



A meiose é um processo de divisão celular que ocorre em células germinativas, ela é um processo reducionista, uma vez que tem origem a partir de uma célula diplóide ($2n$) e dá origem há quatro células haploides (n). No entanto, a meiose vai além de garantir a continuidade da vida, ela é o motor da variabilidade genética.

A meiose é dividida em duas fases: meiose I e meiose II.

A meiose I é formada pela prófase I, metáfase I, anáfase I e telófase I. Devido a sua grande complexidade a prófase I, ainda é subdividida em 5 etapas:

- leptonema: onde ocorre o início da condensação dos cromossomos.
- zigotema: formação do complexo sinaptonêmico
- paquíteno: onde ocorre o crossing-over ou permuta
- diplotema: os cromossomos se separam mais ainda, ficam presos pelos quiosmos.
- diacinese: ocorre o término da condensação e a fragmentação do envelope nuclear.

Na metáfase I, os cromossomos homólogos se alinham na placa metafásica e ocorre a ligação dos cromossomos as fibras do fuso. É nessa etapa que de forma aleatória cada cromossomo tem a sua posição de segregação definida, ou seja, onde a segregação independente é definida.

Na anáfase I, (cada) os homólogos vão para polos opostos da célula e a célula se alonga. Na telófase I, a célula se divide dando origem há duas células-filhas haploides, mas ainda com o ~~número~~ DNA duplicado.

Na meiose II, ocorre uma nova rodada de divisão celular, no entanto, não ocorre uma nova ~~rodada~~ etapa de replicação do DNA. A meiose II é semelhante ao processo de mitose, a maior



principal diferença é que na meiose II as células de partida são haploides. Ela é dividida em: prófase II, metáfase II, anáfase II e telófase II.

Na prófase II ocorre a formação dos cinetócoros e alinhamento dos cromossomos com as fibras do fuso. Na metáfase II ocorre o alinhamento dos cromossomos na placa metafásica, e agora ocorre a separação dos cromátides-irmãos. Na anáfase II, os cromátides-irmãos vão para polos opostos da célula, e eles se alongam. Na telófase e diacinese a célula se reparte, totalizando quatro células-filhas haploides, agora com o DNA também reduzido.

O processo de divisão celular via meiose é altamente regulado para que erros não ocorram e sejam passados para a descendência. Duas classes de proteínas são fundamentais no processo de checagem, são as ciclinas e as ciclinas dependentes de quinase (CDKs), elas funcionam como "interruptores", que ativam e desativam o processo.

Várias pontas de checagem ocorrem, desde a interfase até o final da meiose. Os principais pontos são: G₁/S, antes da replicação do DNA ocorre a checagem para garantir sua integridade; antes de iniciar a meiose uma nova checagem ocorre, agora para garantir que o DNA foi duplicado corretamente; no final da metáfase I, outro ponto de checagem ocorre, agora para garantir o correto alinhamento dos cromossomos com as fibras do fuso; no final da anáfase II ocorre uma última checagem antes da divisão celular.

Proteínas importantes como a p53 e a p21 trabalham juntas encontrando os erros, e caso necessário desativando ciclinas e consequentemente a divisão celular, até a correção do DNA. Caso essa correção não seja possível a p53 ainda pode ativar o apoptose da célula.



No entanto, apesar desse elaborado sistema de controle da meiose erros podem ocorrer. Esses erros dão origem às mutações, que apesar de ~~paradas~~ também provocam danos, são a base da variabilidade genética. É a partir das mutações que novos alelos surgem e são selecionados nas populações, via seleção natural, aumentando a diversidade genética essencial para a adaptação das espécies às modificações do ambiente em que vivem.

Existem diferentes tipos de mutações, desde ~~as~~ mutações pontuais, substituições, deleções e inserções, que ocorrem durante a replicação do DNA. As translocações, que ocorrem com maior frequência durante o ~~o~~clivamento incorreto dos cromossomos no crossing-over. E as mutações estruturais, aneuploidias e euploidias, que ocorrem durante a segregação dos cromossomos homólogos na metáfase I ou durante a metáfase II.

Em humanos e outros animais as mutações estruturais ~~as~~ podem ter impacto bem negativo, inclusive inviabilizar a vida, no ~~caso~~ entente, em plantas variações de euploidia, como ~~as~~ a duplicação de ~~um~~ todo um conjunto de cromossomos pode ser até vantajoso.

Além das mutações que podem ocorrer durante o processo da meiose, dois fenômenos são fundamentais para ampliar a variabilidade genética, a permuta ou crossing-over, que ocorre no paquíteno na meiose I e a segregação independente, que ocorre na metáfase I da meiose I.

Durante o paquíteno, os cromossomos homólogos podem trocar regiões homólogas do DNA, desde que estes ~~genes~~ ^{locos cromossômicos} genes não estejam no mesmo ou estejam distantes o suficiente. Foi a partir das imagens dos quiosmes formados com o crossing-over que os mapas genéticos foram ~~os~~ realizados e a distância relativa entre os genes nos cromossomos foi definida.



A segregação independente, base do 2º lei de Mendel, garante que cada cromossomo pode ser distribuído de forma independente durante a divisão celular. Se ela não ocorresse de forma independente, as únicas possibilidades da descendência seriam iguais as parentais. Dessa forma, ela amplia drasticamente a variabilidade genética, uma vez que considerando apenas ela, sem o crossing-over, a possibilidade de gametas ~~únicos~~ únicos é de 2^n , onde n é o número de pares de cromossomos. Para os humanos, que possuem $n=23$, portanto, 2^{23} , o número de gametas únicos seria maior do que 8 milhões de possibilidades. Se for ~~com~~ ocorrido o crossing-over esse valor fica astronômico.

Em resumo, para além de garantir a perpetuação da vida, a meiose é a base da variabilidade genética. Mesmo com um sistema refinado de correção e reparo de erros, mutações ocorrem gerando novas elites que são a base para a adaptação das espécies. Além disso, processos como o crossing-over e a segregação independente ampliam drasticamente a variabilidade genética presente nas populações.