

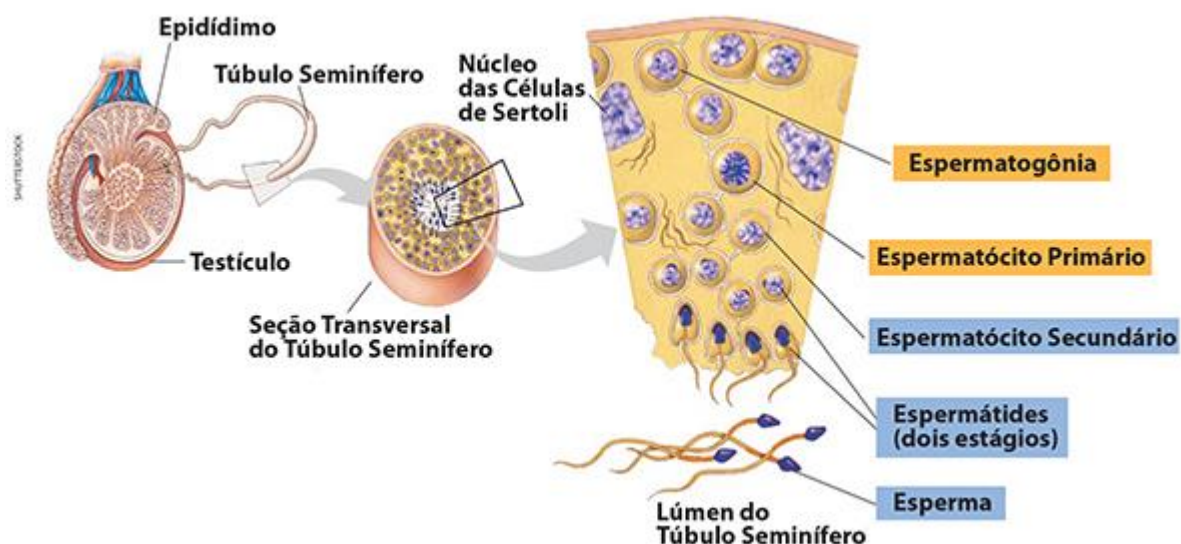
Gametogênese e fecundação

Resumo

A **gametogênese** é o processo de produção dos gametas em seres que fazem a reprodução sexuada. Nos humanos, a divisão celular fundamental para este processo é a **meiose**, que divide diploides originando células haploides. A gametogênese masculina é chamada de **espermatoxênese**, com formação de espermatozoide, enquanto a feminina é chamada de **ovulogênese**, com a formação do óvulo.

Espermatoxênese

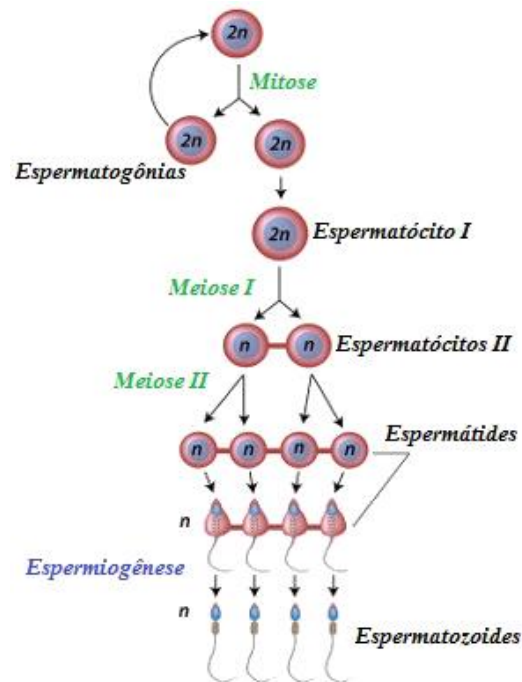
Ocorre nos túbulos seminíferos dos testículos. As células germinativas, também chamadas de espermatogônias, são aquelas que darão origem aos espermatozoides, e são nutridas pelas células de Sertoli, que se localizam ao redor deste túbulos.



A espermatogênese apresenta 4 fases:

- **Fase proliferativa:** Inicia-se na vida embrionária (intrauterina) e dura durante a vida inteira. Nesta fase, as espermatogônias sofrem sucessivas mitoses, aumentando seu número, e mantendo a célula diplóide ($2n$).
- **Fase de crescimento:** As etapas a partir daqui ocorrem após a puberdade, também durando a vida inteira. Há aumento no volume citoplasmático das espermatogônias, tornando-as espermatócitos I ainda diplóides ($2n$).
- **Fase de maturação:** Nesta fase ocorre a meiose, onde cada espermatócito I ($2n$) originará dois espermatócitos II haplóides (n), e com a ocorrência da meiose II, estes espermatócitos II originam quatro espermátides, também haplóides (n).
- **Espermiogênese:** Aqui as espermátides se diferenciam em espermatozoides, com perda de citoplasma e formação do acrossomo pelo complexo golgiense (com enzimas que corroem os envoltórios do ovócito no momento da fecundação). Também há a migração dos centríolos para a região posterior da célula,

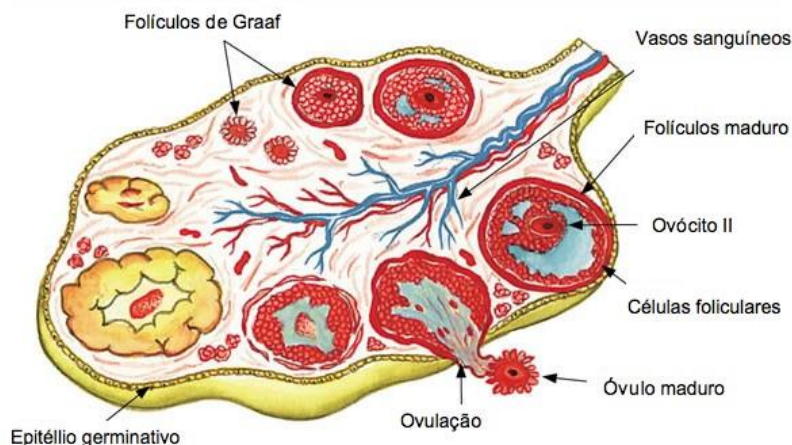
para a formação do flagelo, e na peça intermediária (entre a “cabeça” e o flagelo), encontra-se uma alta quantidade de mitocôndrias.



Ovogênese

Nos ovários, os gametas são originários de um grupamento de células germinativas chamadas de folículos ovarianos de Graaf. As células foliculares também irão produzir hormônios sexuais femininos (estrogênio e progesterona) e serão responsáveis pela manutenção das células germinativas.

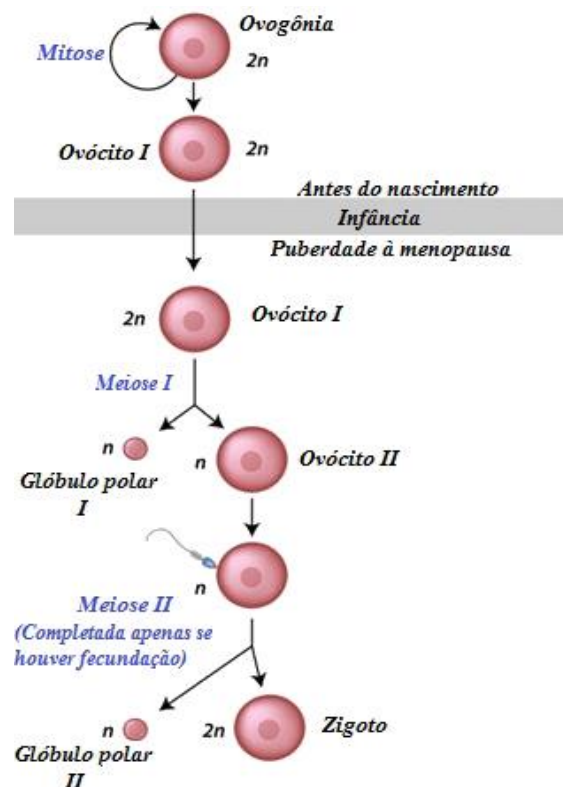
A cada ciclo menstrual, apenas um folículo ovariano amadurece, sendo apenas um gameta maduro formado e liberado em média a cada 28 dias. A cada ciclo menstrual, um dos ovários que faz a maturação folicular, alternando esta produção.



A ovogênese apresenta 3 fases:

- **Fase de proliferação:** Ocorre apenas durante a vida intrauterina. Aqui ocorrem consecutivas mitoses, aumentando a quantidade de ovogônias diplóides (células germinativas = $2n$). Quando esta etapa é interrompida, no indivíduo ainda na barriga da mãe, há cerca de 400 mil ovogônias formadas.

- **Fase de crescimento:** As ovogônias dão início à primeira divisão meiótica, que é interrompida na prófase I. Elas crescem, com aumento do citoplasma e acúmulo de substâncias nutritivas (vitelo), que é responsável pela nutrição do embrião durante seu desenvolvimento. Ao final do período de crescimento, as ovogônias se transformam em ovócitos primários (ovócitos I). Nas mulheres, essa fase dura até a puberdade, quando a menina inicia a sua maturidade sexual.
- **Fase de maturação:** inicia quando a menina alcança a maturidade sexual (entre 11 a 15 anos de idade). O ovócito primário completa a primeira divisão meiótica, originando duas células: uma das células é o ovócito secundário (ovócito II), célula grande e rica em vitelo; a outra célula é o primeiro corpúsculo polar (polócito I), que recebe pouco citoplasma e, na maioria das vezes, desintegra-se sem iniciar a segunda divisão meiótica. O ovócito II sofre a segunda divisão meiótica que é interrompida na metáfase. Caso haja fecundação, a segunda divisão meiótica se completa dando origem ao óvulo e ao segundo corpúsculo polar (polócito II), que também se desintegra. Na ovogênese a divisão meiótica é desigual, não se reparte igualmente o citoplasma entre as células-filhas (ovócito II e polócito I), permitindo que o ovócito II formado seja rico em substâncias nutritivas.

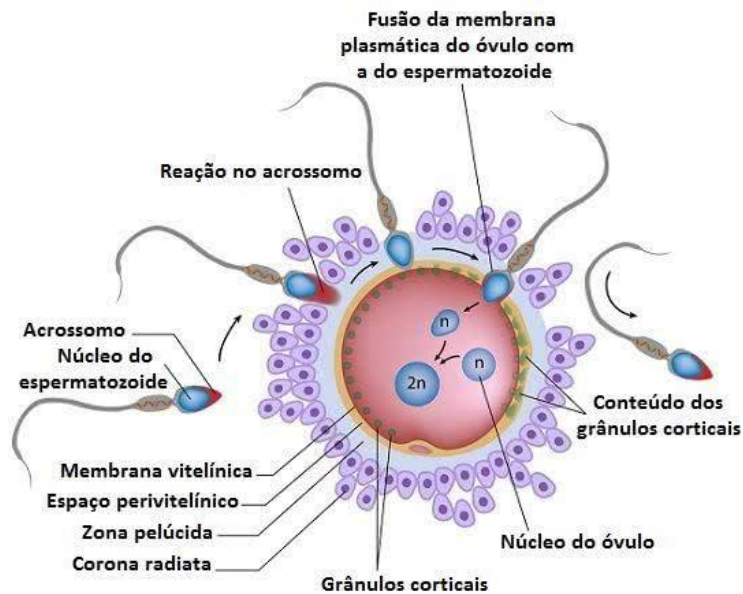


Fecundação

O ovócito II ovulado apresenta duas camadas de proteção: a corona radiata, mais externa, e a zona pelúcida formada principalmente por glicoproteínas. As enzimas presentes no acrossoma dos espermatozoides rompem essas camadas, fazendo com que seja possível um espermatozoide se fundir ao ovócito II.

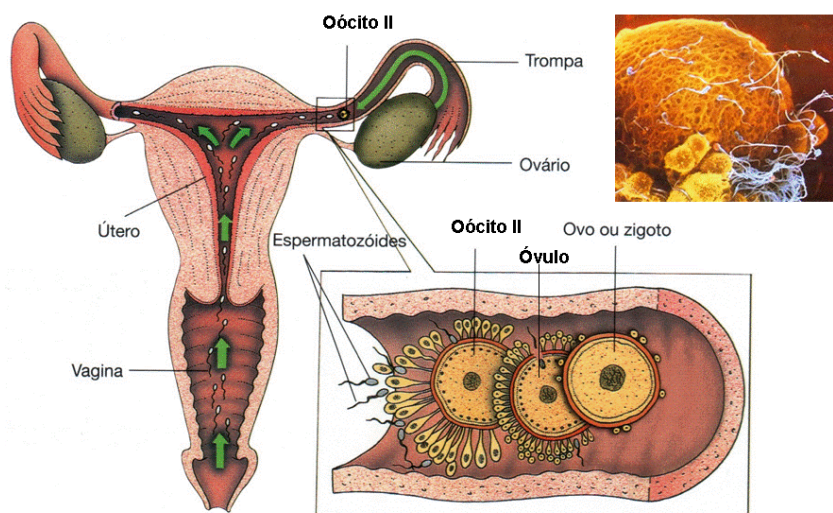
Neste momento onde as duas camadas de proteção foram rompidas, há a fusão da membrana dos gametas, e para evitar a entrada de mais de um espermatozoide no ovócito (póliespermia), há a liberação de grânulos

corticais. É neste momento que a meiose II do ovócito II finaliza, formando um corpúsculo polar e o óvulo propriamente dito. Importante lembrar que neste momento apenas os citoplasmas foram unidos, mas ainda não houve a fusão dos núcleos.



Após a fusão das membranas e a finalização da meiose II, o núcleo do espermatozoide e do óvulo se unem, em uma etapa chamada de **cariogamia**. Aqui, com a fusão dos núcleos, temos a formação do zigoto diplóide ($2n$) que irá originar o novo ser.

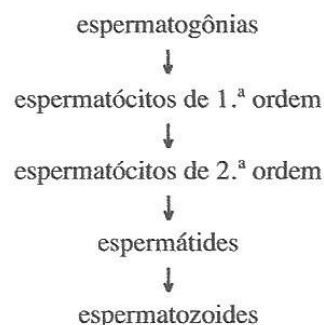
O processo da fecundação ocorre no terço posterior da tuba uterina, com a locomoção dos espermatozoides pela movimentação dos flagelos, e após a fecundação o zigoto migra para o útero.



Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

Exercícios

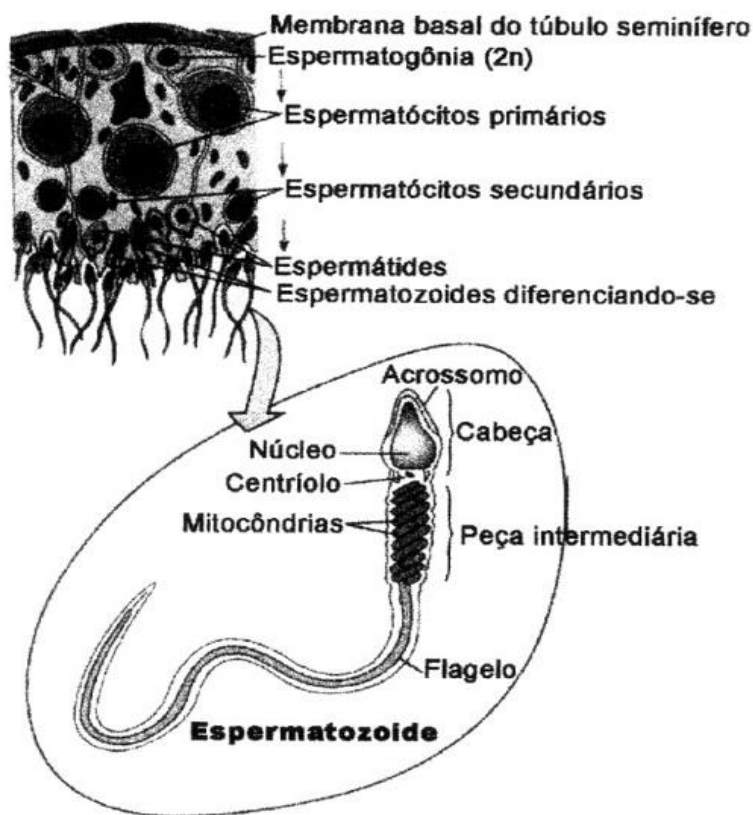
1. Entre as várias diferenças que existem entre o gameta masculino e o feminino na espécie humana está a quantidade de mitocôndria. No espermatozoide existem mitocôndrias em duas regiões: acrossomo e na peça intermediária. No óvulo existem mitocôndrias distribuídas ao longo de todo o seu gigante citoplasma. Assinale a opção que apresenta corretamente a consequência dessa diferença entre espermatozoide e óvulo.
 - a) Em todos os filhos, independentemente do sexo, os produtos gênicos mitocondriais são produzidos a partir de genes herdados da mãe.
 - b) Os óvulos são mais ativos que os espermatozoides por possuírem mais mitocôndrias, fonte de energia da célula.
 - c) Há uma maior transcrição nos óvulos do que nos espermatozoides, pela presença de maior quantidade de mitocôndrias nos primeiros.
 - d) Os espermatozoides são células diferenciadas não secretoras enquanto que os óvulos são células diferenciadas secretoras.
2. Com relação à gametogênese masculina, pode-se dizer que:
 - a) das células germinativas primordiais originam-se espermátides que, por mitose, formam espermatozoides.
 - b) o homem, antes da puberdade, possui um número suficiente de espermatozoides capacitados para a fecundação.
 - c) ela se passa nos testículos, onde ocorre a espermiogênese.
 - d) a espermatogênese independe de qualquer ação hormonal.
 - e) o recém-nascido apresenta nos túbulos seminíferos pequena quantidade de espermatozoides.
3. A meiose é um tipo de divisão celular que conduz, nas gônadas, a produção dos gametas masculinos (espermatozoides) e dos femininos (óvulos). Sabe-se que a sequência da espermatogênese é a seguinte:



Com base nisso, assinale a alternativa que relaciona apenas as células diploides da sequência.

- a) Espermatogônias e espermátocitos de 1ª ordem.
- b) Espermátocitos de 1ª ordem e de 2ª ordem.
- c) Espermátocitos de 2ª ordem e espermátides.
- d) Espermátides e espermatozoides.
- e) Espermatozoides e espermatogônias.

4. A figura abaixo serve de suporte para esta questão e mostra a parede de um túbulo seminífero humano, em corte transversal. Nessa figura estão representadas as diversas fases de formação dos espermatozoides (espermatogênese).



Considerando os processos de proliferação, divisão e diferenciação celular ocorridos durante a espermatogênese, é correto afirmar que o número cromossômico é:

- 23, nos espermátócitos primários.
 - 46, nos espermátócitos primários, e 23, nos espermátócitos secundários.
 - 46, nos espermátócitos primários e secundários, e 23, nas espermátides.
 - 23, nos espermátócitos primários e secundários.
 - 23, nos espermátócitos secundários, e 46, nas espermátides.
5. Assinale a alternativa correta:
- Gametogênese é um processo de formação de células destinadas à reprodução, onde se verifica apenas a divisão mitótica.
 - Na espermatogênese, cada espermátogônia dá origem a um espermatozóide fértil e três glóbulos polares não-funcionais.
 - Na ovogênese formam-se quatro óvulos férteis a partir de cada ovogônia.
 - Na espécie humana, a ovogênese completa-se apenas quando ocorre a penetração do espermatozóide no ovócito II. O ovário libera o ovócito II que penetra no oviduto (Trompas de Falópio) e só completa a segunda divisão meiótica quando fecundado pelo espermatozóide.
 - Os gametas são células diplóides que têm a função de garantir a reprodução das espécies.

6. Uma mulher com 40 anos ou mais tem a maior probabilidade de gerar uma criança com defeitos congênitos do que uma mulher com 20 anos. Mas um o homem com 20 ou mais de 40 anos tem a mesmas chances de gerar uma criança normal. Esta diferença deve-se ao fato de:
- a) Os ovócitos primários serem produzidos apenas no período embrionário e os espermátócitos primários produzidos continuamente a partir da puberdade.
 - b) Os ovócitos primários serem produzidos apenas durante a puberdade e os espermátócitos primários produzidos constantemente ao longo da vida.
 - c) Tanto os ovócitos primários quanto os espermátócitos primários formarem-se apenas na vida embrionária, sendo os espermátócitos produzidos em maior quantidade.
 - d) Tanto os ovócitos primários quanto espermátócitos primários formarem-se apenas durante a puberdade, sendo sendo os espermátócitos produzidos em maior quantidade.
 - e) Os ovócitos primários serem produzidos constantemente ao longo da vida e os espermátócitos primários produzidos apenas no período embrionário.
7. A idade materna avançada implica em preocupação com a possibilidade do nascimento de bebês com anomalias, porque
- a) os folículos ovarianos entram em atividade, mas, em geral, apenas um cresce e amadurece, enquanto os demais regredem.
 - b) os ovócitos maternos permanecem um longo período em divisão meiótica, mais suscetíveis a agentes físicos, químicos e biológicos.
 - c) as ovogônias maternas interrompem a fase de multiplicação por volta da 15ª semana de vida fetal e transformam-se em ovócitos primários.
 - d) as gônadas têm células conservadas num estado indiferenciado e, quando estimuladas, iniciam a produção dos gametas.
 - e) as células do ovário materno sofrem inúmeras divisões mitóticas em resposta aos mecanismos de controle do ciclo celular.
8. A espermatogênese refere-se à sequência inteira de eventos através dos quais a partir das espermatogônias ocorre a formação dos espermatozoides. Sobre esse evento, é correto afirmar que:
- a) A primeira divisão meiótica acontece nos espermátócitos primários, e dão origem aos espermátócitos secundários, haploides.
 - b) Na puberdade, as espermatogônias, que haviam permanecido dormentes no epidídimo desde o período fetal, começam a aumentar de número.
 - c) As células de Leydig, que revestem os túbulos seminíferos, sustentam e nutrem as células germinativas.
 - d) Os espermátócitos secundários possuem $2n = 46$ cromossomos e são as células que sofrem a primeira divisão reducional (meiose) durante a espermatogênese.
 - e) As espermatídes são as maiores células germinativas dos túbulos seminíferos e através da espermiogênese diferenciam-se em espermatozoides.

9. Durante a gametogênese pode-se afirmar que:
- a) A ovogênese no ser humano inicia-se na primeira infância e termina com a fecundação.
 - b) A duplicação do número de cromossomas, ocorre na espermiogênese.
 - c) Ao término da gametogênese os gametas femininos e masculinos produzidos têm o mesmo número de cromossomas.
 - d) A produção de espermatozoides humanos está sob a influência do hormônio luteinizante.
 - e) Ao término da ovogênese humana todas as células produzidas são gametas haplóides e viáveis.
10. Os animais exibem padrões de reprodução sexuada extremamente diversificados. Entretanto, todos têm em comum a ocorrência da gametogênese, o processo de formação dos gametas. Nos machos, ocorre a espermatogênese, ou seja, a formação de espermatozoides. Entre as fêmeas, acontece a ovogênese, isto é, a formação de óvulos. Sobre esses fenômenos, assinale a afirmativa correta.
- a) Ambos ocorrem em células denominadas gônadas, sendo que a espermatogênese se dá nos testículos, nos machos, e a ovogênese, nos ovários, nas fêmeas.
 - b) Meiose ocorre em ambos, sendo que, de cada cem células que iniciam, podem surgir quatrocentos espermatozoides ou quatrocentos óvulos.
 - c) Os produtos meióticos da espermatogênese já são os espermatozoides, mas na ovogênese passam por diferenciação celular antes de se tornar gametas.
 - d) Quando da ovulação, é liberado do ovário um ovócito primário, que só se tornará óvulo caso seja fecundado.
 - e) A proliferação de espermatogônias ocorre praticamente por toda a vida masculina fértil, enquanto a de ovogônias se restringe à fase embrionária feminina.

Gabarito

1. **A**

A mitocôndria terá origem materna pois quando ocorre a fecundação, apenas a região da cabeça do espermatozoide se funde com o ovócito II. Como as mitocôndrias paternas estão na região da peça intermediária, ela não entra na formação do zigoto. Assim, tanto meninos como meninas recebem o material genético mitocondrial da mãe.

2. **C**

Todo o processo de formação dos espermatozoides ocorre no interior do testículo.

3. **A**

As células diploides estão presentes até antes de se iniciar a divisão meiótica, sendo as espermatogônias e espermatócitos primários células diplóides ($2n$). A partir dos espermatócitos secundários, as células são haploides (n), pois houve a meiose.

4. **B**

Como espermatogônias e espermatócitos primários são células $2n$, eles apresentarão 46 cromossomos. A partir dos espermatócitos secundários, como houve a meiose, eles terão 23 cromossomos.

5. **D**

A alternativa a está incorreta, pois, durante o processo de gametogênese, deve ocorrer tanto a mitose (para aumento do número de células germinativas) quanto a meiose (para redução do material genético pela metade e aumento de sua variabilidade genética). A alternativa b está incorreta, pois cada espermatogônia dá origem a quatro espermatozoides e, durante a gametogênese masculina, não há formação de corpúsculos polares. A alternativa c está incorreta, pois na ovogênese formam-se apenas um grande ovócito secundário fértil a partir de cada ovogônia. As outras células pequenas formadas (corpúsculos polares) se degeneram. A alternativa d está correta, pois, de fato, o gameta feminino liberado durante a ovulação é o ovócito II, que encontra-se estacionado na fase de metáfase II. Esse gameta só completará a divisão meiótica após a fecundação. A letra e está incorreta, pois os gametas são células reprodutivas haplóides.

6. **A**

O processo de formação de óvulos inicia-se antes mesmo do nascimento, por volta do terceiro mês de desenvolvimento. As ovogônias se multiplicam durante a fase fetal feminina. Em seguida, param de se dividir e diferenciam-se em ovócitos primários. Logo, a mulher nasce com um número fixo de ovócitos (cerca de 400 mil). Com o passar do tempo, as células do corpo dos seres humanos envelhecem, e nas mulheres isso também vale para esses ovócitos que ficaram armazenados. Esse fato, somado a outros fatores, aumenta as chances de se gerar uma criança com anomalias genéticas. Já nos homens, a espermatogênese é contínua a partir da puberdade, pois as espermatogônias continuam a se multiplicar por mitose e se transformam em espermatócitos primários. Logo, os espermatozoides apresentam renovação contínua ao longo da vida do homem.

7. B

Quanto maior a idade da mulher, maior o risco de anomalias visto que os ovócitos estão estacionados em meiose até ocorrer o estímulo para a ovulação por mais tempo do que em uma mulher jovem. Nesse período estacional, são mais suscetíveis a agentes ambientais que podem provocar mutações no material genético ou não-disjunções dos cromossomos.

8. A

A primeira divisão meiótica, também conhecida como reducional, ocorre nos espermatócitos primários (dica para memorizar: Meiose I no espermatócito I), dando origem aos espermatócitos II, já haploides.

9. C

Apesar de terem diferentes etapas e épocas de desenvolvimento, os gametas sempre sofrem a meiose, independente dele ser masculino ou feminino, o que deixa todas as células gaméticas com o mesmo número de cromossomos (haplóides, onde $n=23$)

10. E

A multiplicação de espermatogônias ocorre durante toda a vida do homem, desde a vida intrauterina, com a produção de espermatozoides ocorrendo a partir da puberdade, também durando até o fim da vida. Já nas mulheres, a multiplicação de ovogônias ocorre apenas durante a vida intrauterina.