

# GUIA DE ATIVIDADES



Hoje sabemos que nos organismos eucarióticos com reprodução sexual, a divisão celular meiótica, ou simplesmente Meiose, é uma das principais fontes que permitem explicar a variabilidade genética observada nestes organismos. Durante a segunda metade do século XIX vários pesquisadores trataram de tentar explicar a origem da variabilidade observada e de que maneira essa se relacionava a mudanças a nível celular.

Em 1876 Oskar Hertwig, na Alemanha, demonstrou a união do núcleo dos óvulos e do espermatozoide na fecundação. Entre 1883 e 1887, o biólogo belga Edouard Van Beneden descreveu este processo de divisão, o qual denominou Meiose (do grego “diminuição”), ao estudar a gametogênese no parasita *Ascaris*. Observou que a Meiose consistia em duas divisões celulares sucessivas que originavam células que tinham a metade do número de cromossomos da espécie.

Em 1990, quando se redescobriram os trabalhos de Mendel, a relação entre os fatores hereditários (genes) e cromossomos proposta por ele ainda não estava resolvida. Neste mesmo ano, Water Sutton, na Universidade de Columbia, demonstrou depois de um cuidadoso estudo da meiose em insetos, que este processo era a base biológica dos princípios de hereditariedade propostos por Gregor Mendel. Ao mesmo tempo o citologista alemão Theodor Boveri chegou as mesmas conclusões.

Sutton sabia que as células tinham dois conjuntos de cromossomos (diploides), um de origem materna e outro de origem paterna, assim cada cromossomo tem um parceiro correspondente, seu cromossomo homólogo. Em cada par de homólogos um cromossomo se herda do pai e o outro da mãe.

Como apontado, a meiose só ocorre em organismos

com reprodução sexual. Se realiza nas gônadas e forma parte dos processos de gametogêneses (espermatogênese e ovogênese) que levam a formação de gametas, óvulos e espermatozoides.

A meiose envolve sucessivas divisões celulares, mas apenas uma replicação de DNA, o que reduz à metade o número de cromossomos. Desta maneira, os gametas recebem somente metade dos cromossomos em relação às outras células do organismo. Em diferentes espécies o comportamento dos cromossomos durante a meiose é basicamente o mesmo, mas diferem quando ocorrem e na sua duração temporal. O tipo de meiose que se encontra em animais e plantas superiores se chama terminal ou gamética, porque as divisões meióticas se dão pouco antes da formação de gametas.

Durante a meiose a primeira divisão é reducional e antecedida por uma duplicação de DNA, já a segunda divisão é igual a mitose, portanto é equacional e não é precedida de síntese de DNA. O processo de divisão que se desenvolve a primeira e segunda divisão meiótica é contínuo, mas convencionalmente é dividido em fases discretas que são as seguintes discretas que son las siguientes:

Para baixar o aplicativo que  
acompanha este e-book.



## PRIMERA DIVISÃO MEIÓTICA

### Prófase I

É a etapa mais longa e é precedida de uma fase de interfase onde se produz a duplicação do DNA. Se subdivide em cinco subfases de acordo com o comportamento dos cromossomos.

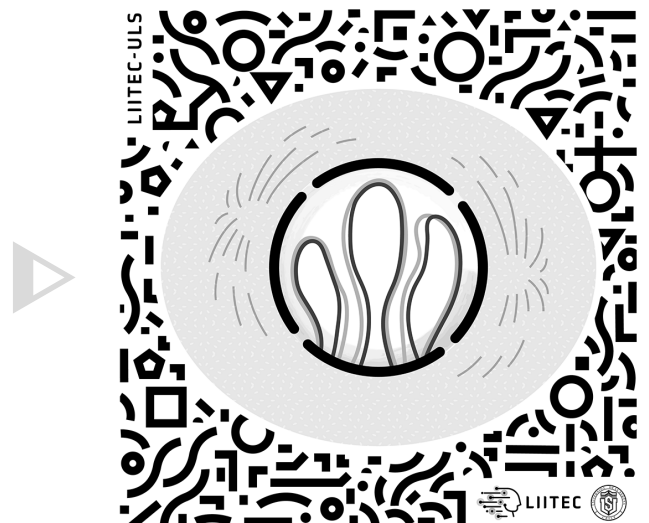


#### Leptóteno

É nesta etapa que as fibras da cromatina se condensam formando os cromossomos que aparecem como finos filamentos no núcleo, conectados a metade interna da envoltura nuclear. Estão formados por duas cromátides e um centrômero.

### Zigoteno

É nesta etapa que os cromossomos homólogos, duplicados começam seu emparelhamento (sinapse) por meio de suas extremidades ou telômeros. Entre ambas fibras de cromatina duplicada começa a desenrolar-se uma estrutura proteica denominada complexo sinaptonêmico, responsável pela união ou pareamento dos cromossomos homólogos duplicados. Este pareamento se completa na etapa seguinte, denominada Paquíteno (não mostrada aqui). Os cromossomos homólogos duplicados e pareados constituem um bivalente ou tétrade, formada por quatro cromátides. Nesta etapa ocorre o intercruzamento ou “crossing-over”, processo durante o qual os cromossomos homólogos pareados trocam informação genética.



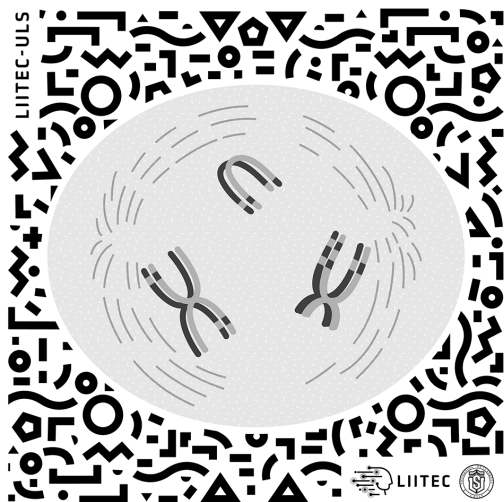
### Diploteno

Concluída a etapa do Paquíteno (não mostrada aqui) e depois de ocorrer o intercruzamento, os cromossomos homólogos pareados começam a separar-se uns dos outros, exceto nas regiões onde ocorreu intercruzamento. Estes pontos de contato se denominam quiasmas. O quiasma é a manifestação citológica do fenômeno genético conhecido como intercruzamento ou “crossing-over”.



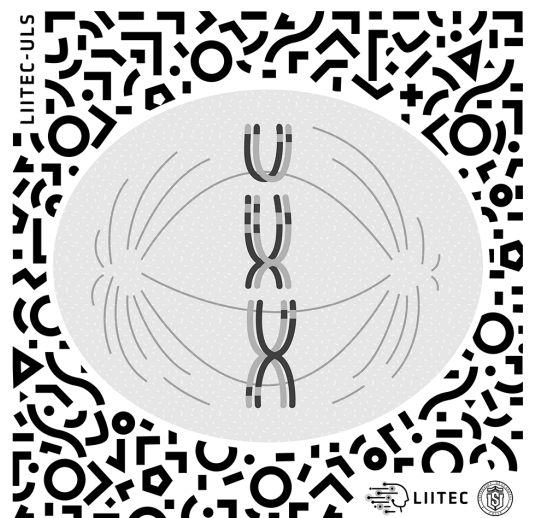
### Diacinese

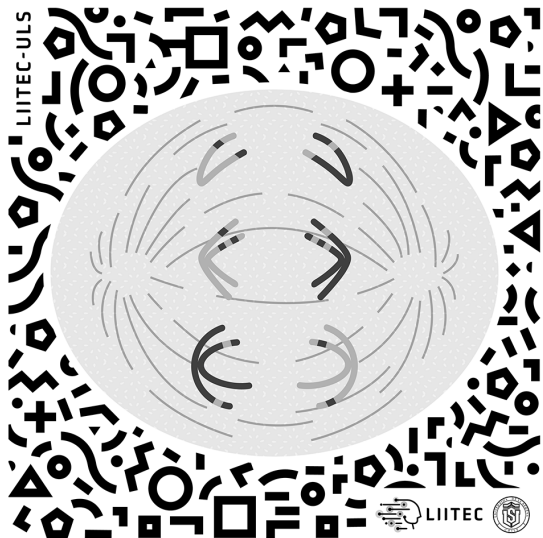
Os cromossomos homólogos pareados continuam parcialmente unidos pelos quiasmas que deslizam pelas extremidades dos cromossomos, a envoltura nuclear se desorganiza e começa a formar-se o fuso meiótico da primeira divisão meiótica.



### Metáfase I

Durante esta etapa as tétrades ou bivalentes se alinham ao longo do plano equatorial da célula. Os microtúbulos de um polo se unem a um dos cromossomos de cada par de homólogos enquanto os microtúbulos do outro polo se unem ao outro membro de cada par. O alinhamento dos distintos bivalentes no plano equatorial é ao acaso, fenômeno conhecido como permutação cromossômica devido ao qual se produzem distintas combinações de cromossomos maternos e paternos. O número de combinações possíveis é  $2^n$ , onde  $n$  é igual ao número de pares de cromossomos homólogos. Nos seres humanos, que tem 23 pares de cromossomos, existem 8.388.608 possibilidades de combinações cromossômicas a partir da separação ao acaso dos cromossomos homólogos.



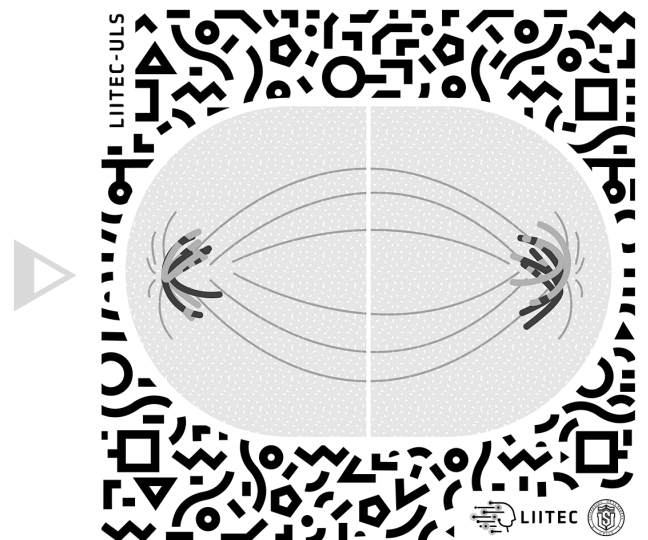


### Anáfase I

Nesta etapa os cromossomos homólogos se separam e migram para os polos opostos da célula, originando duas células com metade do número de cromossomos, e, portanto, haploide, mas como cada cromossomo continua formado por duas cromátides, o conteúdo de DNA é ainda  $2c$ .

### Telófase I

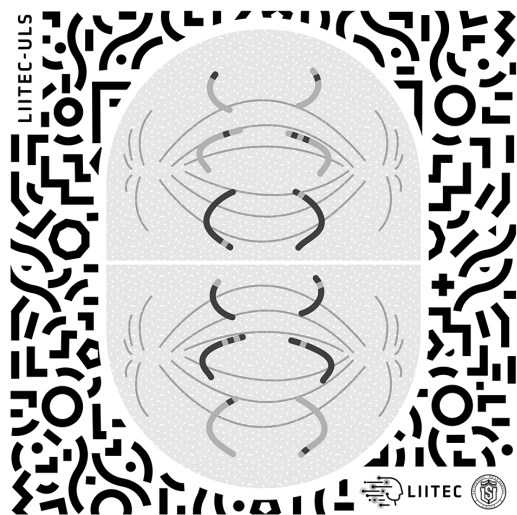
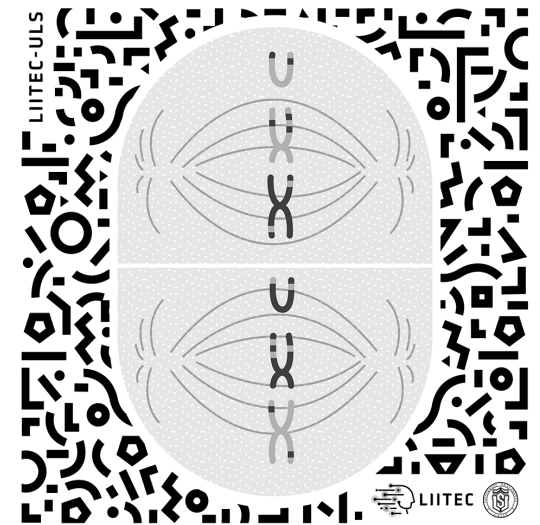
Nesta etapa os cromossomos chegam aos polos, os microtúbulos do fuso se desorganizam, a envoltura nuclear se organiza e os cromossomos ficam filamentosos porque se descondensam. Simultaneamente a telófase se produz a divisão do citoplasma ou citocinese, que resulta em duas células filhas com um número haploide de cromossomos ( $n$ ), mas com  $2c$  de DNA.



## SEGUNDA DIVISÃO MEIÓTICA

### Metáfase II

É precedida por uma prófase II muito curta em que se desorganiza a envoltura nuclear e reaparecem as fibras do fuso. Os cromossomos, formados por duas cromátides e um centrômero se dispõem alinhados na placa equatorial com os microtúbulos do fuso meiótico unidos aos cinetocoros na região do centrômero de cada cromossomo.

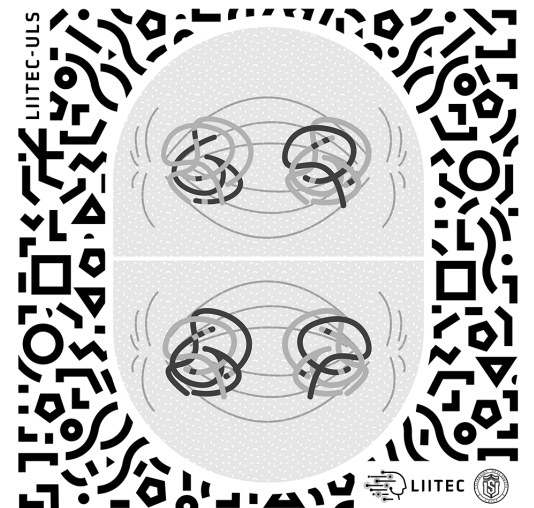


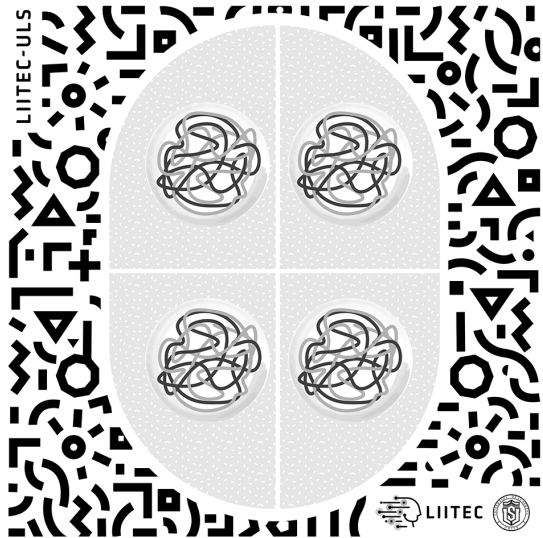
### Anáfase II

A tração exercida pelos microtúbulos do fuso produz a separação das cromátides irmãs e a migração destas para os respectivos polos da célula.

### Telófase II

Nesta etapa chegam a cada polo o número correspondente de cromossomos, segundo a espécie, ao redor dos quais se reorganiza a envoltura nuclear. Então ocorre a descondensação dos cromossomos, e a citocinese, obtendo-se quatro células onde foi reduzido à metade o número de cromossomos (haploide) e a quantidade de DNA.





### Quarteto

Culmina com a descondensação dos cromossomos, se reconstitui o núcleo e o envoltório nuclear. A citocinese produz finalmente 4 células filhas com a metade do número de cromossomos (haploide) e de conteúdo de DNA nuclear.

## AVALIE O QUE APRENDEU COM ESTA EXPERIÊNCIA.

---

1.- Que diferença existe entre os cromossomos observados na Metáfase I com relação aqueles observados na Metáfase II?

2.- Considerando o observado com este aplicativo. Qual é o número de cromossomos que terá cada uma das células que se originam ao finalizar este processo de divisão?

3.- Neste aplicativo, a célula que entra em divisão meiótica tem três pares de cromossomos homólogos. Considerando o fenômeno de permutação cromossômica na metáfase I, quantas combinações possíveis de cromossomos de origem materna e paterna poderiam originar-se?

4.- Suponhamos que a célula inicial que se apresenta neste aplicativo tenha uma quantidade de DNA de 12 picogramas.

Quantos picogramas de DNA terá a célula em Prófase I?

Quantos picogramas de DNA terá a célula em Metáfase I?

Quantos picogramas de DNA terão as células ao término da Telófase I?

Quantos picogramas de DNA terá a célula em Metáfase II?

Quantos picogramas de DNA terão as células que se originam ao final deste processo de divisão celular?

5.- Com o uso de uma droga impede-se a migração dos cromossomos em uma das células que entram em anáfase II. Quantos cromossomos terão as células que se originam nesta meiose?