

Clécio Danilo Dias da Silva Danyelle Andrade Mota  
(Organizadores)

# Ciências da vida:

Estudo das plantas, animais e seres humanos

2



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

Clécio Danilo Dias da Silva   Danyelle Andrade Mota  
(Organizadores)

# Ciências da vida:

Estudo das plantas, animais e seres humanos

2



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Biológicas e da Saúde**

Profª Drª Aline Silva da Fonte Santa Rosa de Oliveira – Hospital Federal de Bonsucesso

Profª Drª Ana Beatriz Duarte Vieira – Universidade de Brasília

Profª Drª Ana Paula Peron – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás



Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Aderval Aragão – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Welma Emídio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco



## Ciências da vida: estudo das plantas, animais e seres humanos 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Clécio Danilo Dias da Silva  
Danyelle Andrade Mota

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências da vida: estudo das plantas, animais e seres humanos 2 / Organizadores Clécio Danilo Dias da Silva, Danyelle Andrade Mota. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0309-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.098220707>

1. Seres vivos. 2. Plantas. 3. Animais. 4. Seres humanos. I. Silva, Clécio Danilo Dias da (Organizador). II. Mota, Danyelle Andrade (Organizadora). III. Título.

CDD 571

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

O segmento Ciências da Vida passa por constantes transformações, sendo responsável por avanços tecnológicos que afetam a vida de milhares de pessoas pelo mundo. Esse campo da Ciência é interdisciplinar e envolve o estudo de organismos vivos como plantas, animais e seres humanos. Sendo que, um dos objetivos desta área é a busca pelo desenvolvimento tecnológico e formação de um cidadão crítico, com posicionamentos científicos que possibilitem práticas dinâmicas e mais significativas.

Neste contexto, o papel das Ciências da Vida é o de colaborar para a compreensão do mundo e suas transformações, situando o homem como indivíduo participativo e parte integrante do Universo. Os conceitos e procedimentos desta área contribuem para a ampliação das explicações sobre os fenômenos da natureza, para o entendimento e o questionamento dos diferentes modos de nela intervir e, ainda, para a compreensão das mais variadas formas de utilizar os recursos naturais.

Nessa perspectiva, o volume 2 do e-book “Ciências da Vida: Estudo das Plantas, Animais e Seres Humanos” é publicado com oito capítulos com uma série de investigações e contribuições nas diversas áreas de conhecimento que interagem com as Ciências da Vida. Os autores compartilham dados resultantes de pesquisas, formação profissional, relatos de experiências, ensaios teóricos e revisões da literatura de diversas áreas relacionadas às Ciências da Vida. É importante destacar sua integração com a saúde humana.

Agradecemos aos autores pelas contribuições que tornaram essa edição possível, e juntos, convidamos os leitores para desfrutarem as produções desta obra. Tenham uma ótima leitura!

Clécio Danilo Dias da Silva  
Danyelle Andrade Mota

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO 1..... 1

#### FITOTERÁPICOS: ENTRAVES E ADVENTOS DA REGULAMENTAÇÃO

Débora Dolores Souza da Silva Nascimento

Aline Silva Ferreira

Alessandra Cristina Silva Barros

Emerson de Oliveira Silva

Alinne Élide Gonçalves Alves Tabosa

Natália Millena da Silva

Leslie Raphael de Moura Ferraz

Janaína Barbosa Machado

Larissa Araújo Rolim

Mônica Felts de La Roca Soares

Rosali Maria Ferreira da Silva

Pedro José Rolim Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0982207071>

### CAPÍTULO 2..... 11

#### POTENCIAIS FARMACOLÓGICOS DE ESPÉCIES DE *Solanum* L.

Márcia Vieira de Sousa

Loane Costa Sampaio

Mariana Gomes Adriano

Sandy Karine da Silva Leão

Grazielly Santos da Silva

Ângela Celis de Almeida Lopes

Lidiane de Lima Feitoza

Artemisa Nazaré Costa Borges Martins

Regina Lúcia Ferreira Gomes

Lívia do Vale Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0982207072>

### CAPÍTULO 3..... 23

#### MACELA, UMA PLANTA MEDICINAL, RICA EM FLAVONOIDES: REVISÃO DE USOS POPULARES E EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS

Tanize Louize Milbradt

Giovana Barichello Pivetta

Verônica Farina Azzolin

Nathália Cardoso de Afonso Bonotto

Ivana Beatrice Mânica da Cruz

Fernanda Barbisan

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0982207073>

### CAPÍTULO 4..... 43

#### AÇÕES SINÉRGICAS ENTRE OS COMPONENTES DO CHÁ DE AYAHUASCA E ANTIDEPRESSIVOS

Sueli Mendonça Netto

Gláucia Guimarães Amaral  
Orlando Vieira de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0982207074>

**CAPÍTULO 5..... 59**

**O USO DO GINKGO BILOBA NO TRATAMENTO DO ALZHEIMER**

Larissa Kalyne Gomes Barros

Joao Paulo de Melo Guedes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0982207075>

**CAPÍTULO 6..... 65**

**HANSENÍASE NO BRASIL**

Danielle Freire Goncalves

Milena Brandao Rios

Julia Fernanda Gouveia Costa

Iara Priscila Inacio de Freitas

Samantha Costa de Sousa

Tainá Ferreira Soares

Adriane Nunes de Jesus Melo

Ivana Maria Herenio dos Santos

Tonny Venâncio de Melo

Walker Alves Costa

Thais de Carvalho Costa

Maria Gabriel Rocha Leão

Mercia Rodrigues Lacerda

Mercia Pontes Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0982207076>

**CAPÍTULO 7..... 70**

**ADENOCARCINOMA MAMÁRIO TUBULAR SIMPLES EM *Rattus norvegicus* FÊMEA –  
RELATO DE CASO**

Áster Patricia Kerschr Bento

Luis Gustavo Picorelli de Oliveira

Eduardo Augusto Lyra Villela

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0982207077>

**CAPÍTULO 8..... 79**

**GAMETOGÊNESE E FERTILIZAÇÃO: MECANISMOS FUNDAMENTAIS PARA A  
REPRODUÇÃO**

Ivina Rocha Brito

Livia Schell Wanderley

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0982207078>

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 94**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 95**

## GAMETOGÊNESE E FERTILIZAÇÃO: MECANISMOS FUNDAMENTAIS PARA A REPRODUÇÃO

*Data de aceite: 04/07/2022*

*Data de submissão: 04/05/2022*

### Ivina Rocha Brito

Centro Universitário Estácio do Ceará, CE  
<http://lattes.cnpq.br/6606290244529577>  
<https://orcid.org/0000-0003-4774-4667>

### Livia Schell Wanderley

Centro Universitário Estácio do Ceará, CE  
<http://lattes.cnpq.br/2566258711042016>  
<https://orcid.org/0000-0002-6968-2607>

**RESUMO:** A reprodução sexuada exerce um papel fundamental para a manutenção das espécies, uma vez que possibilita a geração de descendentes geneticamente diferentes, contudo, mantendo caracteres de seus progenitores. Portanto, esse mecanismo é capaz de manter a variabilidade genética das populações, ao mesmo tempo em que preserva as características típicas de cada espécie. Isso é possível a partir da formação de gametas masculino e feminino, em complexo processo definido como gametogênese. Cada gameta é responsável por garantir a metade do conteúdo genético do futuro embrião. O encontro desses gametas para dar origem a um novo indivíduo desencadeia uma série de eventos, referidos como fertilização. Diante da importância e complexidade desses eventos, o presente trabalho teve como finalidade reunir informações relevantes sobre a gametogênese e a fertilização. O conhecimento acerca dos eventos é de grande

relevância para a utilização de biotecnologias que possam auxiliar na melhoria do potencial reprodutivo dos animais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reprodução animal, gametas, ciclo estral, eventos da fertilização.

### GAMETOGENESIS AND FERTILIZATION: FUNDAMENTAL MECHANISMS FOR REPRODUCTION

**ABSTRACT:** Sexual reproduction plays a key role in the maintenance of species, since it allows the generation of genetically different offspring, although maintaining the characteristics of their progenitors. Therefore, this mechanism is able to maintain the genetic variability of populations, while preserving the typical characters of each species. This is possible due to the formation of male and female gametes, in a complex process defined as gametogenesis. Each gamete is responsible for ensuring half of the genetic content of the future embryo. The combination of these gametes to originate a new individual triggers a series of events, referred to as fertilization. Given the importance and complexity of these events, the present work aimed to gather relevant information about gametogenesis and fertilization. The knowledge about these events is highly relevant for the application of biotechnologies that can contribute to the improvement of animal reproductive potential.

**KEYWORDS:** Animal reproduction, gametes, estrous cycle, fertilization events.

## 1 | INTRODUÇÃO

A reprodução é uma característica fundamental dos seres vivos, pois se refere à sua capacidade de gerar descendentes. Portanto, é um mecanismo importante para garantir a manutenção de todas as espécies que vivem hoje.

Através da reprodução, é possível gerar indivíduos geneticamente idênticos, no caso da reprodução assexuada, ou geneticamente diferentes, porém com características herdadas de seus progenitores, no caso da reprodução sexuada. Essa última, ocorre em todos os animais vertebrados e envolve a participação de um gameta feminino, o ovócito, e um masculino, o espermatozoide.

Para compreender os aspectos relacionados à reprodução sexuada é necessário conhecer os gametas e todo seu processo de formação, que é chamado gametogênese. Cada gameta contribui com metade das características genéticas do novo indivíduo, ou seja, com a metade da quantidade de cromossomos da espécie.

Quando os gametas feminino e masculino de animais da mesma espécie se encontram, tem início o processo de fertilização. Em algumas espécies, a fertilização acontece dentro do corpo da fêmea (fertilização interna), enquanto em outras, a fertilização ocorre no ambiente (fertilização externa). Independente da espécie, o encontro dos gametas desencadeia uma série de eventos, tanto no espermatozoide quanto no ovócito, que os tornam capazes de dar origem ao zigoto, um novo indivíduo, geneticamente diferente dos seus genitores. E, dessa forma, acontece o milagre da vida!

O conhecimento sobre a gametogênese e fertilização é indispensável para profissionais que irão atuar na área de Reprodução Animal, uma vez que são eventos fundamentais para a manutenção das espécies. Ainda, permitirá a aplicação de biotecnologias reprodutivas, que poderão ser usadas para diversas finalidades, como acelerar o melhoramento genético, e, assim, aumentar a produção de espécies economicamente importantes ou para o manejo reprodutivo de animais ameaçados de extinção ou que vivem em cativeiro. Por fim, tal conhecimento é fundamental para compreender aspectos relacionados ao desenvolvimento animal, já que falhas na gametogênese podem resultar no surgimento de doenças.

Portanto, ao longo do texto serão abordados aspectos relacionados a estrutura dos gametas e o processo de gametogênese masculina e feminina, bem como aos eventos que envolvem a capacitação espermática e as etapas da fertilização.

## 2 | GAMETOGÊNESE

Em células somáticas, que são todas as células de um indivíduo exceto os gametas, os cromossomos se organizam aos pares, sendo uma cópia materna e uma paterna. Nessa condição, pode-se dizer que esta célula é diploide ou  $2n$ . Para formar o par de cromossomos, uma cópia deve ser herdada da mãe através do ovócito e a outra cópia é

recebida do pai por meio do espermatozoide. Assim, para obter uma célula diploide após a fertilização, os gametas devem conter apenas um cromossomo de cada par. Nesse caso, diz-se que os gametas são células haploides ou  $n$ , ou seja, os gametas contêm apenas metade do número de cromossomos presente nas células somáticas.

Além disso, ao contrário das células somáticas, os gametas de um mesmo indivíduo são todos geneticamente diferentes entre si e, a cada fertilização, são gerados indivíduos diferentes.

Isso é possível porque as divisões das células somáticas ocorrem por mitose, que transfere para cada uma das células-filhas cópias exatas de todos os cromossomos da célula-mãe. O resultado, então, são células diploides idênticas entre si.

Porém, durante a gametogênese, os mecanismos especiais da meiose são responsáveis por reduzir a quantidade de cromossomos das células-filhas pela metade, ao mesmo tempo em que promove recombinação do material genético, produzindo, assim, células haploides e geneticamente diferentes entre si.

## 2.1 Estrutura dos gametas

### 2.1.1 Espermatozoide

Cada espermatozoide consiste em um núcleo haploide, um sistema de propulsão para movimentar o núcleo e um saco de enzimas que facilitam a entrada do núcleo no ovócito. A maior parte do citoplasma do espermatozoide é eliminada durante o seu amadurecimento, permanecendo apenas um conjunto de organelas modificadas para exercer a função espermática.

A cabeça do espermatozoide contém o núcleo, que determina o formato da cabeça. Ao longo do processo de amadurecimento, o núcleo haploide se torna muito aerodinâmico e o seu DNA fica altamente condensado. Na porção anterior do núcleo está a vesícula acrossômica, derivada do aparelho de Golgi, contendo enzimas que digerem proteínas e açúcares complexos, e que são usadas para romper os revestimentos do ovócito durante a fertilização.

O movimento dos espermatozoides é impulsionado pelo flagelo, o qual é formado por uma peça intermediária que contém uma porção motora chamada axonema. Um axonema consiste em dois microtúbulos centrais circundados por nove pares de microtúbulos. O axonema se estende da peça intermediária, passando pela peça principal até o início da peça terminal do flagelo. A força de propulsão dos espermatozoides é proporcionada pela proteína motora dineína, que se associa aos microtúbulos e utiliza a energia fornecida pelas mitocôndrias arranjadas em torno do axonema da peça intermediária.

A morfologia da cabeça do espermatozoide, bem como o comprimento do gameta depende da espécie, mas varia de aproximadamente 60  $\mu\text{m}$  no cachoço a 75  $\mu\text{m}$  no touro. Conhecer a morfologia dos espermatozoides é importante, porque espermatozoides

anormais também são produzidos e, dependendo da quantidade, podem comprometer a fertilidade do animal, pois dificultam ou impedem o movimento do espermatozoide ou, ainda, diminuem sua capacidade de fertilizar o ovócito. As alterações morfológicas como cabeças ou caudas duplas prejudicam a motilidade dos espermatozoides. Já variações na forma e no tamanho da cabeça indicam alterações, como ausência do acrossomo, condensação insuficiente da cromatina e até mutações no material genético.

### 2.1.2 Ovócito

O ovócito consiste em uma célula grande, com núcleo e citoplasma volumosos. Ao contrário do espermatozoide, que elimina a maior parte do seu citoplasma, o ovócito não só conserva o seu material, como continua a acumulá-lo ativamente. Todo o material necessário para o início do desenvolvimento do futuro embrião deve estar armazenado no ovócito. Portanto, o citoplasma do ovócito contém um material complexo, chamado vitelo, rico em fosfolípidios, glicídios, gorduras neutras e proteínas. A quantidade acumulada de vitelo varia de espécie para espécie e influencia a forma como o futuro embrião irá realizar suas clivagens.

Em algumas espécies (por exemplo, ouriços-do-mar), o núcleo já é haploide no momento da fertilização. Em outras espécies (incluindo a maioria dos mamíferos), o núcleo do ovócito ainda é diploide, e a entrada do espermatozoide estimula a finalização das divisões meióticas.

O citoplasma do ovócito é envolvido por uma membrana plasmática. Externamente à membrana, encontra-se uma estrutura glicoproteica, o envoltório vitelínico, fundamental para a ligação espécie-específica do espermatozoide. Em mamíferos, o envoltório vitelínico é bastante espesso e é chamado zona pelúcida. Internamente, adjacente à membrana plasmática, encontra-se uma região chamada de córtex, onde o citoplasma é mais denso e contém os grânulos da cortical. Esses grânulos contêm proteínas e mucopolissacarídeos que atuam evitando a entrada de mais de um espermatozoide (poliespermia).

Ao ser ovulado, o ovócito de peixes e anfíbios está encapsulado em uma substância gelatinosa formada no momento da sua passagem pelo oviduto. Já nos répteis, nas aves e em alguns peixes, também no oviduto, o ovócito é envolto por camadas de albúmen ou em cápsulas membranosas ou calcárias ou em cascas. Em mamíferos, o ovócito ovulado é circundado por um conjunto de células foliculares formando a corona radiata.

Independente da espécie, nos ovários de vertebrados, os ovócitos encontram-se rodeados por células derivadas do epitélio ovariano e que, juntamente com o ovócito, formam uma estrutura chamada folículo ovariano. As células que compõem os folículos ovarianos são diferenciadas em células da granulosa e células da teca, e são fundamentais para garantir o crescimento e maturação do ovócito. Esses folículos se desenvolvem em um processo denominado foliculogênese, que acontece junto com a ovogênese.

Um fato interessante é que o ovócito possui uma competência própria para iniciar o desenvolvimento embrionário, ou seja, ele contém todos os fatores necessários para iniciar e manter o metabolismo e o desenvolvimento inicial do embrião até que este possa obter sua nutrição de uma fonte externa. Portanto, além de contribuir com o material genético, o ovócito é também um reservatório de enzimas citoplasmáticas, mRNAs, organelas e substratos metabólicos.

Essa habilidade particular do ovócito é utilizada biotecnologicamente, especialmente na clonagem por transferência de núcleo. Nessa biotécnica, o núcleo do ovócito é substituído pelo núcleo de uma célula somática doadora do indivíduo a ser clonado. Em seguida, o citoplasma do ovócito inicia o desenvolvimento embrionário controlado pelo genoma da célula doadora do núcleo. A clonagem por transferência nuclear de células somáticas vem sendo realizada em diversos países, inclusive no Brasil, para fins experimentais ou até mesmo comerciais. O interesse por essa biotécnica é explicado por sua gama de aplicações na ciência básica, conservação animal, transgenia, produção animal e medicina humana.

## 2.2 Gametogênese masculina

A gametogênese masculina é chamada espermatogênese e inclui todos os eventos envolvidos na formação dos espermatozoides, que ocorre no interior dos túbulos seminíferos dos testículos.

Esse processo pode ser subdividido em **espermatocitogênese** (o desenvolvimento dos espermatócitos a partir das espermatogônias), **meiose** (as duas divisões meióticas dos espermatócitos) e **espermio gênese** (a diferenciação das espermátides em espermatozoides).

### 2.2.1 *Espermatocitogênese*

Inicialmente, durante a vida embrionária do animal, células germinativas indiferenciadas se dividem por mitose, dando origem a células menores chamadas espermatogônias tipo A. Estas espermatogônias tipo A tornam-se dormentes até a entrada na puberdade, quando são novamente estimuladas a sofrer mitose. Ao se dividir, a espermatogônia tipo A dá origem a uma espermatogônia tipo A de reserva (células-tronco) e a uma espermatogônia que irá se diferenciar no tipo B e seguirá o processo de formação do gameta. O fato de espermatogônias tipo A de reserva serem produzidas a cada divisão mitótica garante uma população perpétua dessas células e, conseqüentemente, a produção de espermatozóides durante toda a vida do animal.

As espermatogônias de tipo B passam por alguns ciclos de divisões mitóticas em que as células-filhas não se separam completamente, e, ao final dessas divisões, originam espermatócitos primários. Os espermatócitos primários são as maiores células da linhagem espermatogênica e encontram-se localizados próximo à lâmina basal, no interior dos túbulos seminíferos.

### 2.2.2 Meiose

Cada espermatócito primário entra em uma prófase prolongada, cuja duração varia conforme a espécie, seguida pelo término rápido da meiose I, resultando na formação de duas células menores e com a metade da quantidade de cromossomos da espécie, os espermatócitos secundários. Entretanto, os cromossomos ainda se encontram na forma de cromátides duplas. Assim, cada espermatócito secundário entra na segunda divisão da meiose, originando duas células, as espermátides, que são células haplóides.

Dessa maneira, ou seja, por meiose, são formadas células com a metade da quantidade de DNA das outras células do organismo.

### 2.2.3 Espermiogênese

A espermátide haploide é uma célula redonda não-flagelada que não se parece com o espermatozoide maduro dos vertebrados. Assim, após a meiose II, as espermátides iniciam um processo de maturação, chamado espermiogênese, que promove modificações na célula espermática que a permitirão se movimentar e ligar no ovócito. A partir desse momento, não ocorrem mais divisões celulares.

Estas transformações incluem: a) a formação do acrossomo a partir do aparelho de Golgi; b) a condensação da cromatina e alongamento do núcleo; c) formação do flagelo; e d) eliminação de grande parte do citoplasma com as mitocôndrias, formando um anel em volta da peça intermediária do flagelo. O resultado final é o espermatozoide maduro, que é liberado no lúmen do túbulo seminífero.

A espermiogênese engloba quatro fases: de Golgi, de capuchão, de acrossomo e de maturação.

- 1) Durante a fase de Golgi, o complexo de Golgi produz grânulos acrossômicos os quais se fundem para produzir um único grande grânulo acrossômico no interior de uma vesícula limitada por membrana, chamada vesícula acrossômica, localizada próxima ao núcleo. Além disso, inicia-se a formação do axonema, que resultará no flagelo.
- 2) Na fase de capuchão, a vesícula e o grânulo acrossômico se achatam sobre a metade anterior do núcleo como um capuz e passam a ser chamados inicialmente de capuz acrossômico.
- 3) Em seguida, na fase de acrossomo, acontece a condensação da cromatina e o alongamento do núcleo. Enquanto isso, o capuz acrossômico se estende ainda mais, recobrando a maior parte do núcleo, sendo chamado agora de acrossomo. O acrossomo contém enzimas, como hialuronidase, neuraminidase e fosfatase ácida, importantes para a penetração do espermatozoide nos revestimentos do ovócito durante a fertilização. Ainda, parte do citoplasma é deslocado para o desenvolvimento da cauda e as mitocôndrias são arranjadas em torno do axonema em crescimento.
- 4) Durante a fase de maturação, a maior parte do citoplasma das espermátides,

incluindo as organelas, é despreendida formando os corpos residuais, que são fagocitados pelas células de Sertoli.

Ao longo de todas as divisões, desde as espermatogônias até a formação das espermátides, a citocinese não é completa, ou seja, as células-filhas permanecem conectadas por pontes citoplasmáticas. As espermátides somente são desconectadas umas das outras na fase de maturação da espermiogênese, quando então os espermatozoides são liberados no lúmen do túbulo.

### 2.3 Gametogênese feminina

A gametogênese feminina é conhecida como ovogênese e acontece nos ovários, as gônadas femininas. Como vimos, os ovócitos se desenvolvem juntamente com um conjunto de células circundantes, formando os folículos ovarianos. Assim, a gametogênese feminina envolve, não só a ovogênese, mas a foliculogênese também.

Da mesma forma como ocorre nos machos, a ovogênese inicia ainda durante o desenvolvimento do embrionário das fêmeas, quando as células germinativas primordiais realizam várias divisões mitóticas e dão origem às ovogônias. Estas células permanecem sofrendo mitose, mas sem se separarem completamente, até que se diferenciam em ovócitos primários e já iniciam meiose I. Tudo isso acontece antes dessa fêmea nascer! Entretanto, a meiose I é bloqueada ainda no comecinho, no estágio de prófase I, não progredindo para as próximas fases até a chegada da puberdade.

Os ovócitos primários são então revestidos por células somáticas derivadas do epitélio do ovário, formando os primeiros folículos ovarianos. Esse evento marca o início da foliculogênese.

Os primeiros folículos a surgirem são os folículos primordiais, caracterizados pela presença de poucas células achatadas ao redor do ovócito primário. Estes folículos constituem o estoque de gametas feminino. Em outras palavras, as fêmeas já nascem com uma quantidade predefinida dessas estruturas e não produzem mais durante toda sua vida. É importante lembrar que o número de folículos primordiais que uma fêmea consegue produzir varia bastante conforme a espécie.

Uma parte desses folículos primordiais é gradativamente recrutada para crescimento e ovulação ao longo da vida reprodutiva da fêmea, porém, a maioria deles morre por um processo degenerativo fisiológico chamado atresia. Isso explica o motivo das fêmeas deixarem de ovular a partir de certa idade.

Nas grandes espécies domésticas, o crescimento folicular também é iniciado durante a vida fetal. Assim, com a ativação do folículo primordial, as células foliculares começam a proliferar, formando uma camada completa de células cuboides ao redor do ovócito primário. Nesse momento, temos o folículo primário e as células foliculares são agora chamadas de células da granulosa.

A ativação do folículo primordial também inicia o crescimento do ovócito, o qual sofre

muitas modificações, incluindo o desenvolvimento dos grânulos da cortical e a aquisição da competência para retomar a meiose e sustentar o desenvolvimento embrionário após a fertilização.

As células da granulosa continuam a se multiplicar para formar várias camadas em torno do ovócito, estrutura que passa a ser conhecida como folículo secundário. Nesse estágio, o ovócito primário e as células da granulosa produzem os componentes que irá formar o envoltório vitelínico ou zona pelúcida. Enquanto isso, células do ovário se diferenciam em células da teca e passam a circundar as células da granulosa. Esses dois conjuntos de células são responsáveis por produzir os hormônios sexuais femininos, o estrógeno e a progesterona.

À medida que o desenvolvimento folicular continua, começam a aparecer espaços preenchidos por líquido entre as células da granulosa, os quais se unem formando uma única cavidade, o antro, caracterizando o folículo terciário.

Somente quando a fêmea atingir a puberdade, esse folículo irá continuar seu desenvolvimento e, caso seja selecionado para ovulação, entra no estágio de folículo pré-ovulatório e inicia a fase final da maturação folicular e ovocitária.

Nesse momento, na maioria dos mamíferos, a meiose I é retomada no ovócito primário, dando origem a duas células haploides distintas, uma célula grande e ativa, o ovócito secundário, e uma célula afuncional e quase sem citoplasma, o primeiro corpúsculo polar. O corpúsculo polar fica situado entre o ovócito secundário e a zona pelúcida, e irá degenerar. Ao terminar a meiose I, o ovócito secundário já inicia a meiose II, que é bloqueada novamente, mas agora na fase de metáfase II.

Esse ovócito secundário é então ovulado e, somente se ele for fertilizado, a meiose II é retomada até o final originando, mais uma vez, duas células desiguais, o segundo corpúsculo polar (a célula afuncional) e o ovócito secundário fecundado. Este último dará origem ao zigoto.

Ao ser ovulado, o ovócito secundário leva consigo as células foliculares que estavam ao seu redor, formando a corona radiata. O espermatozoide precisa ultrapassar essas células para fertilizar o ovócito. Enquanto isso, a maior parte das células do folículo que ovulou permanecem no ovário e se diferenciam em células luteínicas, formando uma estrutura chamada corpo lúteo.

## 2.4 Ciclo estral

No início da puberdade é marcado pela maturidade do sistema endócrino e nervoso, quando ocorrem mudanças e ajustes na liberação de hormônios que irão agir nas gônadas, fazendo com que elas entrem em atividade de liberação de hormônios sexuais (testosterona nos machos e estrógeno e progesterona nas fêmeas) e de gametas (espermatozoide e ovócito).

Nas fêmeas, essas mudanças hormonais têm uma importância ainda maior, pois,

além de estimular a produção de gametas, também prepara todo o seu sistema reprodutor para a fecundação e posterior gestação (no caso dos mamíferos).

A entrada na puberdade, portanto, significa que o hipotálamo iniciou a liberação de GnRH (hormônio liberador de gonadotrofinas), o qual estimula a hipófise anterior a secretar as gonadotrofinas FSH (hormônio folículo estimulante) e LH (hormônio luteinizante). Estas atuam sobre os ovários, estimulando a produção de estrógeno e progesterona.

A secreção de GnRH, e então FSH e LH, é influenciada por estímulos visuais, olfatórios, auditivos e táteis do ambiente e também por sistemas de regulação no próprio animal. Porém, é somente na puberdade que o sistema nervoso central alcança maturidade suficiente para permitir a integração complexa de todos esses sinais.

A idade com que a fêmea atinge a puberdade varia bastante entre as espécies (Quadro 1). Porém, além da idade, outros fatores influenciam a entrada na puberdade, como peso corporal, raça, nutrição, doenças e, em algumas espécies, estação do ano e proximidade ao macho.

ESPÉCIE	IDADE NA PUBERDADE
Vaca	8-18 meses
Égua	10-24 meses
Porca	6-8 meses
Ovelha	6-15 meses
Cabra	4-8 meses
Cadela	6-20 meses
Gata	5-12 meses

Quadro 1. Idade da puberdade em algumas espécies de animais domésticos

Quadro adaptado de Hyttel et al., 2012.

A partir daí, a liberação dos hormônios reprodutivos na fêmea começa a acontecer de forma cíclica e, por isso, chamamos de ciclo estral.

O ciclo estral é subdividido em 4 fases principais: proestro, estro ou cio, metaestro e diestro. Em algumas espécies, pode ser observada mais uma fase, o anestro.

**Proestro:** o estrógeno que começa a ser liberado pelos folículos em crescimento estimula o início da preparação do trato reprodutivo, especialmente do útero para manter uma gestação.

**Estro:** na maioria das espécies, a elevação dos níveis de estrógenos produzidos pelos folículos ovarianos durante o proestro estimula uma maior secreção de GnRH pelo hipotálamo durante o estro, desencadeando o pico de LH e a ovulação. Entre as espécies domésticas, a gata e a camela são exemplos de espécies em que o pico de GnRH que possibilita a ovulação é induzido pela cópula. Nessas espécies, a cópula provoca um reflexo nervoso que atua sobre o hipotálamo, estimulando a liberação de GnRH e,

consequentemente, o pico de LH. É também durante essa fase que as fêmeas apresentam receptividade sexual, em resposta a alta concentração de estrógeno.

**Metaestro:** com a ovulação, ainda sob efeito do LH, as células foliculares que permaneceram no ovário passam por um processo de luteinização, ou seja, se diferenciam formando o corpo lúteo, que começa a secretar progesterona. Essa fase é caracterizada pela diminuição do estrógeno e elevação da progesterona (já que as células da granulosa se diferenciaram e passaram a ser células produtoras de progesterona), a qual também atua sobre o útero estimulando a finalização da preparação do endométrio.

**Diestro:** o corpo lúteo alcança sua produção máxima de progesterona, que se torna o hormônio predominante. A alta secreção de progesterona exerce um efeito de bloqueio no hipotálamo, inibindo a liberação de GnRH. Consequentemente, a hipófise anterior também não libera FSH e LH suficiente para atuar sobre os ovários e, por isso, o desenvolvimento folicular fica parado. Nesse momento, o útero está pronto para garantir uma gestação. Se o ovócito ovulado for fertilizado e se implantar no útero, a progesterona é o principal hormônio responsável por manter a prenhez. Caso essa gestação não aconteça, o corpo lúteo entra em regressão até parar de secretar progesterona, o que desbloqueia o hipotálamo e reinicia o ciclo estral.

**Anestro:** essa fase é caracterizada por ser um período de inatividade reprodutiva, mesmo quando continua havendo atividade hormonal e desenvolvimento folicular, uma vez que o estímulo é insuficiente para que ocorra a maturação folicular e a ovulação. Ao longo desta fase não há alterações comportamentais ou morfológicas nas fêmeas.

A duração do ciclo estral varia com a espécie, como podemos observar no quadro 2. Mas sabe-se também que pode haver variação na duração do ciclo dentro da mesma espécie. Isso acontece por influência de vários fatores, como alterações hormonais, temperatura, estresse e nutrição.

ESPÉCIE	DURAÇÃO DO CICLO	TIPO DE CICLO
Cabra	21 dias	Policíclica estacional
Cadela	6 meses	Monocíclica
Camundonga	4 a 6 dias	Policíclica não estacional
Égua	19 a 25 dias	Policíclica estacional
Gata	14 a 21 dias*	Policíclica estacional
Ovelha	16 a 17 dias	Policíclica estacional
Porca	19 a 21 dias	Policíclica não estacional
Vaca	21 dias	Policíclica não estacional

\* variável, pois tem ovulação induzida, dependente da ocorrência da cópula, portanto sem cópula há a tendência de aumento da fase do estro.

Quadro 2. Duração e tipo de ciclo estral em diferentes espécies de animais.

Quadro adaptado de Vanderley e Santana, 2015.

As espécies podem ainda ser classificadas de acordo com a frequência com que apresentam seus ciclos estrais em policíclicas não estacionais, policíclicas estacionais e monocíclicas.

As raças domésticas de suínos e bovinos são animais policíclicos não estacionais, o que significa que porcas e vacas experimentam uma atividade cíclica recorrente durante o ano. Nessas espécies, o anestro aparecerá apenas em casos de processos fisiológicos como gestação ou amamentação, ou devido a condições patológicas que interrompem a ciclicidade.

Por outro lado, a égua, a ovelha, a cabra e a gata são animais policíclicos estacionais, ou seja, a atividade cíclica delas é profundamente influenciada pela quantidade e duração da luminosidade do dia. Nesses casos, o anestro é muito importante, pois limita a estação reprodutiva de forma que os partos ocorram na época do ano que pode ser mais favorável para a sobrevivência dos filhotes.

Já cadelas, lobas e raposas são monocíclicas e apresentam longos períodos com um único estro. Normalmente, um ou dois (algumas vezes três) períodos estrais são observados por ano, separados por longos períodos de anestro. Em geral, a fase de receptividade sexual das espécies monocíclicas é muito longa para garantir a fecundação. No caso das cadelas, a reprodução pode acontecer em qualquer época do ano, portanto, não são consideradas estacional.

### 3 | FERTILIZAÇÃO

Na fertilização, os gametas masculino e feminino haploides devem se fundir para dar origem ao zigoto, uma célula diploide e geneticamente única que irá formar um novo organismo multicelular.

Portanto, para que ocorra a fertilização, os gametas precisam se encontrar. Para animais de fertilização interna (que ocorre dentro do trato reprodutor da fêmea, como em répteis, aves e mamíferos), esse encontro pode ser relativamente fácil, pois o espaço que o espermatozoide tem para percorrer é limitado. Porém, existem animais (como peixes e anfíbios) cuja fecundação é externa, ou seja, acontece na água, o que torna o encontro dos gametas um evento mais complexo e com menor chance de sucesso. Ainda, deve-se considerar que outras espécies compartilham o mesmo ambiente e podem ter o mesmo período para a reprodução.

Existem dois mecanismos principais para contornar este problema: a atração e a ativação espécie-específica do espermatozoide. Em animais de fecundação externa, a atração acontece por meio de substâncias presentes na cápsula gelatinosa que envolve o ovócito que tem a capacidade de atrair o espermatozoide, em um processo espécie-específica chamado quimiotaxia. Quando o espermatozoide finalmente encontra o ovócito e encosta na sua cápsula gelatinosa, inicia o seu processo de ativação, que envolve o

reconhecimento e posterior entrada desse espermatozoide.

Em animais de fecundação interna, o espermatozoide também é atraído por quimiotaxia até o oviduto, local em que encontra o ovócito. Porém, logo assim que chega ao trato reprodutor feminino, o espermatozoide ainda não está apto a fertilizar o ovócito. É necessário que aconteça uma série de modificações na membrana plasmática dos espermatozoides, enquanto estes se dirigem pelo trato reprodutor feminino até chegar ao oviduto, em um processo chamado capacitação espermática.

### 3.1 Capacitação espermática

A capacitação é um processo gradual e essencial para a fertilização. O processo começa quando os espermatozoides entram em contato com as secreções do aparelho genital da fêmea e termina no oviduto.

Os processos importantes que ocorrem durante a capacitação são:

- **Remoção da cobertura de proteínas e glicoproteínas do plasma seminal**

Enquanto os espermatozoides estão no trato reprodutor masculino, moléculas, como proteínas e glicoproteínas, do sêmen se ligam à sua superfície, protegendo-os contra danos na membrana e no DNA. Essas moléculas são conhecidas como agentes decapacitantes e, além de proteger o espermatozoide, também bloqueiam os locais de reconhecimento da zona pelúcida. Portanto, mesmo sendo o primeiro a chegar, se o espermatozoide não tiver completado a remoção dessas proteínas, ele não será capaz de fertilizar o ovócito.

- **Início da cascata de eventos que induz a reação acrossômica**

Ao chegar no trato reprodutor feminino, uma série de alterações químicas ocorrem no citoplasma e na membrana do espermatozoide, resultando na ativação de proteínas envolvidas na reação acrossômica e na ligação do espermatozoide à zona pelúcida.

- **Alterações na motilidade dos flagelos**

Essas alterações causam uma hiperativação dos flagelos, fazendo com que o espermatozoide passe a nadar com maior velocidade e gerando maior força para a penetração na zona pelúcida.

É importante destacar que os espermatozoides capacitados não apresentam mudanças morfológicas, eles apenas se tornam mais ativos e desenvolvem a capacidade de fundir-se com a membrana plasmática do ovócito.

Uma vez capacitados, os espermatozoides que chegam ao ovócito ovulado estão aptos a participar dos eventos que ocorrem durante a fertilização.

### 3.2 Etapas da fertilização

Em mamíferos, a fertilização envolve basicamente 4 etapas.

### *3.2.1 Interação entre espermatozoide e óvulo*

A primeira etapa da fertilização consiste no contato e reconhecimento entre espermatozoide e óvulo da mesma espécie. Isso acontece quando o espermatozoide chega à zona pelúcida do óvulo e consegue se ligar a ela por meio de receptores espécie-específicos presentes na zona pelúcida que reconhecem e ligam o espermatozoide. Uma vez ligado, o espermatozoide inicia a reação acrossômica.

A reação acrossômica, induzida pela ligação na zona pelúcida, consiste na fusão da membrana plasmática do espermatozoide com a membrana externa do acrossomo. Com isso, as enzimas presentes no acrossomo são liberadas. Dentre essas enzimas, encontramos esterases, neuraminidases e acrosina, que causam uma modificação local da zona pelúcida permitindo a penetração do espermatozoide.

### *3.2.2 Entrada do espermatozoide no óvulo*

Ao atravessar a zona pelúcida, o espermatozoide entra em contato com a membrana plasmática do óvulo e, então as suas membranas se fundem permitindo a entrada do espermatozoide, incluindo sua cauda.

Esse contato entre as membranas plasmáticas do espermatozoide e do óvulo promove mudanças na zona pelúcida que alteram a sua permeabilidade, bloqueando a polispermia, ou seja, a entrada de outros espermatozoides. Esse evento é conhecido como reação zonal.

Como dito anteriormente, internamente, na região próxima a membrana plasmática do óvulo, encontram-se vários grânulos da cortical. O conteúdo desses grânulos inclui proteases, fosfatases ácidas, peroxidase, mucopolissacarídeos e ativador de plasminogênio. O contato do primeiro espermatozoide com o óvulo já estimula a liberação dessas substâncias, que agem sobre a zona pelúcida inativando os receptores de ligação para os outros espermatozoides. Dessa forma, apenas um consegue entrar.

Em mamíferos, a polispermia gera um indivíduo poliploide, ou seja, com uma quantidade de cromossomos anormal. Isso resulta em um desenvolvimento inadequado do zigoto, levando à morte embrionária.

Alguns fatores aumentam as chances de ocorrência, como a fertilização de ovócitos envelhecidos (idade materna avançada) ou anormalidades durante a reação zonal ou na própria estrutura da zona pelúcida.

Porém, em outros animais, como em alguns peixes e em répteis e aves, a polispermia ocorre de forma fisiológica. Contudo, apenas um único espermatozoide consegue unir seu pronúcleo com o pronúcleo feminino. Os demais espermatozoides são destruídos no citoplasma.

### 3.2.3 *Ativação do ovócito e fusão do material genético*

Após a entrada do espermatozoide, o ovócito é ativado e, então, reinicia a meiose II que estava parada em metáfase II. Ao completar sua divisão, forma-se o segundo corpúsculo polar e o ovócito secundário fertilizado. Nesse momento, o núcleo do ovócito passa a se chamar pronúcleo feminino. Da mesma forma, o núcleo do espermatozoide se descondensa para formar o pronúcleo masculino. A cauda do espermatozoide destaca-se e degenera-se.

Os pronúcleos masculino e feminino se aproximam e, enquanto isso, suas membranas nucleares se dissolvem, permitindo que os genomas haploides masculino e feminino se unam. Essa mistura é referida como cariogamia e dá origem ao zigoto.

### 3.2.4 *Ativação do metabolismo do zigoto*

A fertilização inicia o rearranjo do citoplasma do ovócito, deslocando determinadas moléculas morfogenéticas que ficarão segregadas em células específicas durante as clivagens. Essas moléculas serão responsáveis pela ativação e repressão de certos genes, garantindo a diferenciação correta das células. Portanto, a distribuição exata dessas moléculas no momento da fertilização é crucial para o desenvolvimento adequado do embrião.

Uma vez finalizadas todas as etapas da fertilização, temos finalmente um zigoto, pronto para continuar o seu desenvolvimento.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gametogênese é fundamental para garantir a existência das espécies, pois é através desse processo que os gametas são produzidos e disponibilizados para a fertilização. Além disso, todos os gametas produzidos são diferentes uns dos outros, e isso é o mecanismo essencial para garantir a variabilidade genética das espécies.

Mas não basta serem produzidos, os gametas feminino e masculino precisam se encontrar e realizar a fertilização. Esse encontro é marcado por eventos complexos que devem acontecer tanto no espermatozoide, quanto no ovócito. Se tudo correr bem, o resultado, então, será o início da geração de um novo ser.

Por fim, a compreensão desses mecanismos pode ser útil para a aplicação e desenvolvimento de biotecnologias reprodutiva que possam melhorar a produção de animais economicamente importantes ou atuar na conservação de espécies.

## REFERÊNCIAS

Bressan, C.M.; Dias, P.F. **Embriologia**. – Florianópolis: BIOLOGIA/EAD/UFSC, 2009. 267 p.

Gilbert, Scott F., **Biologia do desenvolvimento**. 5 ed. Ribeirão Preto, SP: FUNPEC Editora, 2003.

Hyttel, P.; Sinowatz, F.; Vejlsted, M. **Embriologia veterinária. Tradução de: Essentials of domestic animal embryology** - Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 455p.

Junqueira, L. C.; Carneiro, J. **Histologia básica**. 13ª edição. Rio de Janeiro - RJ: Guanabara Koogan, 2017.

Moura, A.A.; Andrade, C.R.; Souza, C.E.A.; Rêgo, J.P.A.; Martins, J.A.M.; Oliveira, R.V.; Menezes, E.B.S. **Proteínas do plasma seminal, funções espermáticas e marcadores moleculares da fertilidade**. Rev. Bras. Reprod. Anim., Belo Horizonte, v.35, n.2, p.139-144, abr./jun. 2011

Silva, E.I.C. **Fisiologia da Reprodução Animal: Fecundação E Gestação**. V.2. p.16, 2020. Disponível em PhilArchive: <https://philarchive.org/archive/DASFDR-2>

Silva, E.I.C. **Fisiologia do Ciclo Estral dos Animais Domésticos**. V.2. p. 17, 2020. Disponível em PhilArchive: <https://philarchive.org/archive/DASFDCv1>

Silva, E.I.C. **Transporte de Gametas, Fertilização e Segmentação**. V.1. p.15, 2021. Disponível em PhilArchive: <https://philarchive.org/archive/DASTDG>

Souza, F.A., Pérez, J., Cardona, J.A., Otero, R.J., Chacón, L.; González, J. C. **Ativação e fecundação do oócito de mamíferos**. Revista Ciencia Animal (7), 43-57, 2014.

Vanderley, C.S.B.S.; Santana, I.C.H. **Histologia e embriologia animal comparada**. 2. ed. – Fortaleza : EdUECE, 2015. 154 p.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**CLÉCIO DANILO DIAS DA SILVA** - Doutorando em Sistemática e Evolução pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pela UFRN. Especialista em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). Especialista em Educação Ambiental e Geografia do Semiárido pelo IFRN. Especialista em Gestão Ambiental pelo IFRN. Graduado em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Facex (UNIFACEX). Graduado em Pedagogia pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER). Docente dos componentes curriculares Ciências e Biologia pela Secretaria de Estado da Educação, da Cultura, do Esporte e do Lazer (SEEC-RN). Atualmente está vinculado Laboratório de Collembola (LABCOLL) do Departamento de Botânica e Zoologia do Centro de Biociências (DBEZ-CB) da UFRN. Tem vasta experiência em Zoologia de Invertebrados, Ecologia aplicada; Educação em Ciências e Educação Ambiental. Áreas de interesse: Fauna Edáfica; Taxonomia e Ecologia de Collembola; Ensino de Biodiversidade e Educação para Sustentabilidade.

**DANYELLE ANDRADE MOTA** - Mestra e Doutorada em Biotecnologia Industrial pela Universidade Tiradentes (UNIT), com internacionalização com o Doutorado Sanduíche no Instituto Superior de Agronomia pela Universidade de Lisboa. Especialista em Docência no Ensino de Ciências pela Faculdade Pio Décimo. Especialista em Neurociência pela Faculdade de Ciências da Bahia (FACIBA). Especialista em Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Graduada em Ciências Biológicas Licenciatura pela UFS. Durante a graduação desenvolveu pesquisas na área de Botânica (Taxonomia de Líquens), Microbiológica e Educacional. Durante o mestrado e doutorado desenvolveu trabalhos no Instituto de Tecnologia e Pesquisa (ITP) atuando especialmente pesquisas focadas nas interações entre as áreas de biologia, bioquímica e engenharia química. Visando a melhoria do uso e transformação de recursos agroindustriais da região. Sendo assim, tem experiência na área de Biologia Celular, Microbiologia, Bioquímica, Química e Biocatálise com ênfase em imobilização de enzimas para aplicações em bioprocessos. Atualmente, é colaboradora no grupo de pesquisa do ITP, professora na Uniplan Centro Universitário e professora no Alternativo Curso e Colégio.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Achirobichalcona 23, 29, 33

Alzheimer 29, 31, 34, 42, 59, 60, 61, 62, 63, 64

Angiogênese 71

Antidepressivos 30, 31, 32, 43, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 56

Ayahuasca 43, 44, 45, 46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58

### B

Bactérias 12, 14, 15, 35, 36

Biodiversidade 1, 2, 3, 6, 7, 11, 25, 40, 94

### C

Câncer 13, 18, 19, 20, 31, 34

Capacitação espermática 80, 90

Ciclo estral 72, 79, 86, 87, 88, 93

Compostos fenólicos 27

Conhecimento popular 3, 24, 27, 59

### D

Dimetilriptamina 43, 44, 45, 47, 51, 52

### E

Espécies silvestres 11, 12, 13, 15, 19

Estimulação cerebral 59, 61

Eventos da fertilização 79

### F

Fertilização 79, 80, 81, 82, 84, 86, 89, 90, 91, 92, 93

Fitoterapia 6, 7, 24, 26, 38, 39, 40, 41, 58, 59, 64

Flavonoides 14, 23, 27, 28, 29, 35

Fungos patogênicos 12, 15

### G

Gametas 79, 80, 81, 85, 86, 87, 89, 92, 93

Gametogênese 79, 80, 81, 83, 85, 92

## H

Hanseníase 65, 66, 67, 68, 69

Histopatologia 70, 72, 75, 76, 77

Hormônios sexuais 86

## I

Inflorescência 27

## L

Legislação brasileira 2, 44

Luteolina 23, 29, 31, 32, 35

## M

Macela 23, 24, 25, 26, 27, 29, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39

Medicamento fitoterápico 2

Ministério da saúde 2, 4, 9, 10, 25, 38, 68

Moléculas bioativas 14, 27

## N

Neoplasias mamárias 70, 71, 72, 73, 77

## O

Organização Mundial da Saúde 68

## P

Pampa 23, 24, 41

Plantas medicinais 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 23, 24, 25, 38, 39, 40, 41, 58, 59, 62

Propriedades biológicas 24, 34

Propriedades farmacológicas 12, 33, 62

Puberdade 68, 72, 83, 85, 86, 87

## Q

Quercetina 23, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37

## R

Reprodução animal 79, 80, 93

Reprodução sexuada 79, 80

## S

Saúde publica 65

Síndrome da serotonina 43, 45, 50

## V

Variabilidade genética 79, 92

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# Ciências da vida:

Estudo das plantas, animais e seres humanos

2



 **Atena**  
Editora  
Ano 2022

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

@atenaeditora 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# Ciências da vida:

Estudo das plantas, animais e seres humanos

2



 **Atena**  
Editora  
Ano 2022