzem? Como é o nome desse processo?
2. A reportagem diz que: “*Cientistas acreditavam que as espécies assexuadas estavam destinadas a uma rápida extinção*”. Por que os cientistas tinham essa ideia em relação às espécies animais?
3. **Especule** como a reprodução assexuada acabou se estabelecendo nesses bichos-paus, e como ela se mantém até hoje nessa população.

Fonte: Schwander, T.; Henry, L.; Crespi, B.J. **Molecular Evidence for Ancient Asexuality in *Tinema* Stick Insects**. *Current Biology*. v. 21, n.13, pp.1129-1134. 2011.

## A partenogênese

A partenogênese é definida como o sistema de reprodução onde as fêmeas produzem descendentes sem que haja a intervenção de machos (fecundação por machos). Ela é diferente da reprodução assexuada, pois envolve a produção de descendentes que passaram pela fase de gameta não fecundado. Há dois tipos de partenogênese: aquela em que fêmeas não fecundadas produzem somente fêmeas - partenogênese telítoca - ou a arrenótoca, onde os óvulos não fecundados originam somente machos, como ocorre com a produção de zangões por abelhas-rainhas.

Existem espécies que se reproduzem exclusivamente por partenogênese do tipo telítoca. Nesse caso, tais espécies “abandonaram” a necessidade da existência de machos. Se as espécies com reprodução sexuada com fertilização cruzada têm a vantagem do aumento da variabilidade genética e consequente potencial de responder evolutivamente a mudanças ambientais, quais seriam as vantagens de uma espécie que se reproduz por partenogênese? A resposta para essa questão será tema da atividade programada. A reprodução por partenogênese tem também algumas variações. Existem espécies, como a de alguns copépodos (grupos de artrópodos), que alternam gerações com reprodução sexuada e assexuada.

