

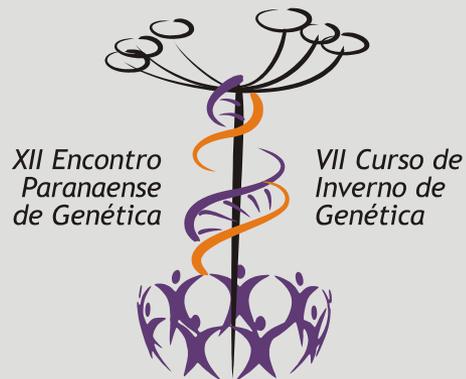


*XII Encontro
Paranaense
de Genética*

*VII Curso de
Inverno de
Genética*

GENÉTICA PARA TODOS

De 21 a 25 de julho de 2014, no
Departamento de Genética da UFPR | Setor
de Ciências Biológicas | Centro Politécnico.
Bairro Jardim das Américas, Curitiba-PR



XII Encontro
Paranaense
de Genética

VII Curso de
Inverno de
Genética

GENÉTICA PARA TODOS

AU01

Aspectos Genéticos da Mitose e Meiose

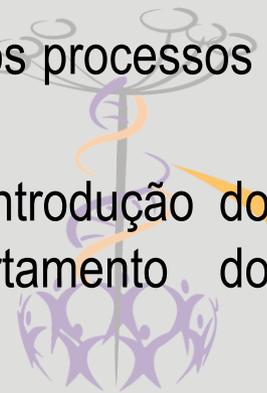
Emanuele Cristina Pesenti

Doutoranda PPG-GEN

emanuelepesenti@gmail.com

Resumo

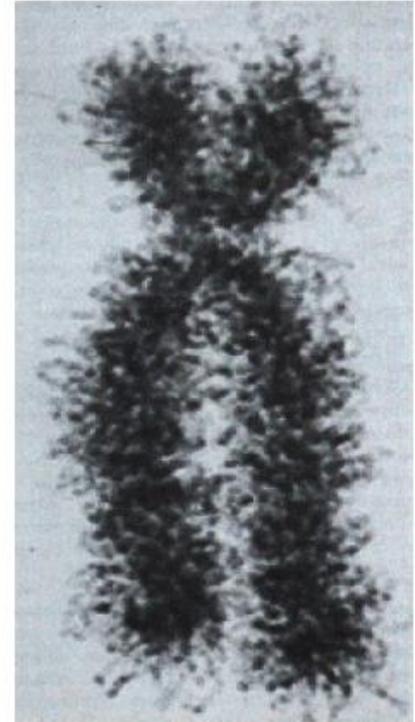
- Cromossomos Eucarióticos: Introdução acerca da estrutura e organização dos cromossomos eucarióticos
- Classificação das sequências de DNA como altamente repetitivas, moderadamente repetitivas e não repetitivas
- Esses pontos iniciais servem para ligar a ideia das características do Genoma Eucariótico, do organismo diplóide e do significado biológico desses conceitos
- Definição de Mitose e caracterização de todas as etapas do processo
- Consequências da Mitose
- Definição de Meiose e caracterização de todas as etapas do processo
- Consequências Genéticas da Meiose
- Atividade de fixação dos conteúdos das consequências biológicas dos processos e determinação da quantidade de DNA nas fases da divisão celular
- Finalização da aula com apresentação de marcos da Genética; introdução dos conceitos da Teoria Cromossômica da Herança e comportamento dos cromossomos e dos alelos nos genes



Cromossomos Eucarióticos

- Moléculas enormes de DNA
- Altamente condensadas durante a mitose e meiose durante a interfase não é possível visualizar cromossomos individuais
- Centrômeros e telômeros têm estruturas únicas

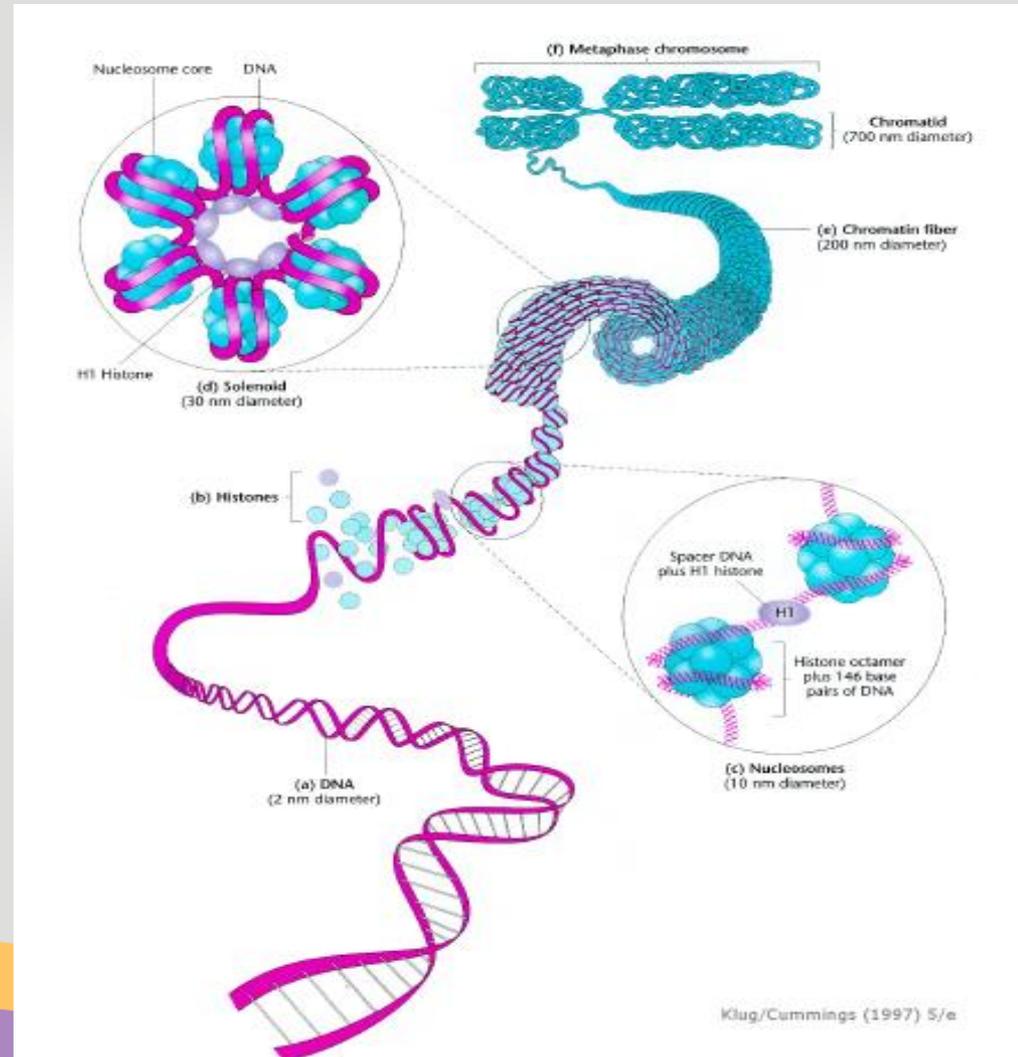
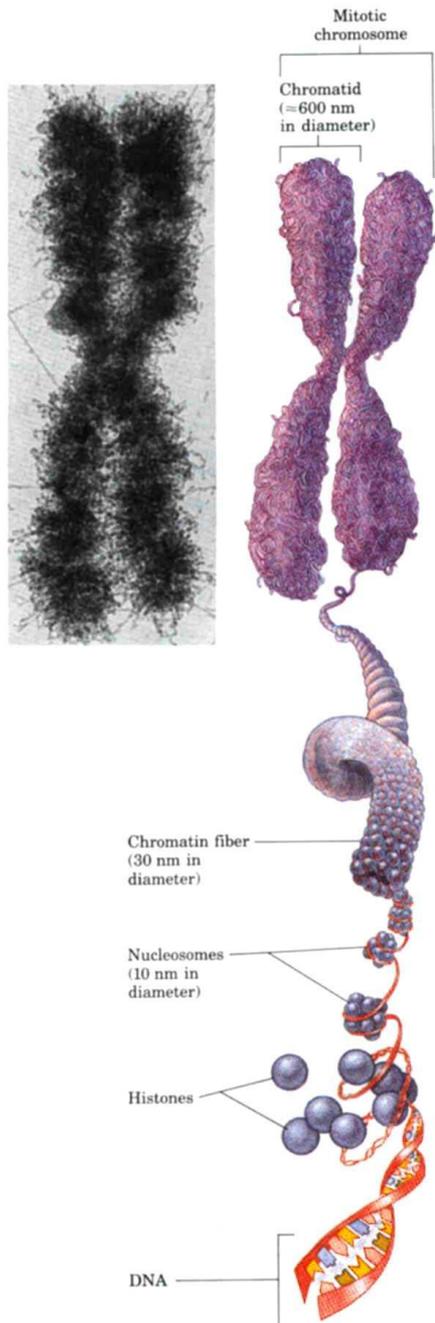
Um cromossoma em metafase



Lewin (2000) Genes VII



O *super enrolamento* do DNA é importante para compactar o DNA e assim caber dentro da célula.



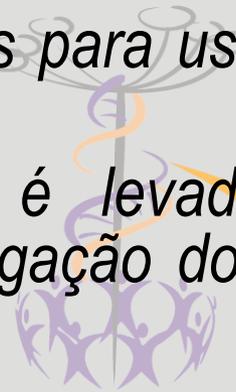
- Uma pergunta frequentemente formulada é se todo o DNA de um organismo constitui os seus genes.
- Estudos mostram que o DNA de vírus e procariontes fazem parte quase somente de seus genes, enquanto que em organismos eucariontes existem 3 classes de DNA:
 - Os altamente repetitivos: são sequências pequenas de **6 a 300 pares de bases** e cada uma delas é repetida **mais de 10^5** cópias por genoma;
 - Os moderadamente repetitivos são aqueles em que cada segmento ocorre repetido entre **10 a 10^5** cópias por genoma;
 - Os não repetitivos – **sequências únicas**, ou de uma só cópia do DNA, possui **1 a 10** cópias por genoma (representa a grande maioria dos genes).



Os Altamente Repetitivos: Sequências de DNA Não Transcritas

Funções Postuladas para este tipo de DNA:

- 1) papéis de organização ou estruturais em cromossomos (telômeros);
- 2) envolvimento em pareamento cromossômico durante a meiose e o centrômero na divisão celular;
- 3) envolvimento em crossing-over ou recombinação (regiões heterocromáticas);
- 4) proteção de importantes genes estruturais, como genes de histonas, de rRNA e de proteínas ribossômicas;
- 5) um repositório de sequências de DNA não essenciais para uso na futura evolução da espécie;
- 6) sem nenhuma função específica aparente, que é levado juntamente com os processos de replicação e segregação dos cromossomos.



Região Centromérica

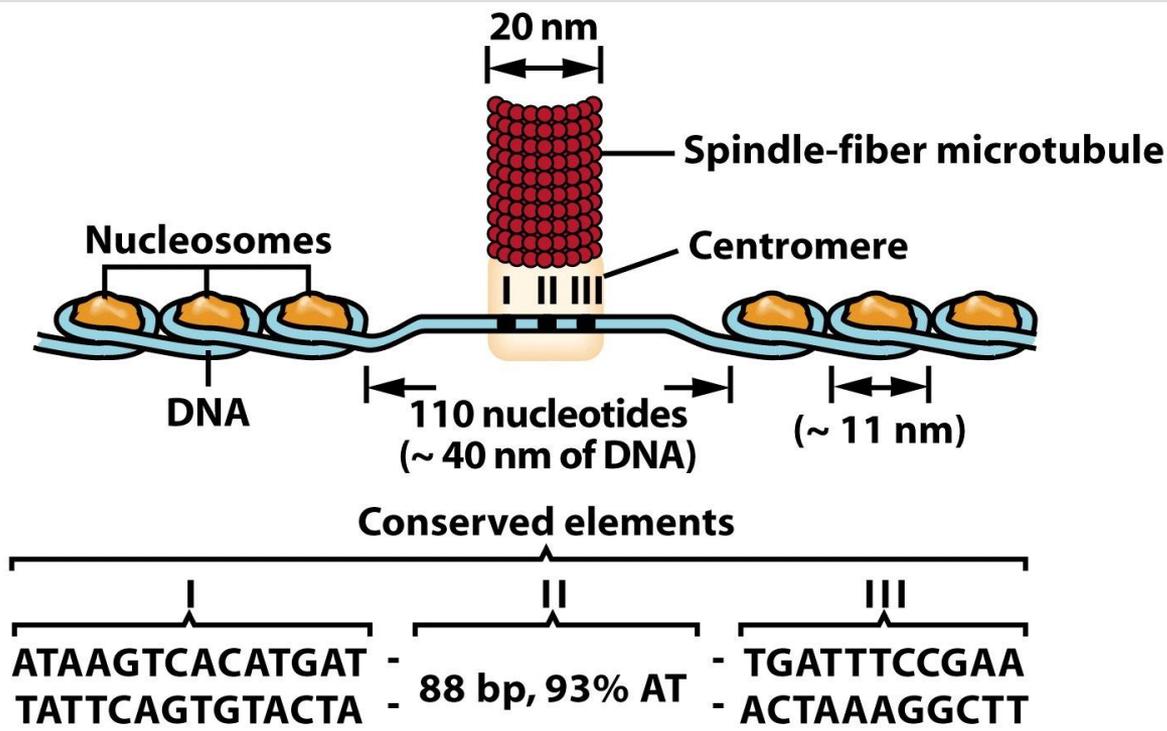


Figure 9-29 Principles of Genetics, 4/e
© 2006 John Wiley & Sons

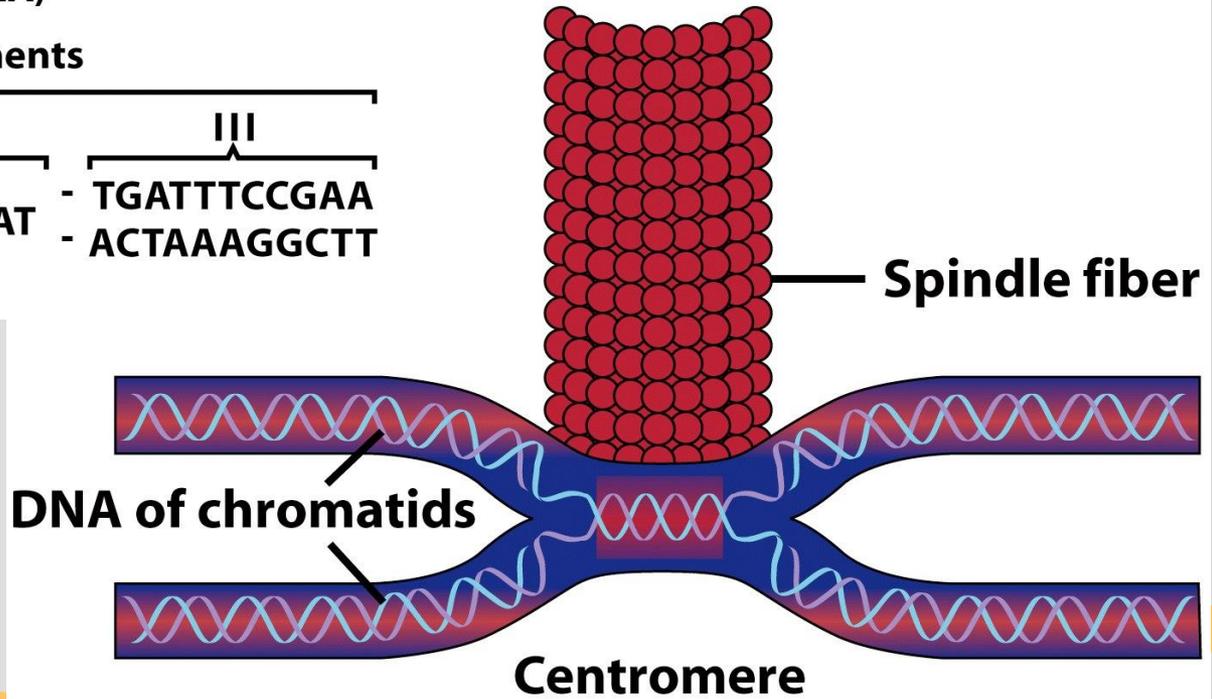


Figure 9-28 Principles of Genetics, 4/e
© 2006 John Wiley & Sons

Os Moderadamente Repetitivos: Sequências Muito Heterogêneas

- *muitas destas sequências são distribuídas pelo genoma, intercaladas com sequências de cópia única.*
- *são compostos por genes de várias cópias ou famílias de genes, tais como:*
 - *as proteínas ribossômicas;*
 - *as proteínas musculares actina e miosina;*
 - *o rRNA;*
 - *as proteínas histônicas;*
 - *sequências que regulam a expressão dos genes, não sendo considerados como genes, mas sim como sítios regulatórios;*
 - *elementos genéticos transponíveis.*



Os Não Repetitivos: Sequências Únicas ou de Cópia Única

Cerca de 70% das sequências de DNA no genoma de Drosophila e 50% das sequências de DNA no Genoma Humano, estão presentes em uma ou poucas cópias

Funções Postuladas:

- a maioria dos genes que codificam proteínas estão presentes neste componente do genoma;*
- muitas das sequências que regulam a expressão dos genes estão presentes nesta fração do genoma.*



Genoma Eucariótico

- *Maioria dos Eucariotos são DIPLÓIDES ($2n$ cromossomos), pois um dos genitores possui n cromossomos em seus gametas e o outro genitor também. Portanto $n + n = 2n$.*
- *Na formação de um animal ou vegetal estão envolvidos 2 processos básicos:*
 - **crescimento e diferenciação:**
 - *Espematozóide + Óvulo = Zigoto ou Célula Ovo*
 - *este sofre divisões sucessivas fazendo com que o indivíduo cresça e se diferencie.*



Os indivíduos diplóides possuem seus cromossomos organizados aos pares, ou seja, cromossomos homólogos. Estes possuem a mesma morfologia embora os pares diferenciem uns dos outros e também entre as espécies.

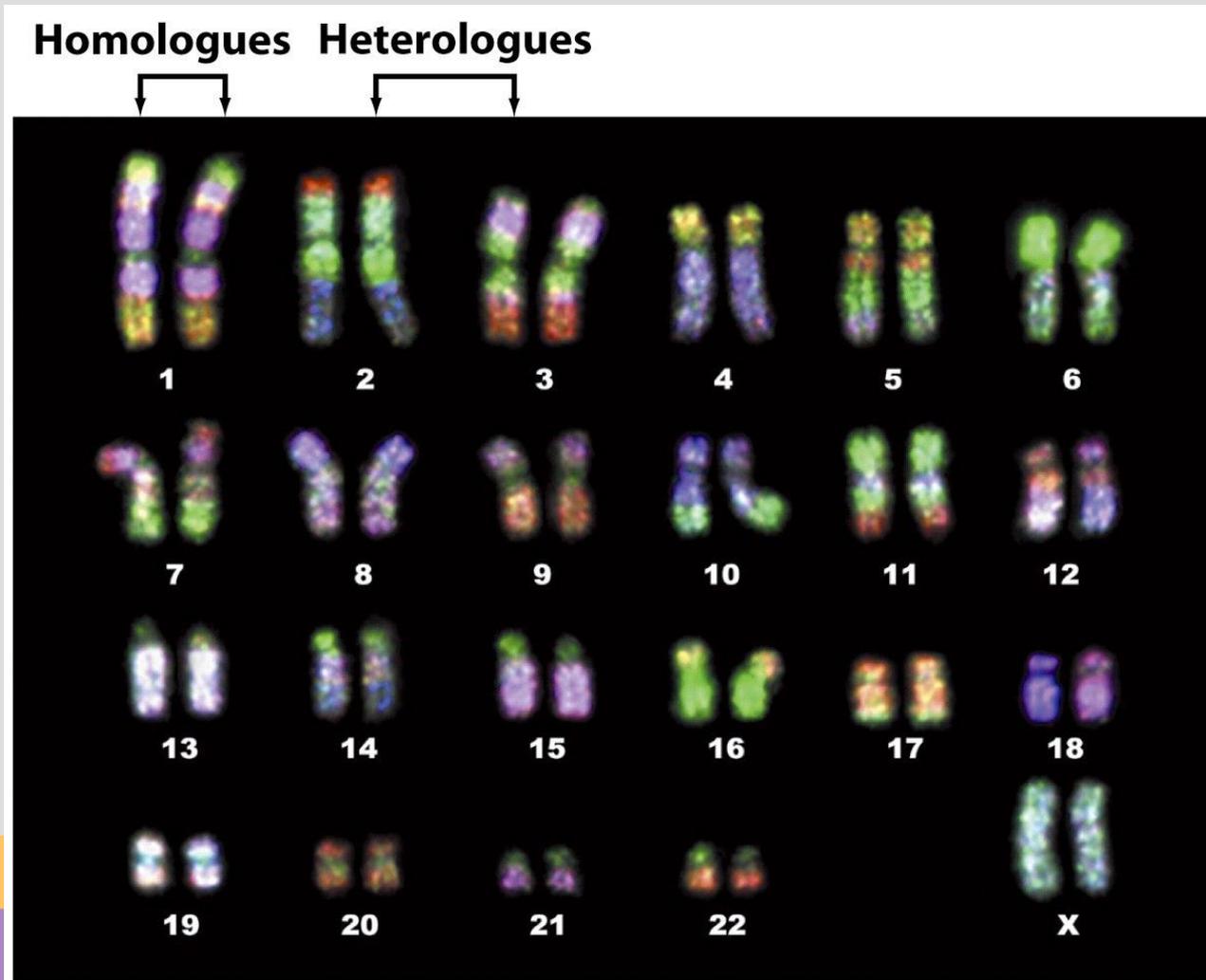


Figure 2-9 Principles of Genetics, 4/e



MITOSE

- O processo de divisão celular responsável pelo crescimento se chama **MITOSE** e se dá principalmente nas células não diferenciadas do corpo.
- Entre uma divisão celular e outra existe uma fase denominada de **INTERFASE** que é mais longa do que a própria divisão celular.

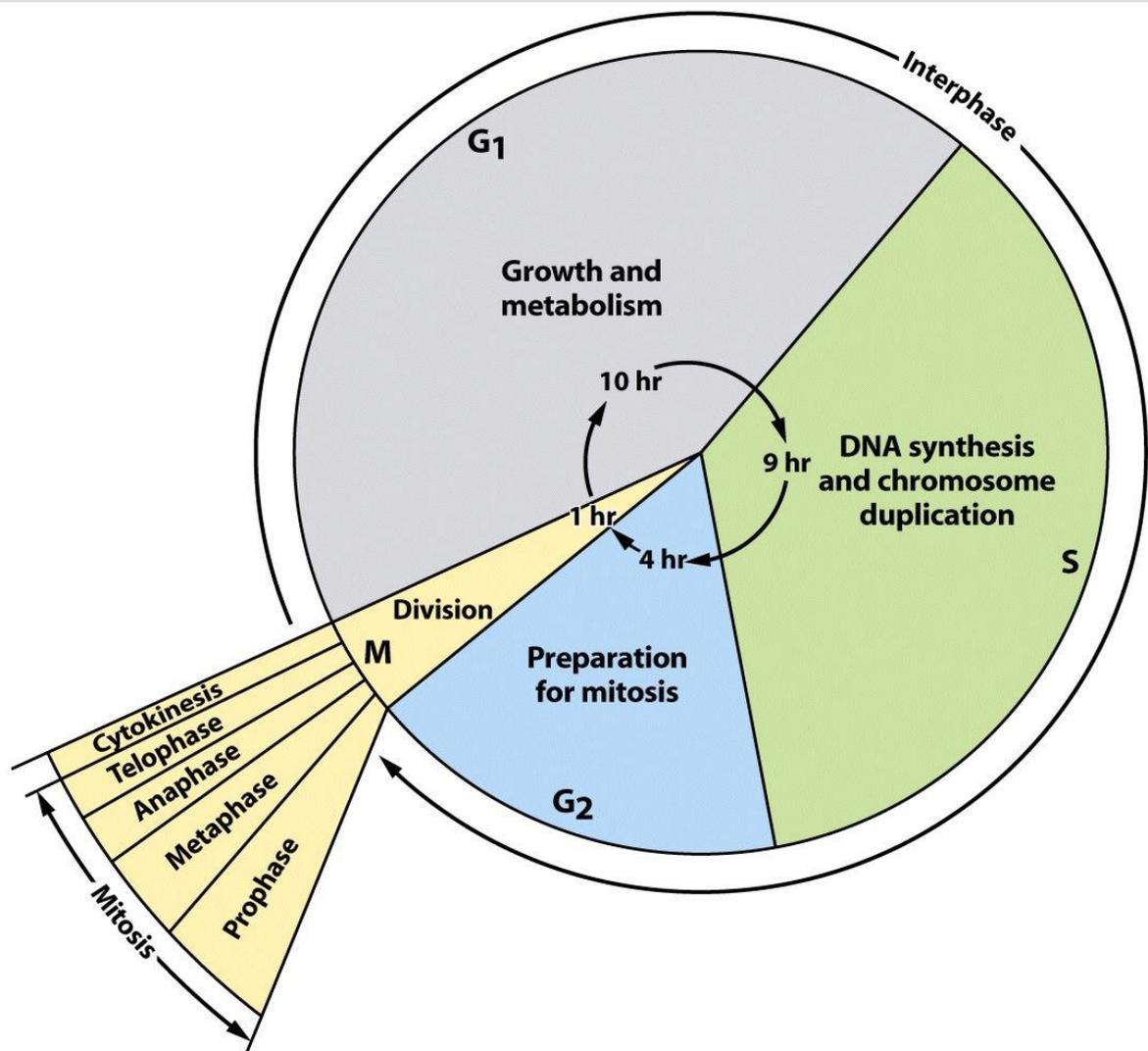


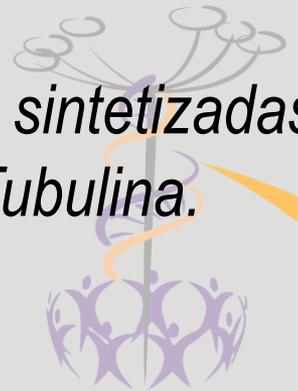
Figure 2-4 Principles of Genetics, 4/e
© 2006 John Wiley & Sons

INTÉRFASE

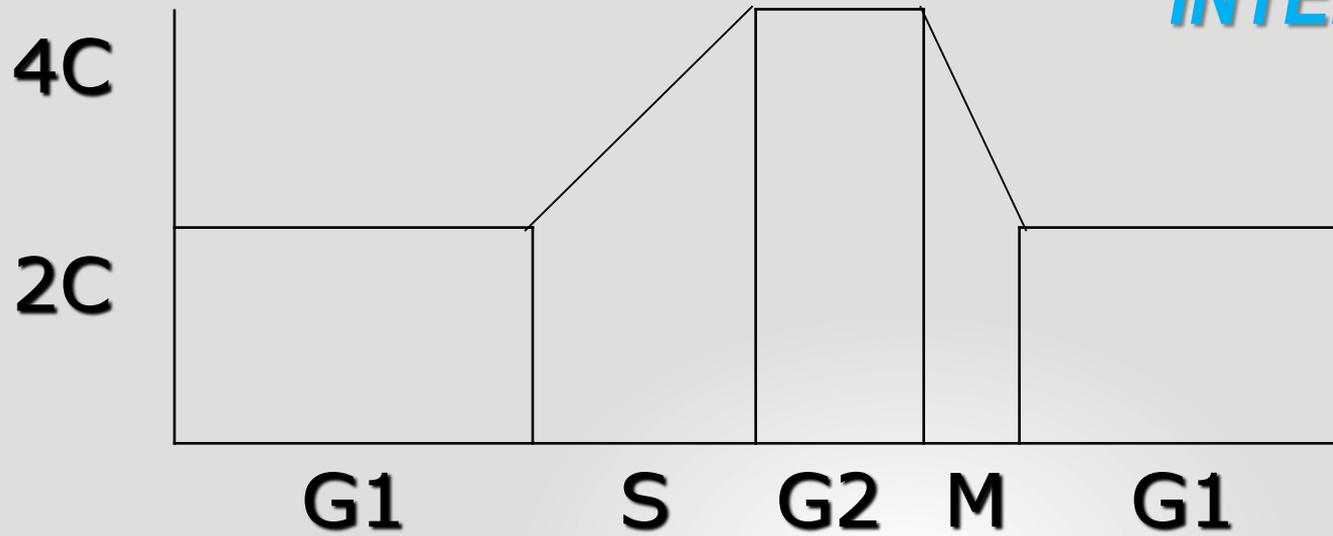
G1 – A célula aumenta de tamanho, há uma intensa síntese de proteína e ácido ribonucléico. A maioria das proteínas sintetizadas terá função enzimática (topoisomerasas I e II, DNA polimerase, DNA ligase, DNA helicase) no processo de duplicação. Duplicação dos centríolos.

S – Duplicação do DNA. O cromossomo passa a ter duas cromátides irmãs e por ser semi-conservativa a replicação, as cromátides são idênticas.

G2 – Período de menor duração, provavelmente são sintetizadas enzimas e proteínas necessárias para a divisão celular – Tubulina.

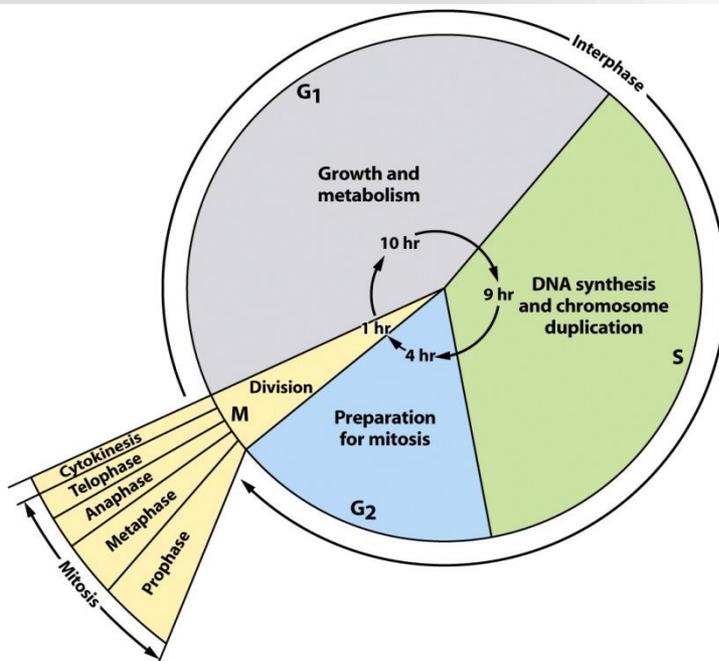


INTÉRFASE

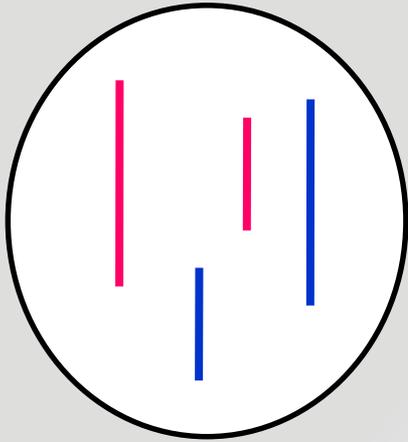


$2n = 4$
cromossomos

Quantidade de DNA
2 picogramas ou
2C de DNA em G1
4C de DNA em G2



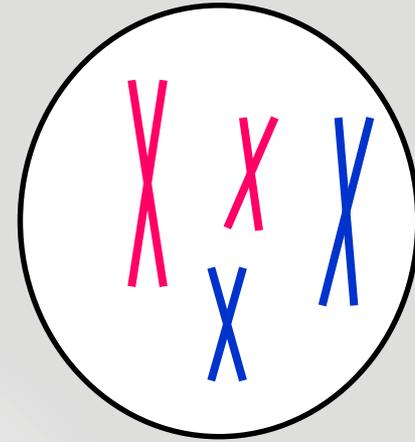
G1
2n = 4
2c



S



G2
2n=4
4c



2n = 4 cromossomos

Quantidade de DNA

2 picogramas ou

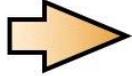
2C de DNA em G1

4C de DNA em G2



Prophase

STEP
1



Centrosome duplicates. Chromosomes begin to condense and become visible.

Daughter centrosomes begin to move apart.

Condensing replicated chromosome with two sister chromatids held together at centromere

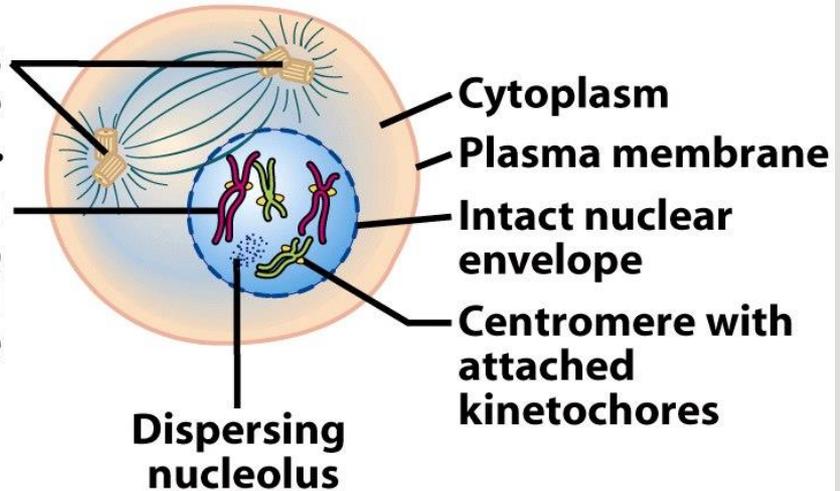


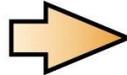
Figure 2-6 part 2 Principles of Genetics, 4/e
© 2006 John Wiley & Sons

$$2n = 4$$

4C de DNA

Early metaphase

STEP
2



Nuclear envelope breaks down.

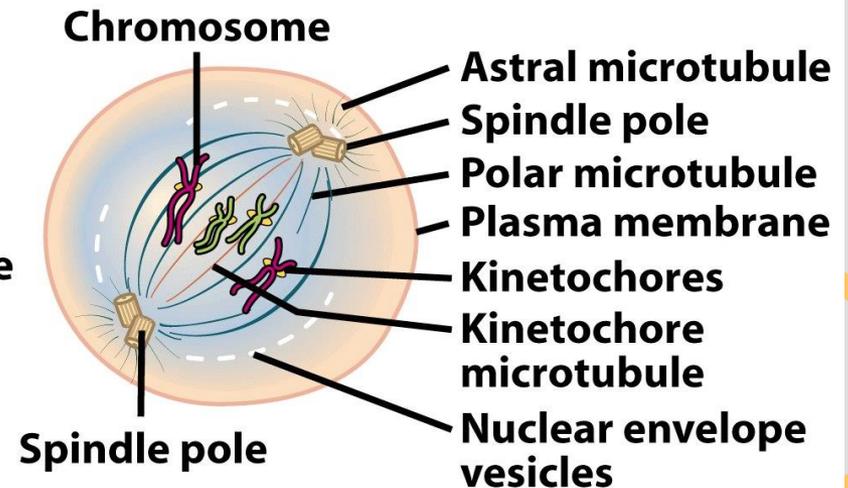
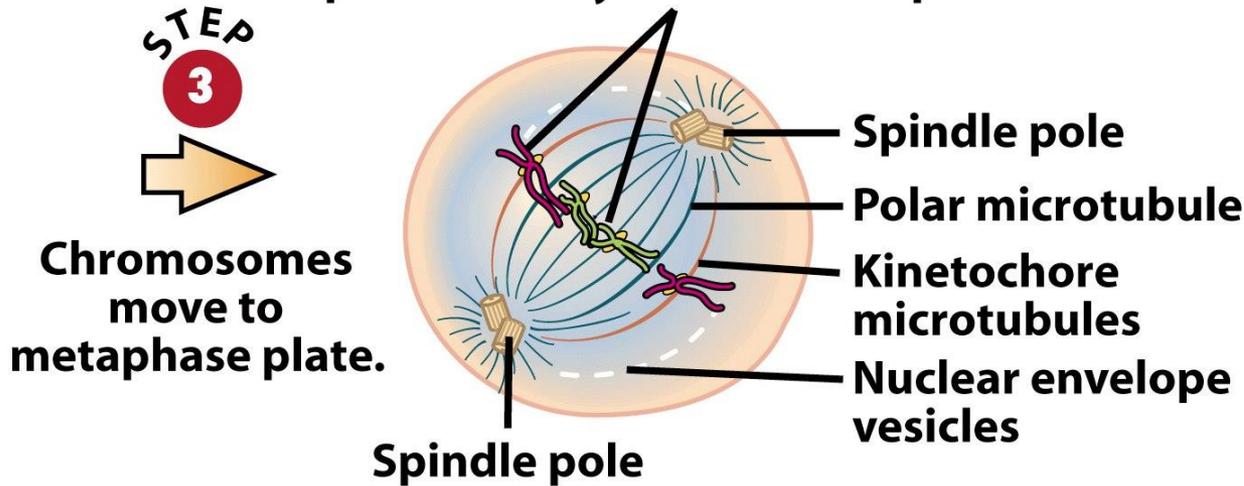


Figure 2-6 part 3 Principles of Genetics, 4/e
© 2006 John Wiley & Sons

Metaphase

Chromosomes aligned at metaphase plate halfway between the poles



$$2n = 4$$

4C de DNA

Figure 2-6 part 4 Principles of Genetics, 4/e
 © 2006 John Wiley & Sons

Vê-se que os dois processos fundamentais da mitose são a replicação seguida da segregação. Segregação é o nome dado para a separação das cromátides irmãs.



Anaphase

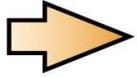
$$2n = 8$$

4C de DNA

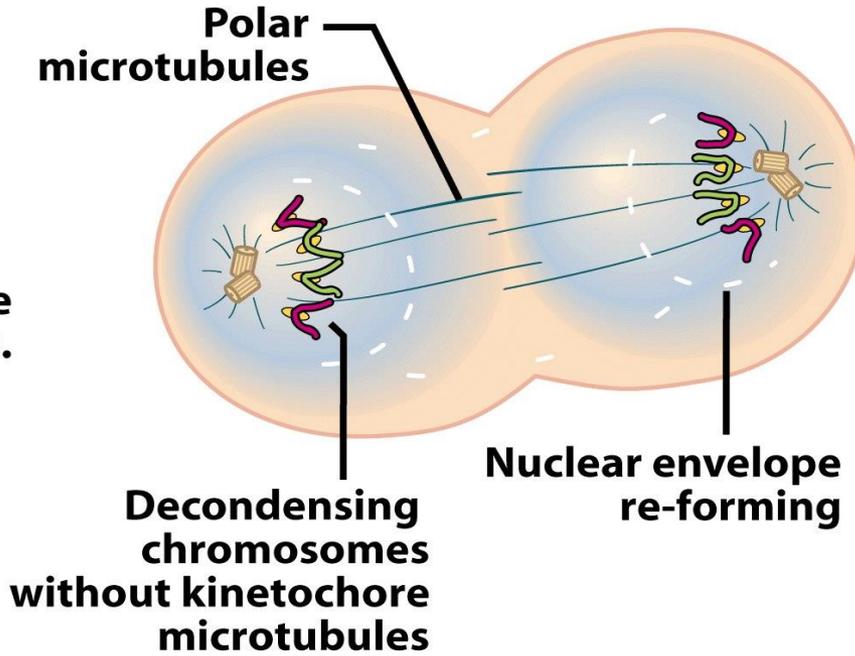
Figure 2-6 part 5 Principles of Genetics, 4/e
 © 2006 John Wiley & Sons

Telophase

STEP
5



Nuclear envelope re-forms.

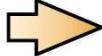


$$2n = 4$$

2C de DNA

Cytokinesis

STEP
6



Cleavage furrow splits cell in two.

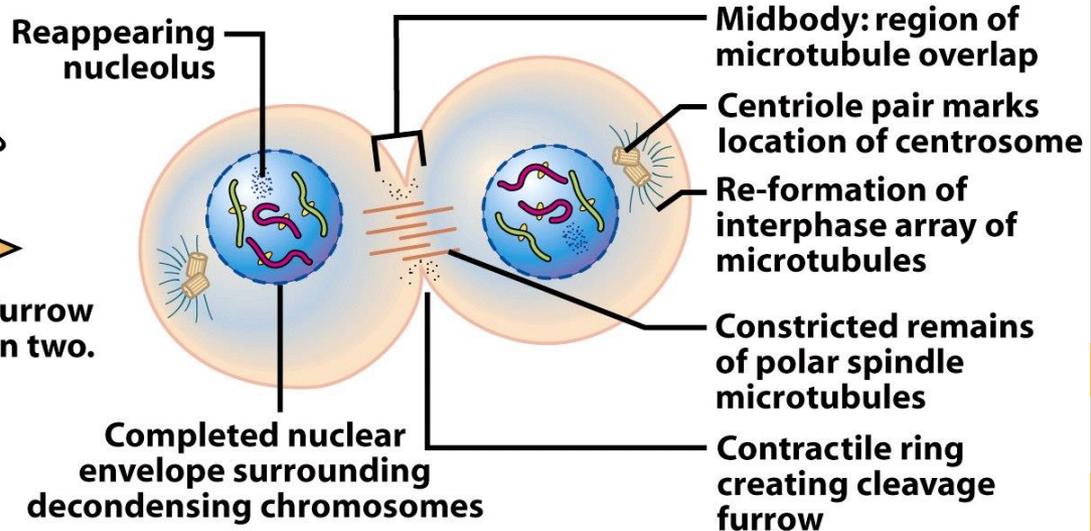


Figure 2-6 part 7 Principles of Genetics, 4/e
© 2006 John Wiley & Sons

Figure 2-6 part 6 Principles of Genetics, 4/e
© 2006 John Wiley & Sons

MITOSE

- *Produto: duas células-filhas idênticas à célula mãe original (G1)*
- *Por isso ocorre a duplicação do DNA*
- *Crescimento, Reposição Celular*
- *Ocorre em todas as fases do desenvolvimento*



MEIOSE

A meiose é essencial para a formação dos gametas, que são os agentes que passam os alelos dos pais para os filhos por intermédio da reprodução sexuada.

INTÉRFASE

$2n = 4$
cromossomos

Quantidade de DNA

2 picogramas ou

2C de DNA em G1

4C de DNA em G2

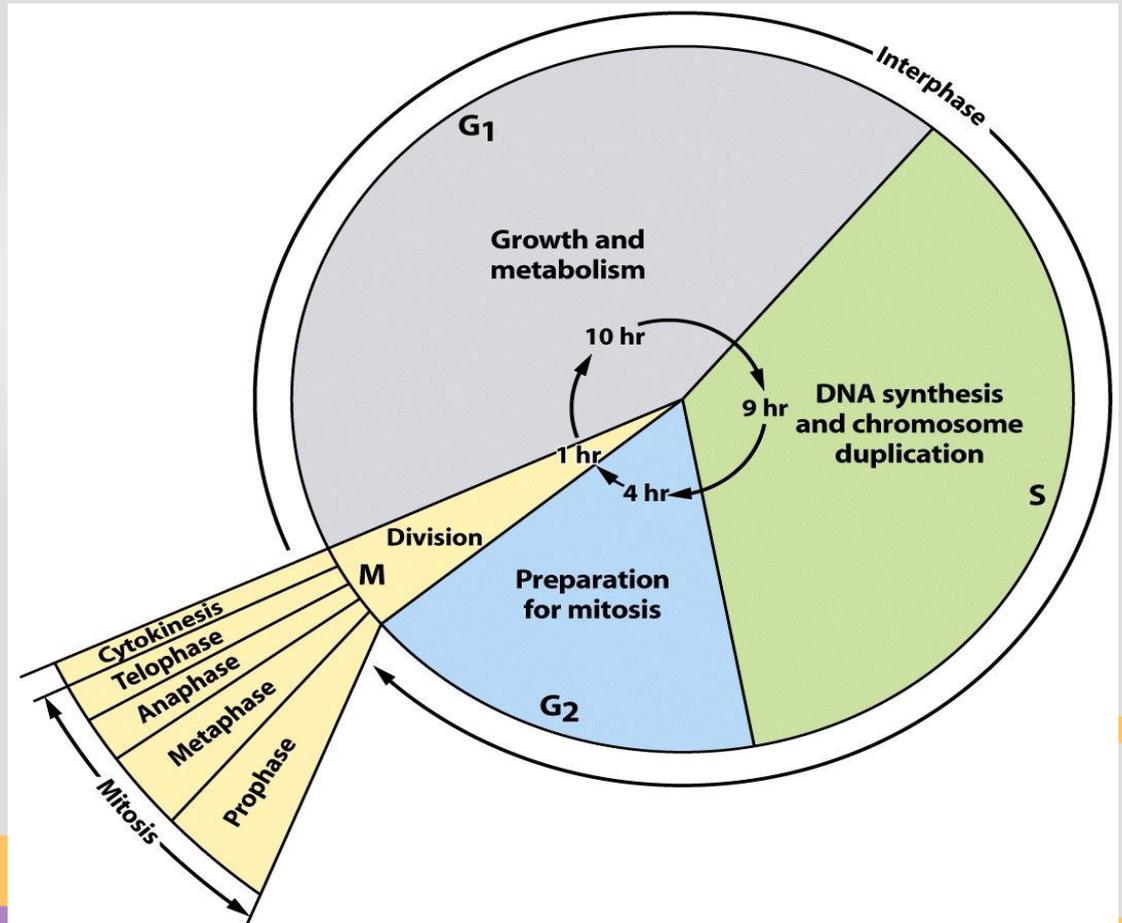


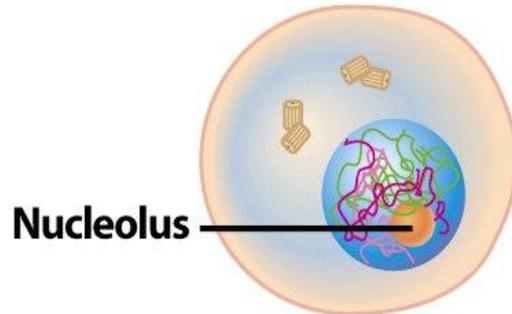
Figure 2-4 Principles of Genetics, 4/e
© 2006 John Wiley & Sons

MEIOSE

Prophase I

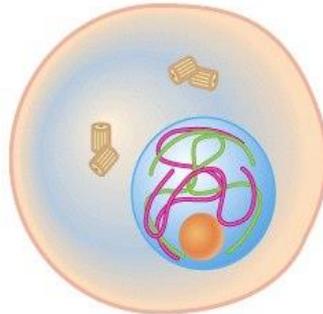
Leptonema

Replicated chromosomes become visible.



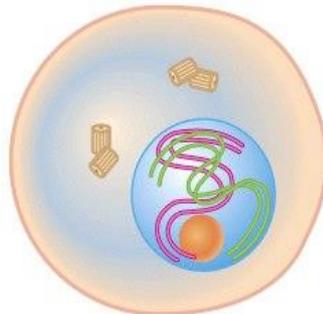
Zygonema

Homologous chromosomes pair.



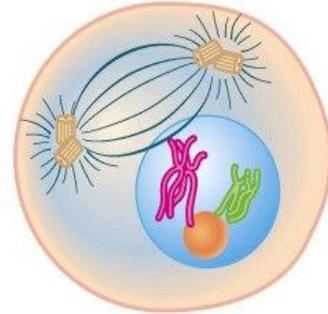
Pachynema

Homologous chromosomes fully paired. Crossing over occurs.



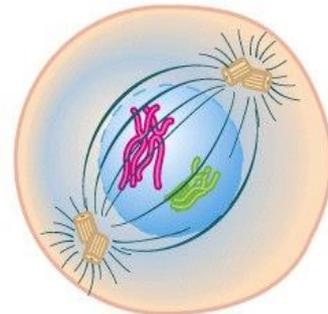
Diplonema

Homologous chromosomes begin to repel each other. Chromatids become fully visible. Chiasmata become visible.



Diakinesis

Chromosomes continue to shorten and thicken. Nucleolus and nuclear membrane disappear. Microtubules attach to kinetochores.



$2n = 4$ cromossomos

4C de DNA

Pair of homologous chromosomes

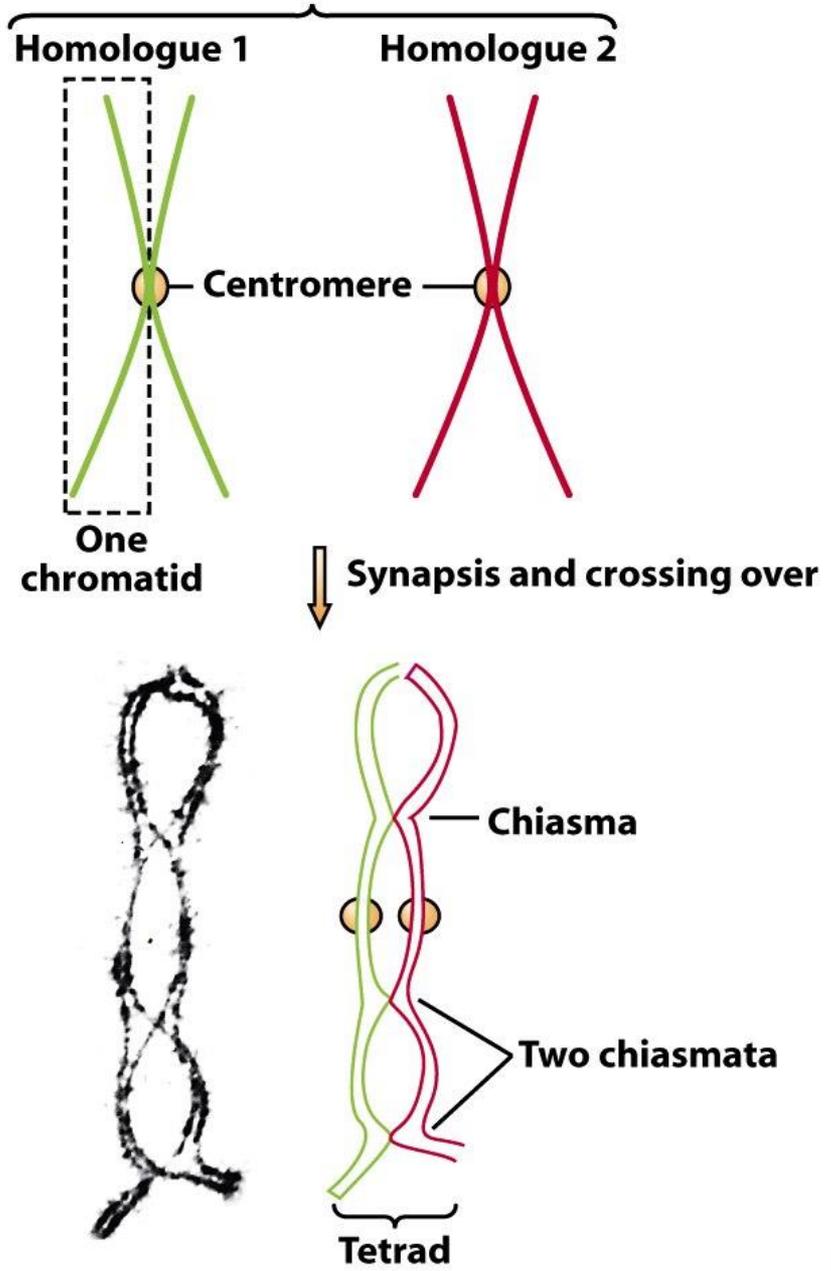
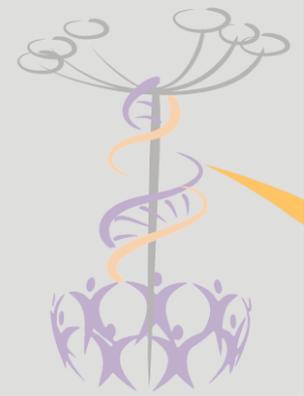


Figure 2-14 Principles of Genetics, 4/e

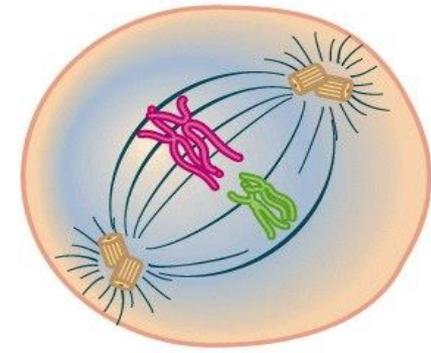


Metaphase I

$2n = 4$ cromossomos

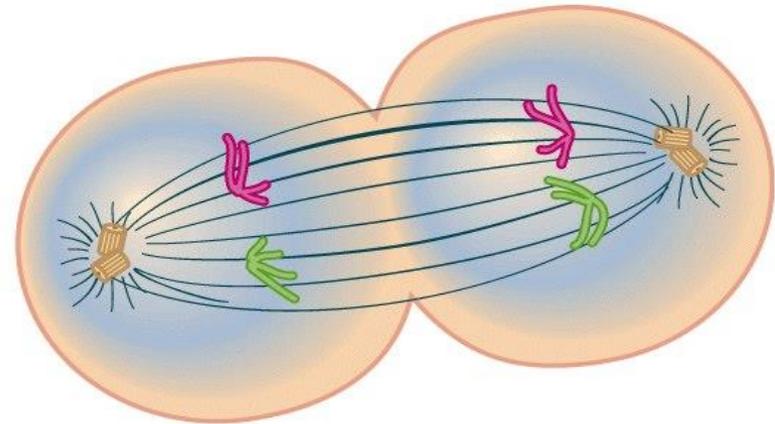
Assembly of spindle is completed. Each chromosome pair aligns across the metaphase plate of the spindle.

4C de DNA



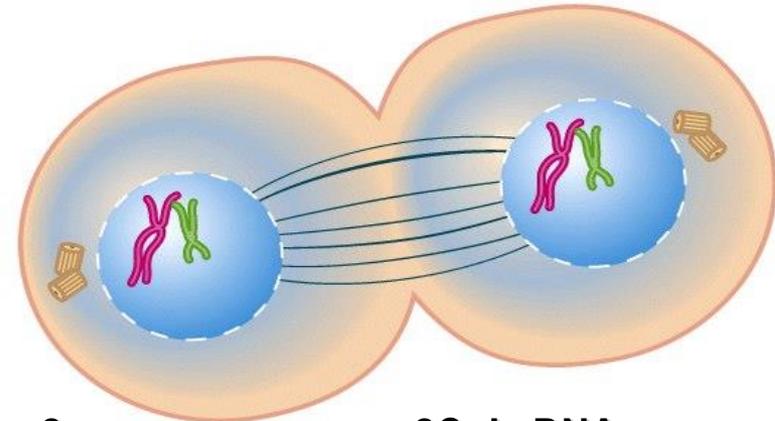
Anaphase I

Homologous chromosome pairs separate and migrate toward opposite poles.



Telophase I

Chromosomes (each with two sister chromatids) complete migration to the poles, and new nuclear membranes may form.



$n = 2$

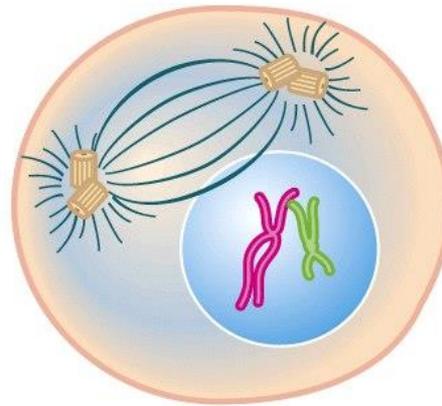
2C de DNA

Cytokinesis

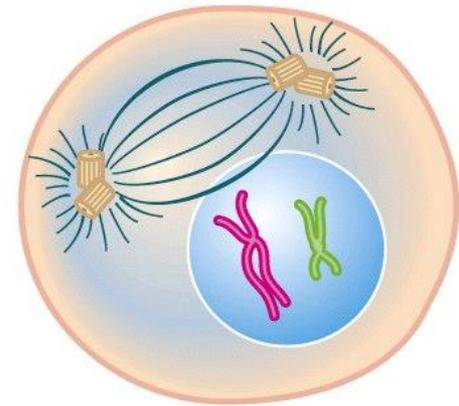
In most species, cytokinesis produces two daughter cells. Chromosomes do not replicate before meiosis II.

Prophase II

Chromosomes condense and move to metaphase plate.



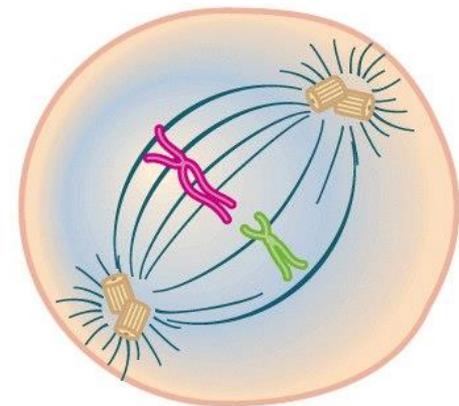
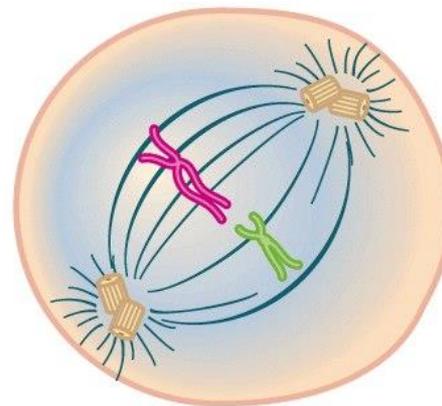
$n = 2$



2C de DNA

Metaphase II

Kinetochores attach to spindle fibers.



Anaphase II

Sister chromatids separate and move to opposite poles as separate chromosomes.

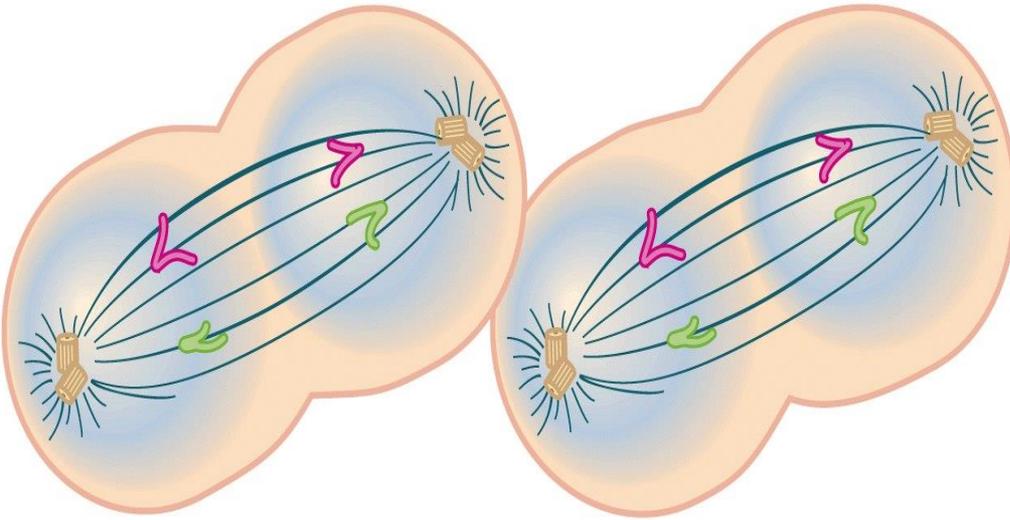


Figure 2-11 part 4 Principles of Genetics, 4/e
© 2006 John Wiley & Sons

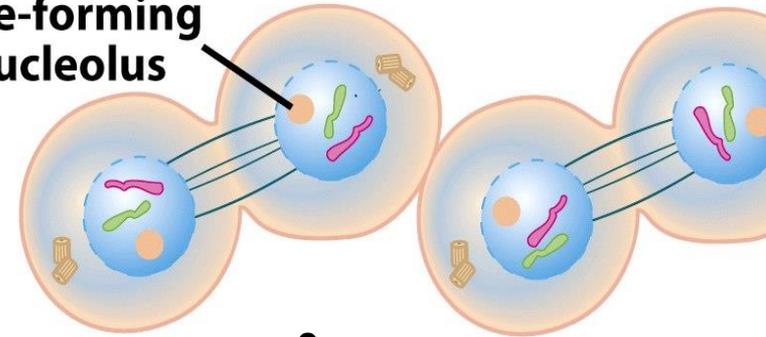
$n = 4$

2C de DNA

Telophase II

Nuclear membrane forms around chromosomes and chromosomes uncoil. Nucleolus re-forms.

Re-forming nucleolus

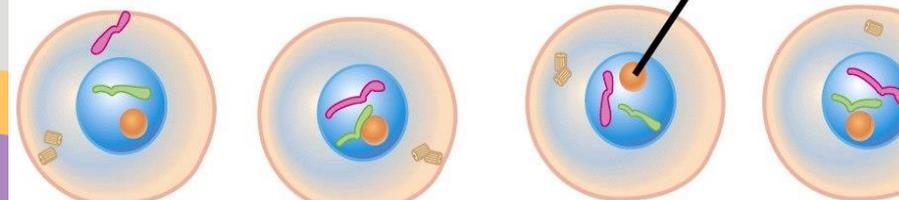


$n = 2$

Four haploid cells form after cytokinesis.

1C de DN A

Nucleolus



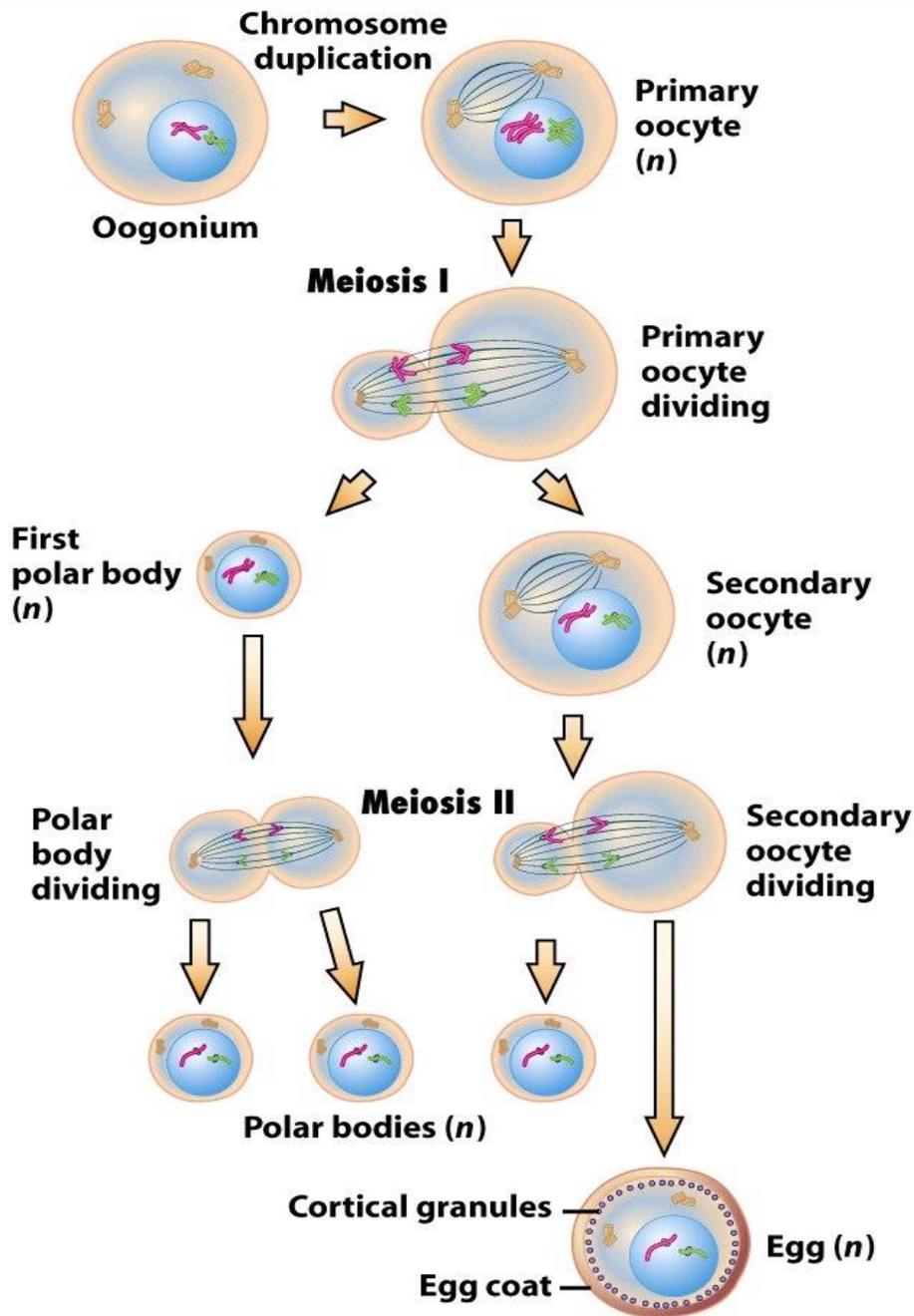


Figure 2-17a Principles of Genetics, 4/e
© 2006 John Wiley & Sons

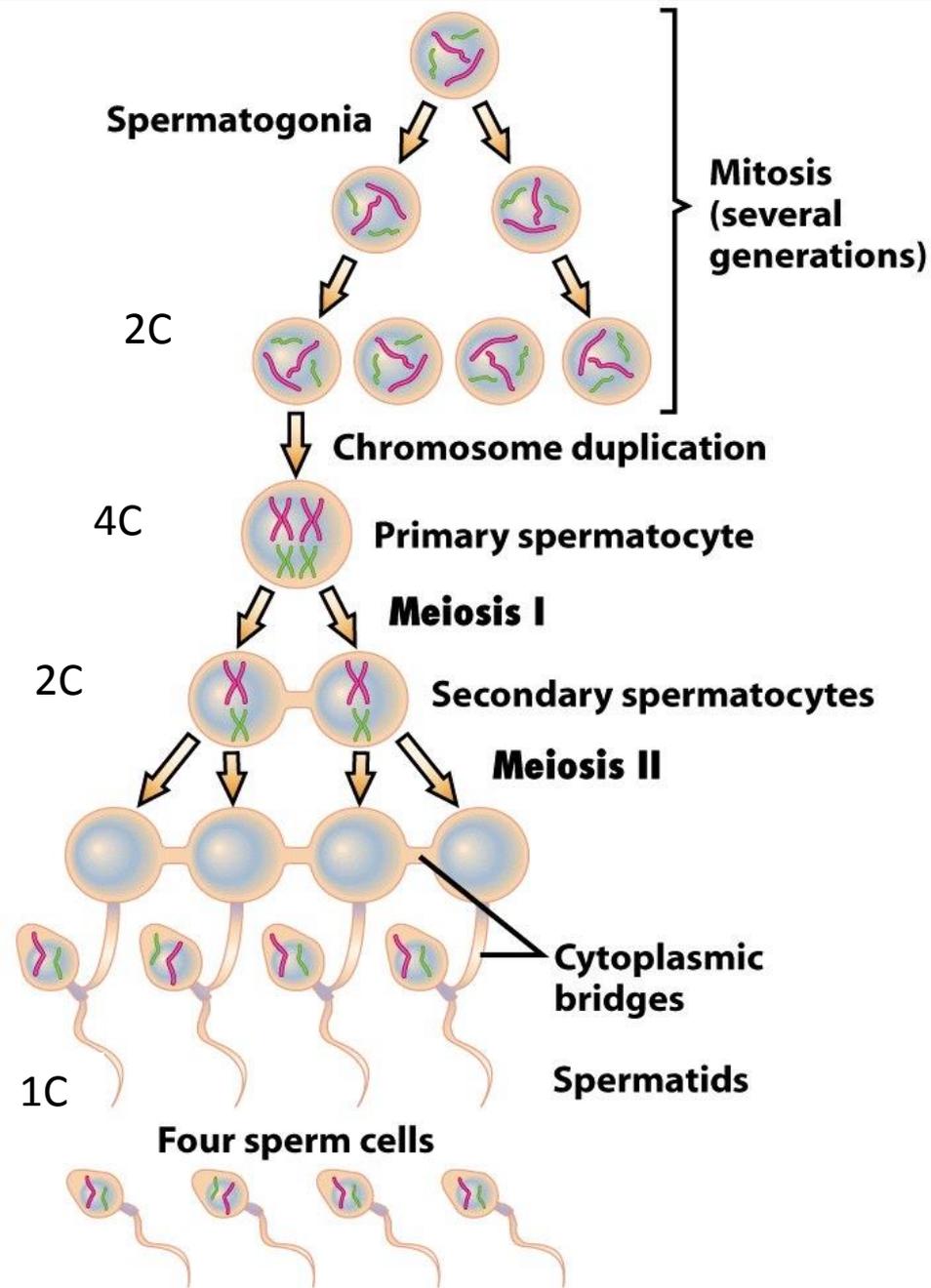


Figure 2-17b Principles of Genetics, 4/e
© 2006 John Wiley & Sons

MEIOSE

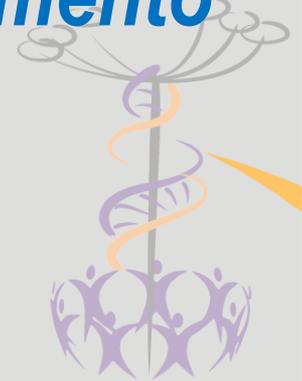
- *Produto: quatro células-filhas com metade do número de cromossomos e quantidade de DNA da célula mãe original (G1)*
- *Ocorre apenas com as células precursoras de gametas*
- *Manter o número de cromossomos da espécie*
- *Duas divisões: reducional
equacional*



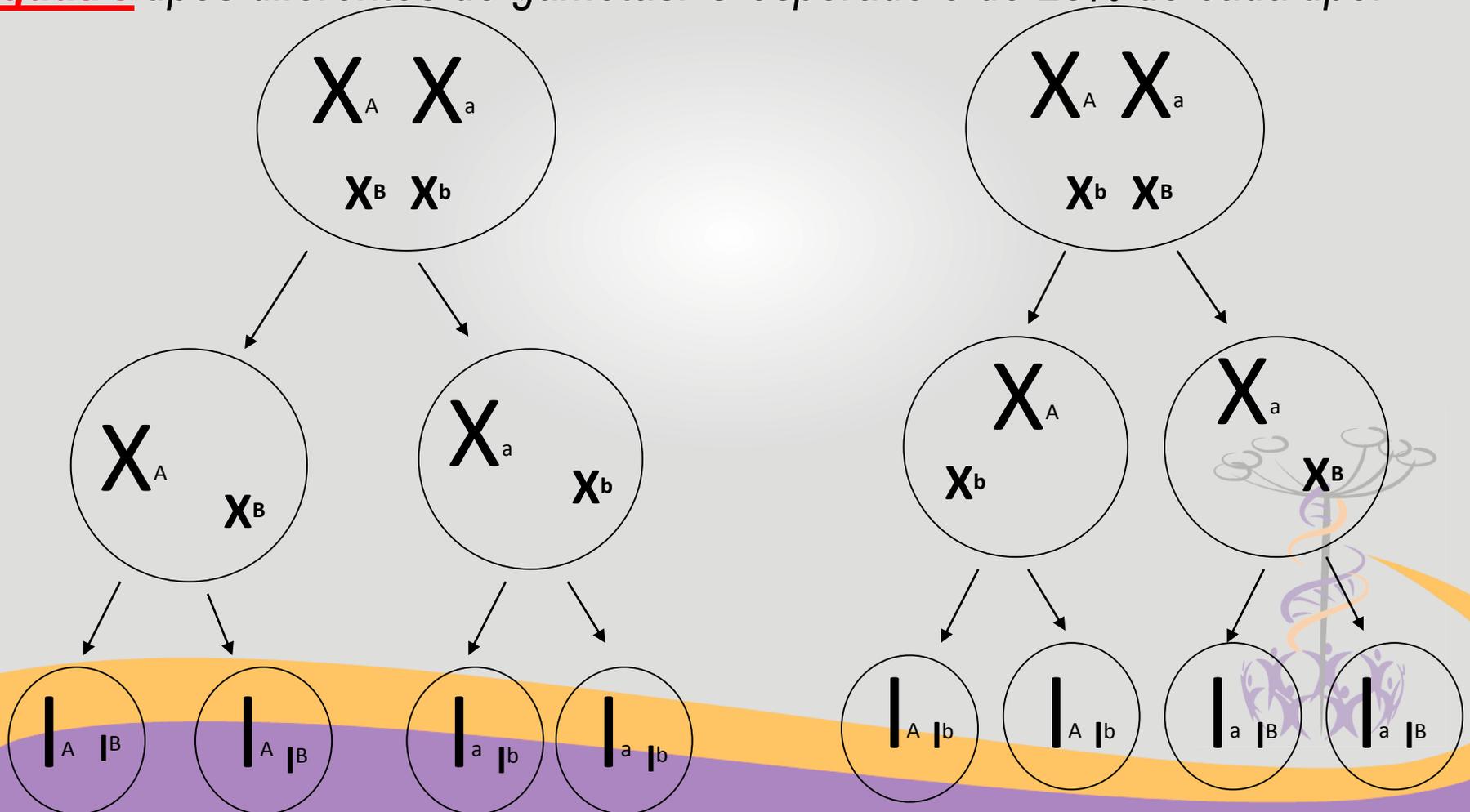
Consequências Genéticas Da Meiose

A meiose reduz pela metade o n° de cromossomos para que a cada fertilização o n° diplóide se mantenha constante.

A compreensão da Meiose I é fundamental para a compreensão do comportamento dos genes durante a reprodução.



Portanto quando se considera apenas uma célula com $2n=4$, são produzidos dois tipos de gametas a cada meiose. Porém, o número de células que sofrem meiose em cada organismo é muito grande, levando-nos a perceber que haverá em um indivíduo duplo heterozigoto ($2n=4$), quatro tipos diferentes de gametas. O esperado é de 25% de cada tipo.



Na metáfase I, ocorrem orientações dos cromossomos homólogos, assim em uma célula com $2n=4$ são possíveis 2 orientações.

$$2n=4: \text{OMI} = 2^{n-1} = 2^{2-1} = 2$$

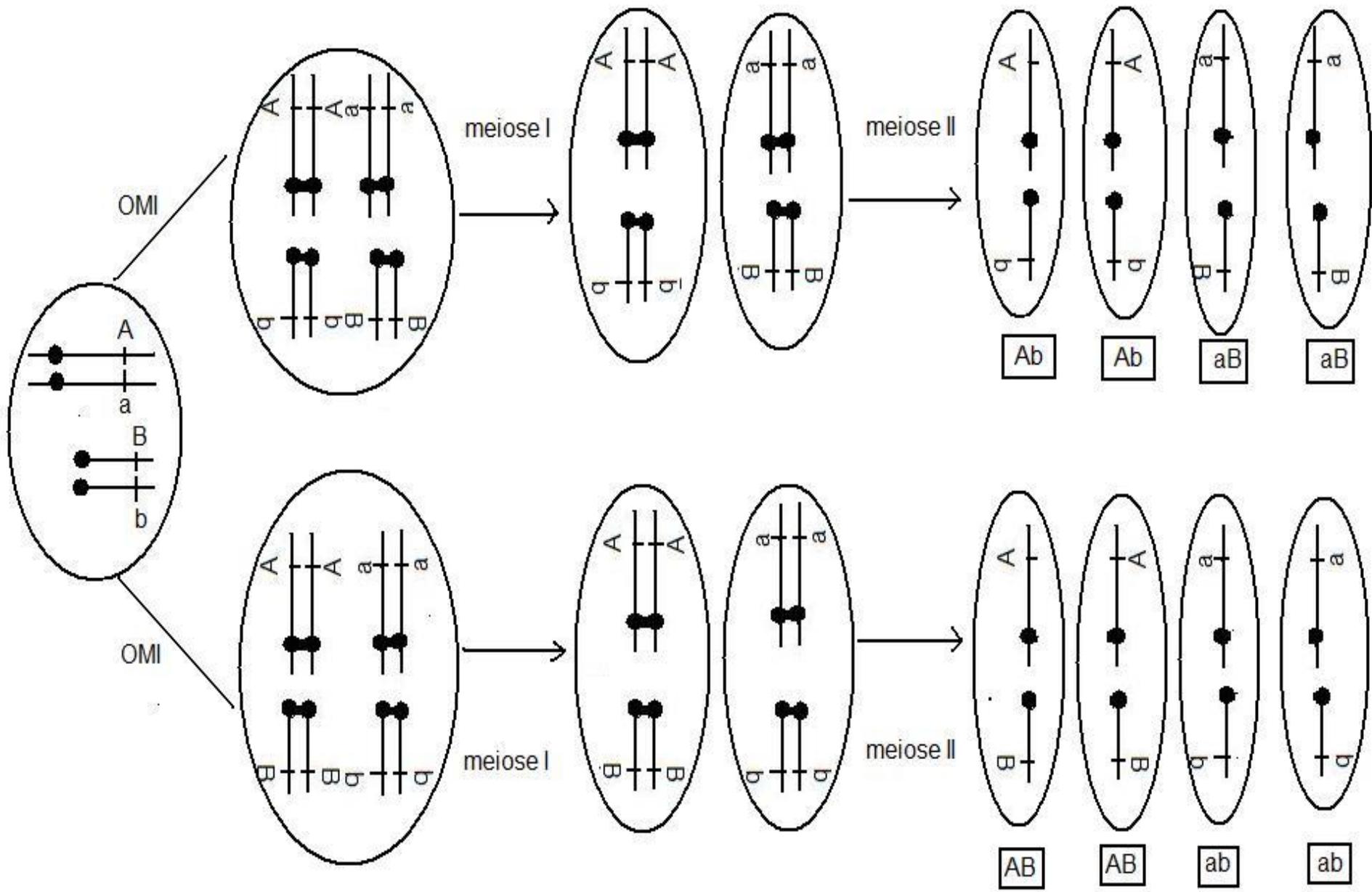
Portanto: durante a metáfase I, há um verdadeiro embaralhamento – recombinação – dos genes, de modo que são obtidas inúmeras combinações novas.

$$V = 2^n$$



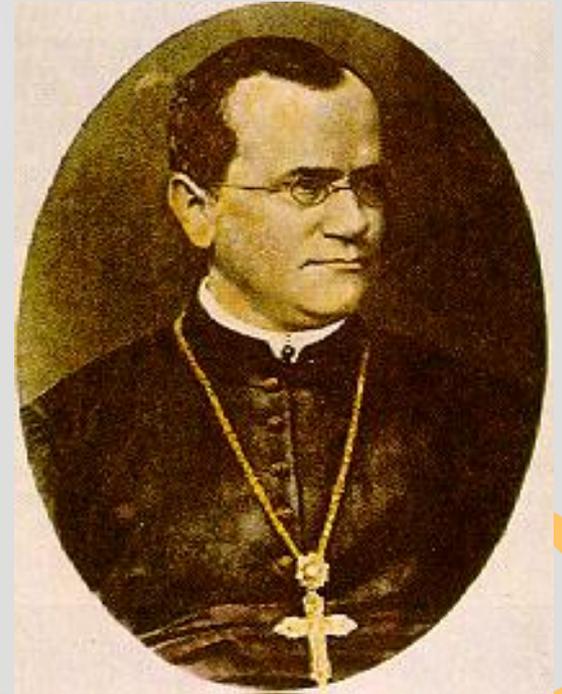
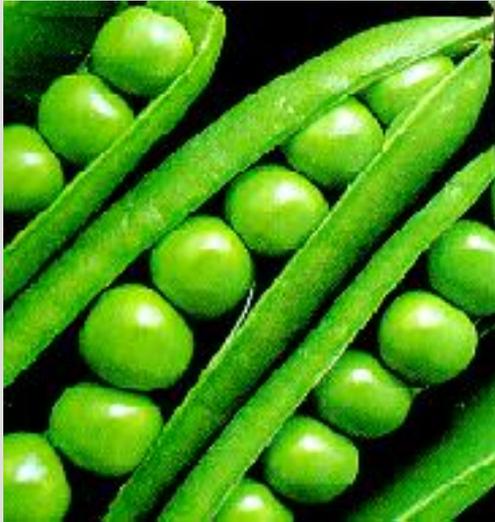
Assim, a Meiose permite a recombinação dos genes – aparecimento de combinações novas não existentes nos progenitores - o que evidentemente contribui para Ampliar a Variabilidade na Natureza. Esta ampliação da Variabilidade é fundamental para a evolução das espécies e também é a principal matéria prima para os melhoristas de plantas e animais.





Grandes Marcos na Genética

- *Trabalhos de Gregor Mendel: descobriu como as características são herdadas.*



Teoria Cromossômica da Herança



Walter Sutton y Theodor Boveri

Sutton – Boveri (1903): reconheceram que o comportamento das partículas de Mendel durante a produção dos gametas nas ervilhas era paralelo ao comportamento dos cromossomos na Meiose.



Teoria Cromossômica da Herança

Os genes existem aos pares como os cromossomos

Um lote cromossômico vem do pai e o outro da mãe

Os genes estão nos cromossomos

Os genes são unidades físicas localizadas nos cromossomos

Em cada cromossomo de um par de homólogos localiza-se um dos alelos do gene que determina um caráter hereditário

Os alelos de um gene se segregam igualmente em gametas, como os membros de um par de homólogos



Comportamento dos cromossomos

Comportamento dos alelos dos genes

O n° de cromossomos presentes em cada gameta corresponde a metade do n° de cromossomos que se encontram em qualquer célula diplóide do indivíduo

O n° de alelos presentes em cada gameta corresponde a metade do n° de alelos que se encontram em qualquer célula diplóide do indivíduo

Os pares de homólogos presentes nas células de cada indivíduo têm origem, respectivamente, no progenitor masculino e no progenitor feminino

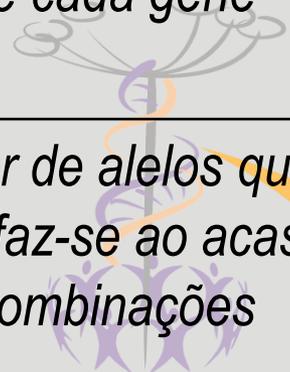
Os pares de alelos presentes nas células de cada indivíduo têm origem, respectivamente, no progenitor masculino e no progenitor feminino.

Durante a formação dos gametas, ocorre a separação dos cromossomos homólogos

Durante a formação dos gametas, ocorre a separação dos alelos de cada gene

A segregação dos cromossomos homólogos que ocorre durante a meiose faz-se ao acaso, o que origina diferentes combinações genéticas

A segregação de cada par de alelos que ocorre durante a meiose faz-se ao acaso, o que origina diferentes combinações genéticas



Referências

GRIFFITHS, A.J.F. et al. **Introdução à Genética**. Ed. Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro, 2002.

PIERCE, B.A. **Genética: Um Enfoque Conceitual**. Ed. Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro, 2004.

RAMALHO, M. et al. **Genética na Agropecuária**. Ed. Globo, São Paulo, 1989.

RIDLEY, M. **Evolução**. Ed. Artmed, 2006.

SNUSTAD, D.P.; SIMMONS, M.J. **Fundamentos de Genética**. Ed. Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro, 3ª ed., 2004.

