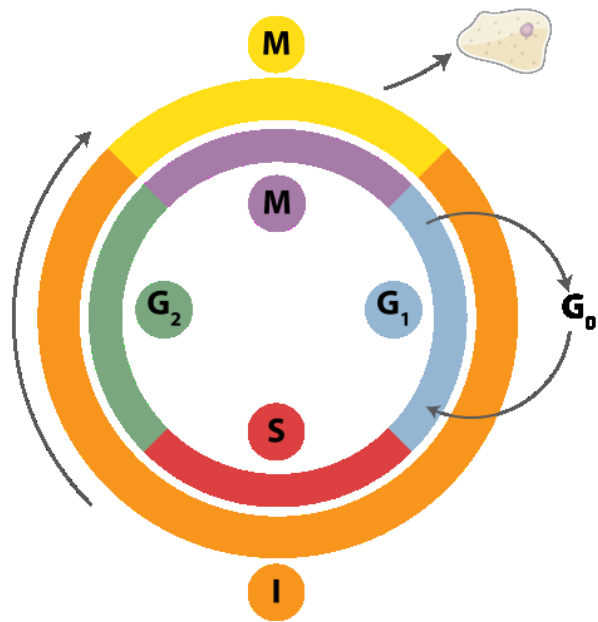


LGN0114 – Biologia Celular

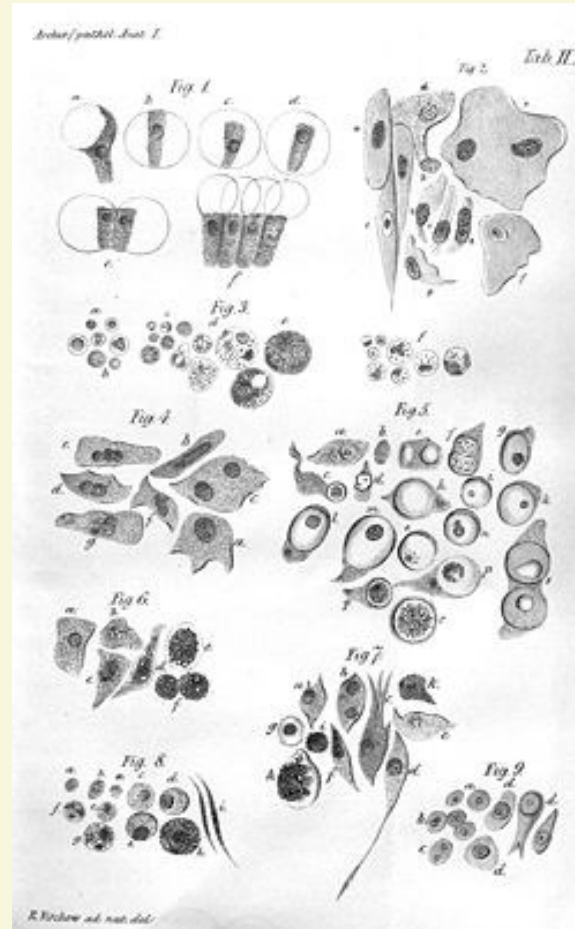
Ciclo Celular e Mitose



Aula 10

Antonio Figueira
figueira@cena.usp.br

Rudolf Virchow – (1850) patologista



Omnis cellula ex cellula

Todas as células se originam de outras células

Omne vivum ex ovo

Divisão Celular

- Células geradas de outra célula - divisão *Omnis cellula ex cellula*
- Divisão celular: sequência ordenada de eventos
- Requer duplicação de componentes e divisão

- **Organismos Unicelulares = novo indivíduo**
- **Organismos Multicelulares = manutenção e crescimento**
 - origem: ex. ovo -> zigoto -> indivíduo 10^{14} células
 - várias rodadas de divisão celular
 - divisão persiste por toda vida - depende tecido
- Apoptose ou morte celular programada

Divisão Celular

Crescimento e reprodução são atributos fundamentais de todas as células

Função:

- Manter a vida em organismos pluricelulares -> reposição de células mortas, regeneração de tecidos ou órgãos danificados, apoptose (morte celular programada)
- Gerar a vida em organismos unicelulares.

Divisão Celular

Processos:

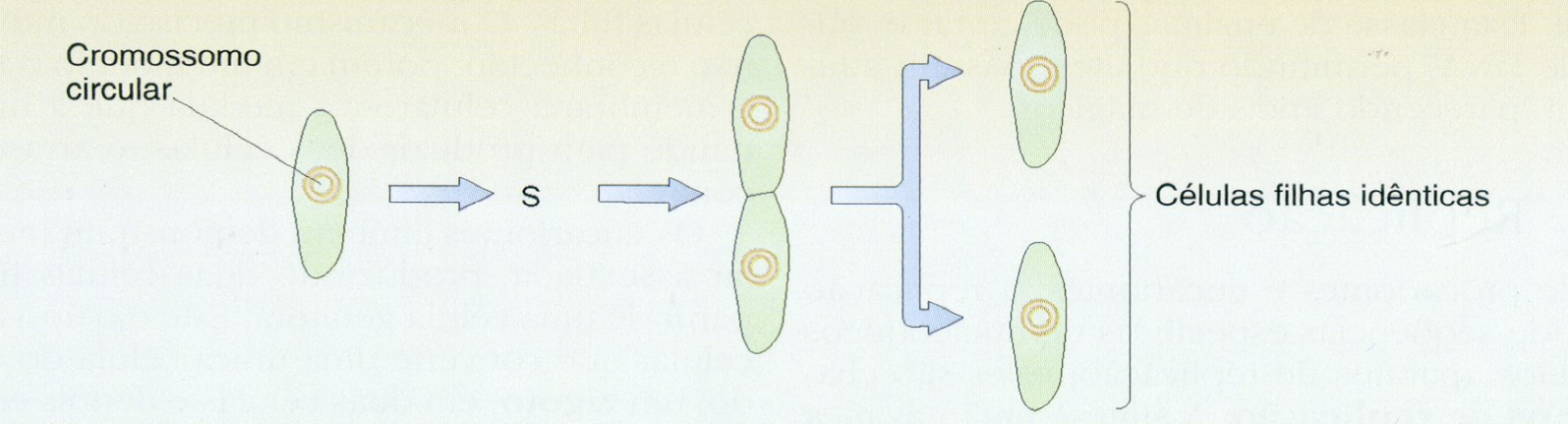
- Replicação de DNA
- Síntese de componentes celulares
- Organelas
- Segregação do DNA
- Divisão da massa celular e organelas

Mitose (cariocinese) = divisão do núcleo

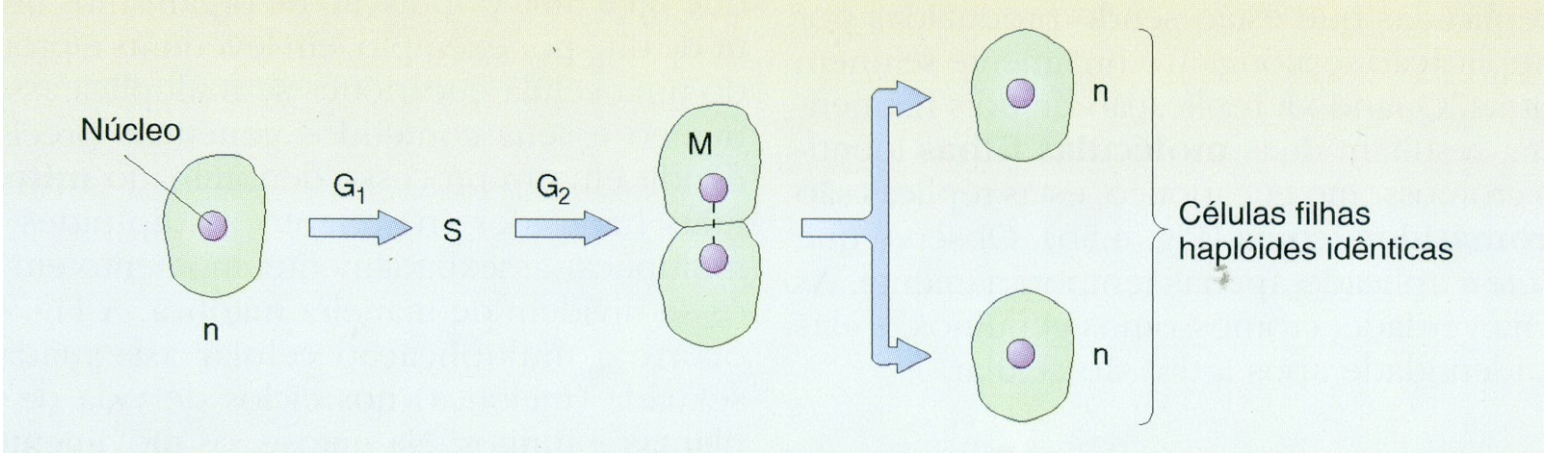
Citocinese = divisão do citoplasma

Multiplicação Assexuada

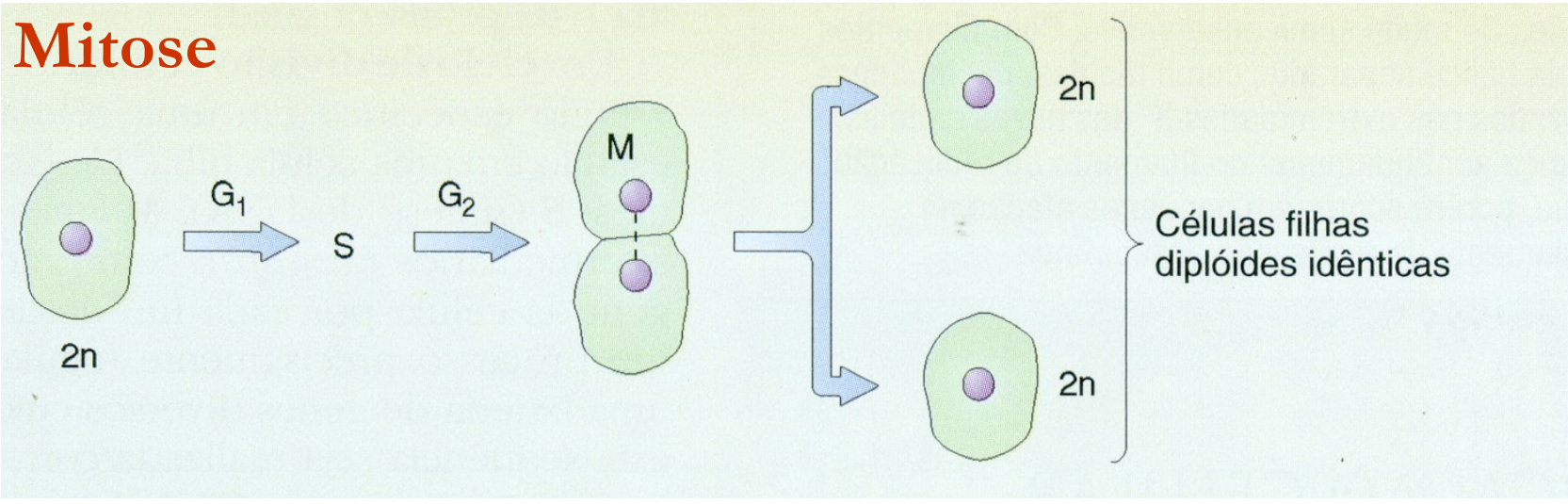
Procariótica



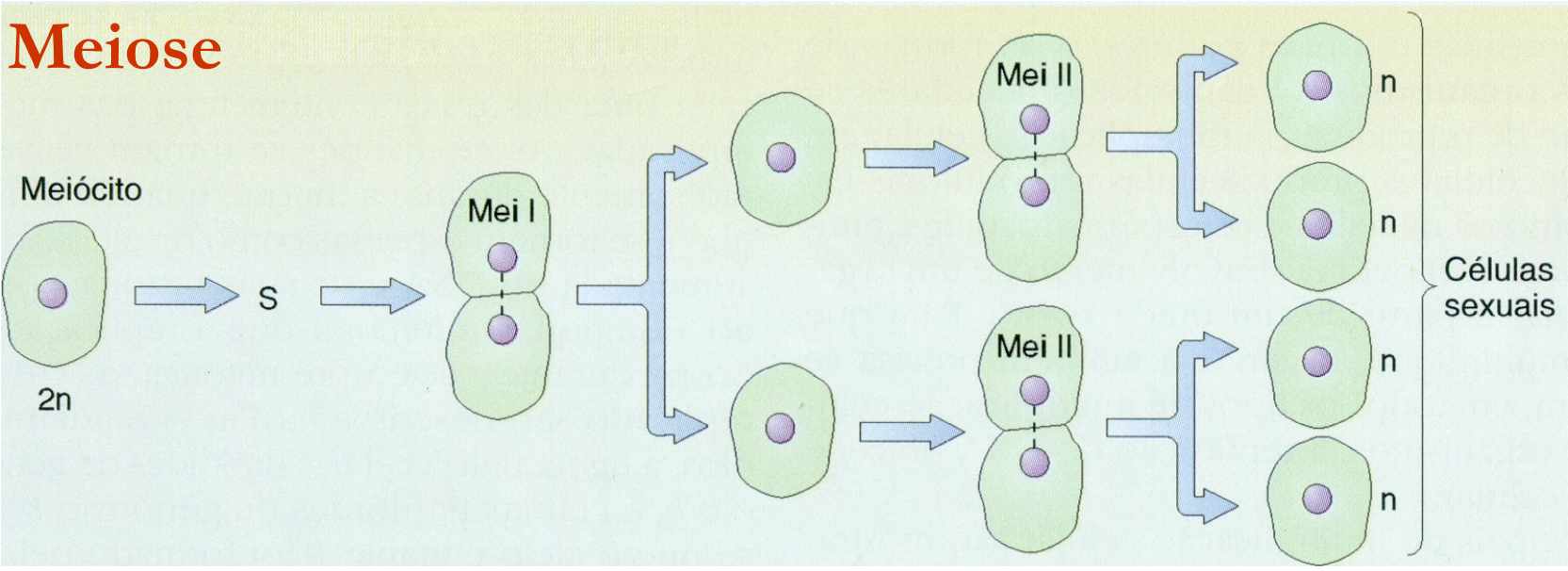
Eucariótica



Mitose

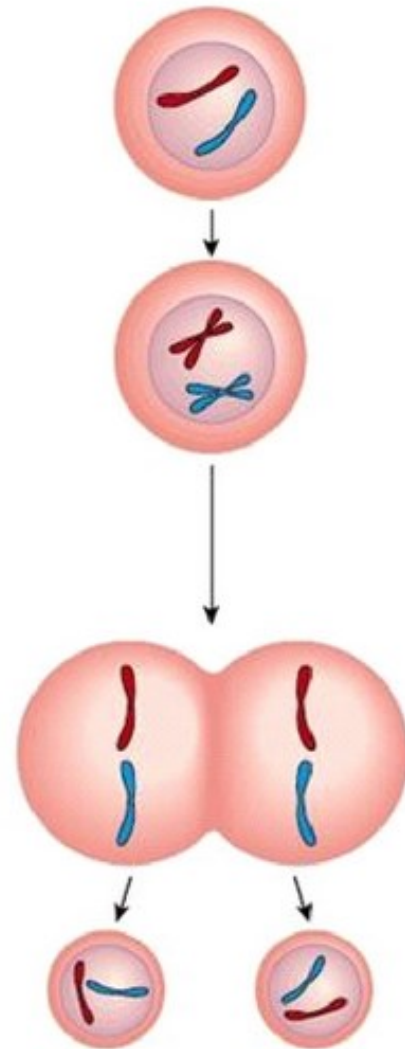


Meiose

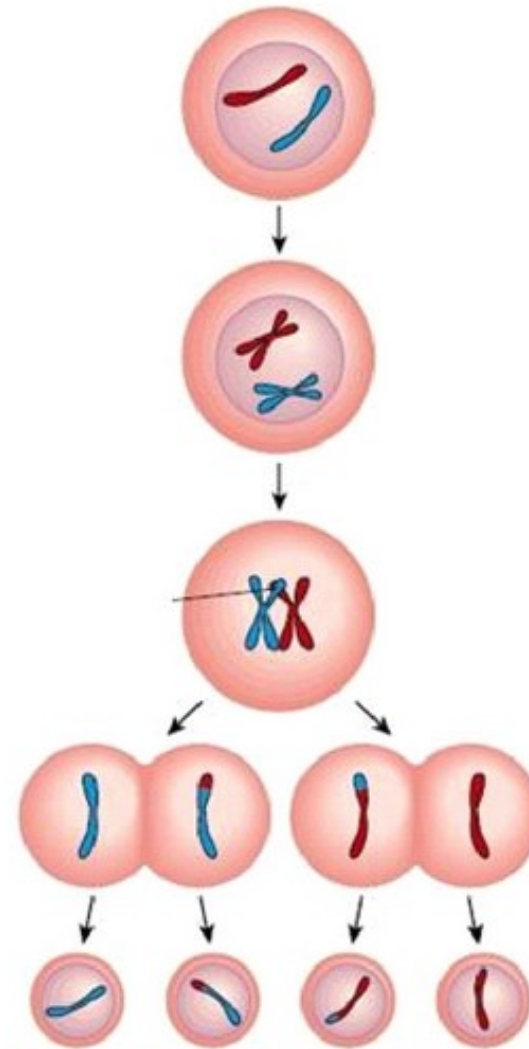


Mitose x Meiose

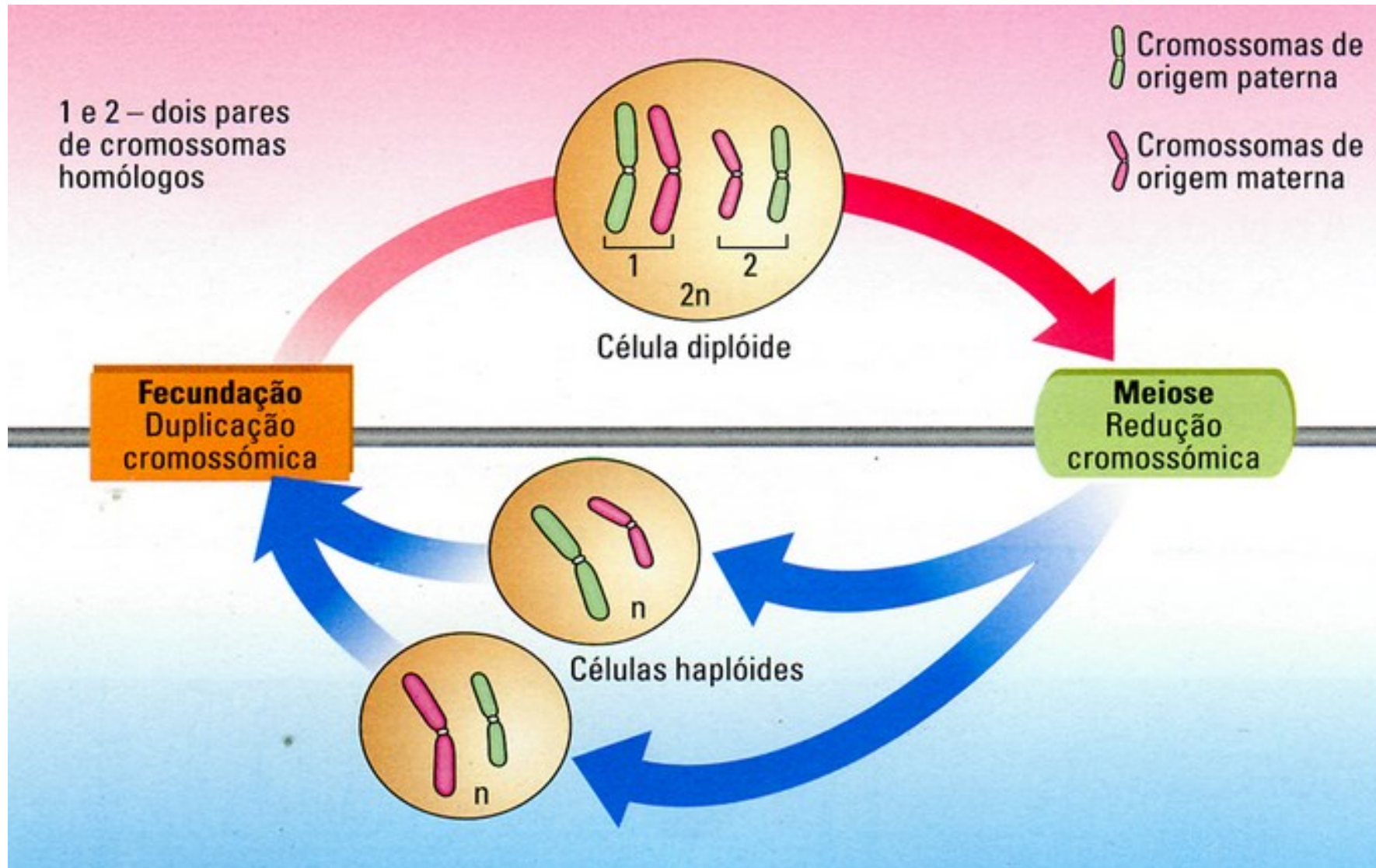
Equacional



Reducional



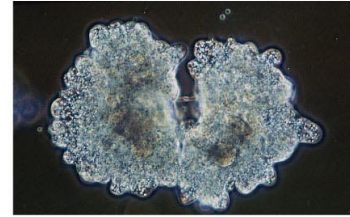
Reprodução Sexuada



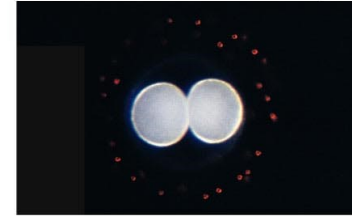
Tipos de Divisão Celular

- **Procaríotos:**

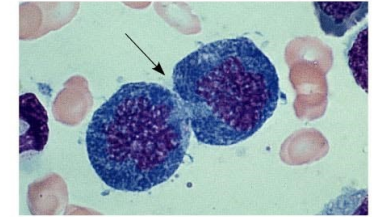
- Fissão binária



(a)



(b)



(c)

Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

- **Eucariotos:**

- ✓ **Mitose:**

- Crescimento, desenvolvimento e reparo
 - Reprodução assexuada (gera duas células idênticas)
 - Ocorre nas células somáticas

- ✓ **Meiose:**

- Reprodução sexuada
 - Ocorre em células reprodutivas
 - Origina gametas

Divisão Celular

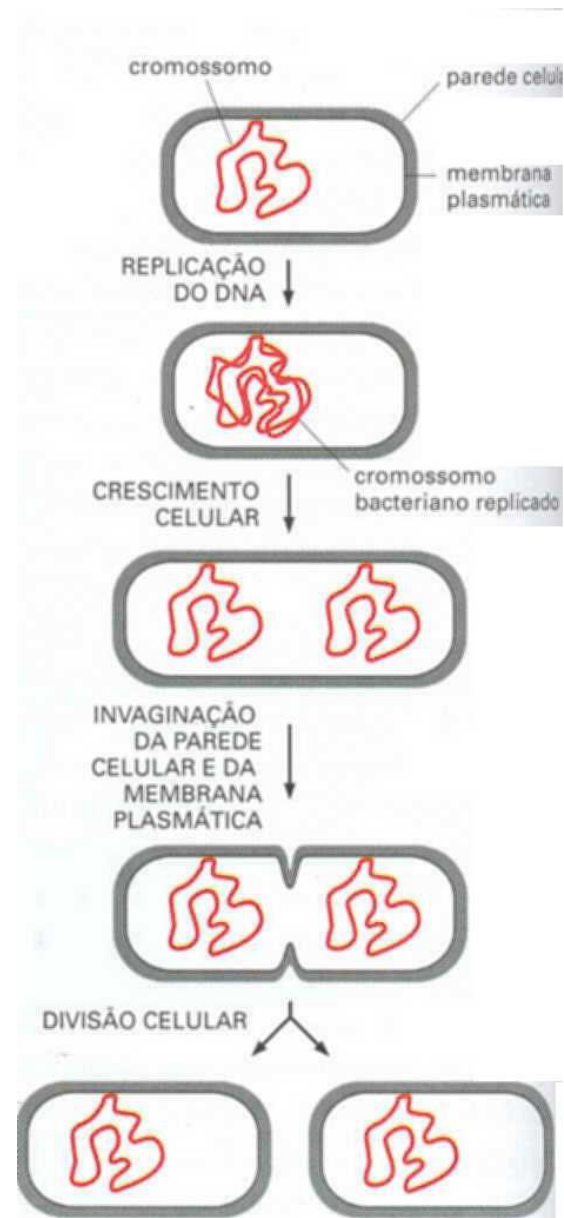
- **Unicelular:**

- Ex. *Escherichia coli* - **fissão binária** - 20 min!
- Cromossomo preso a membrana, duplicado
- Separado pelo crescimento da célula (2X volume)
- Depósito de nova membrana e parede

- **Multicelular**

- DNA em cromossomos - separação individual
- organelas com genoma
- organelas vesiculares

Procaríoto



Ciclo Celular: Interfase e Mitose

É dividido em duas fases distintas: **Fase M** e **Interfase**.

A MITOSE + CITOCINESE são referidas como fase **M**

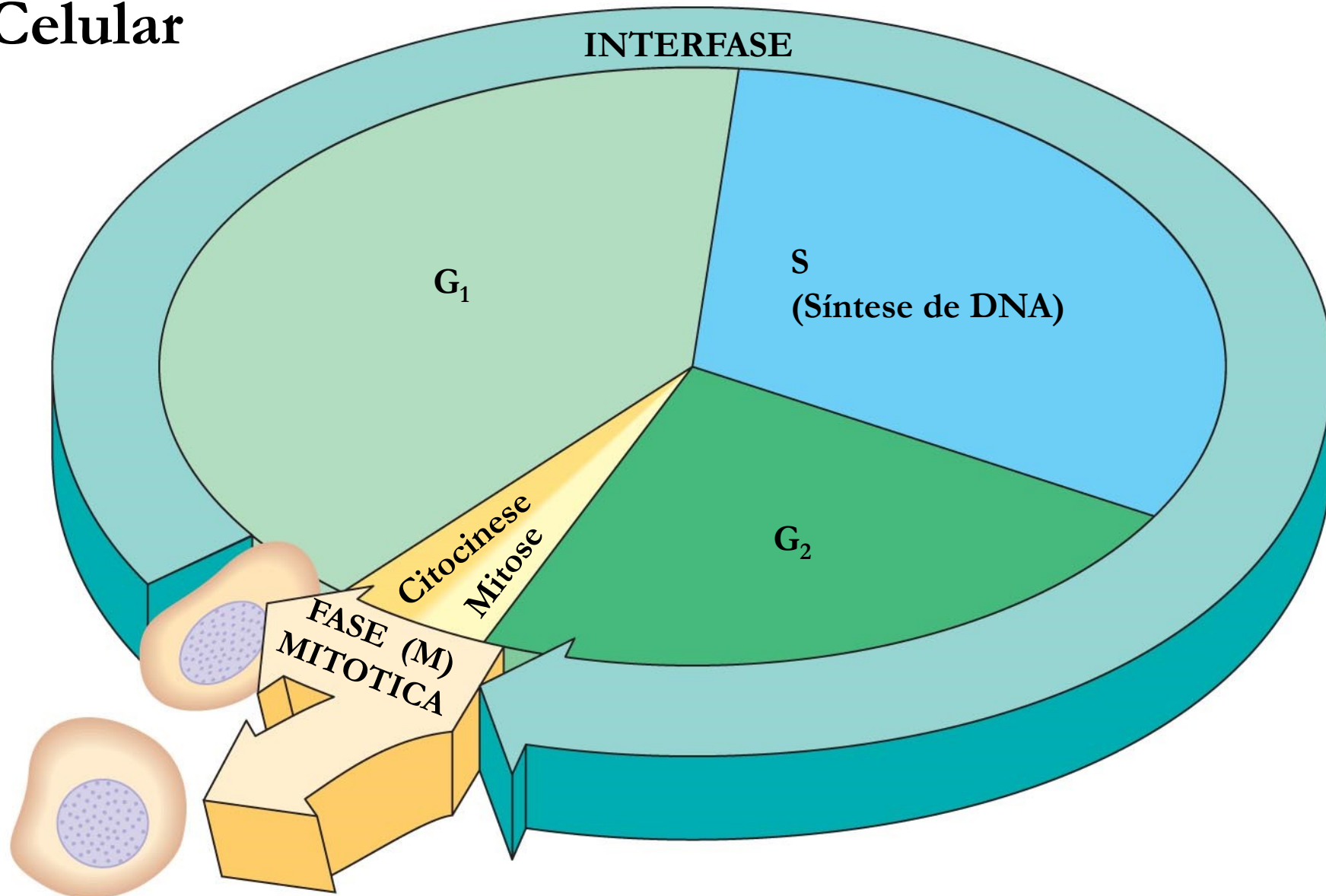
Interfase - é dividida em 3 fases:

- **G1**: Crescimento celular e preparação para a duplicação do DNA nuclear.
- **S**: Duplicação do DNA.
- **G2**: Crescimento da célula e duplicação completa do DNA.

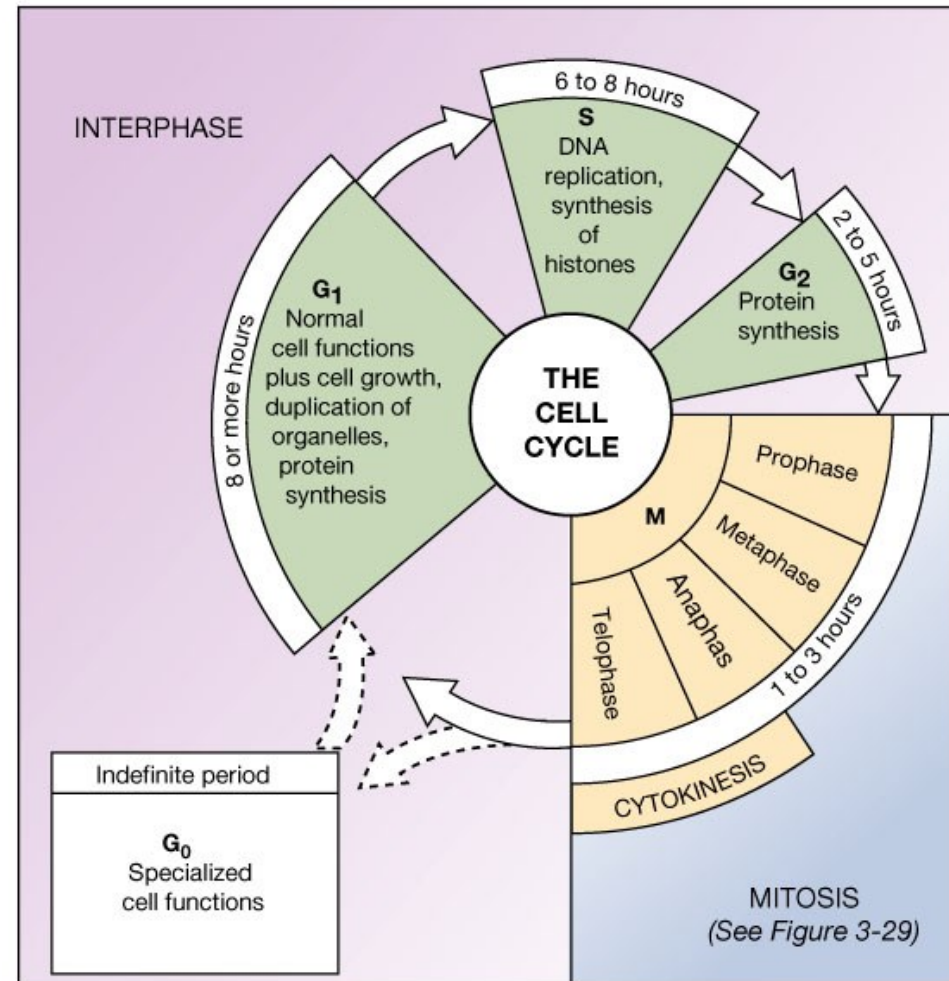
G = *Gap* (intervalo)

S = Síntese

Ciclo Celular



FASE G_0



G₀: célula com ciclo de divisão estacionado em G₁ (animais e plantas), sem atividade fisiológica. Pode ser induzida pelo frio, desidratação. Ex: sementes

Ciclo Celular

- Regulação do ciclo celular – ciclinas e CDKs
- Assegurar cada fase completa antes de prosseguir
 - replicação de DNA e componentes
 - mitose e citocinese
- Responder sinais internos e externos
 - câncer: divisão celular descontrolada
 - apoptose: formação de órgãos, defesa,..

Ciclo Celular

Duração do ciclo celular

- levedura 90 a 120 min; célula hepática - 1 ano!

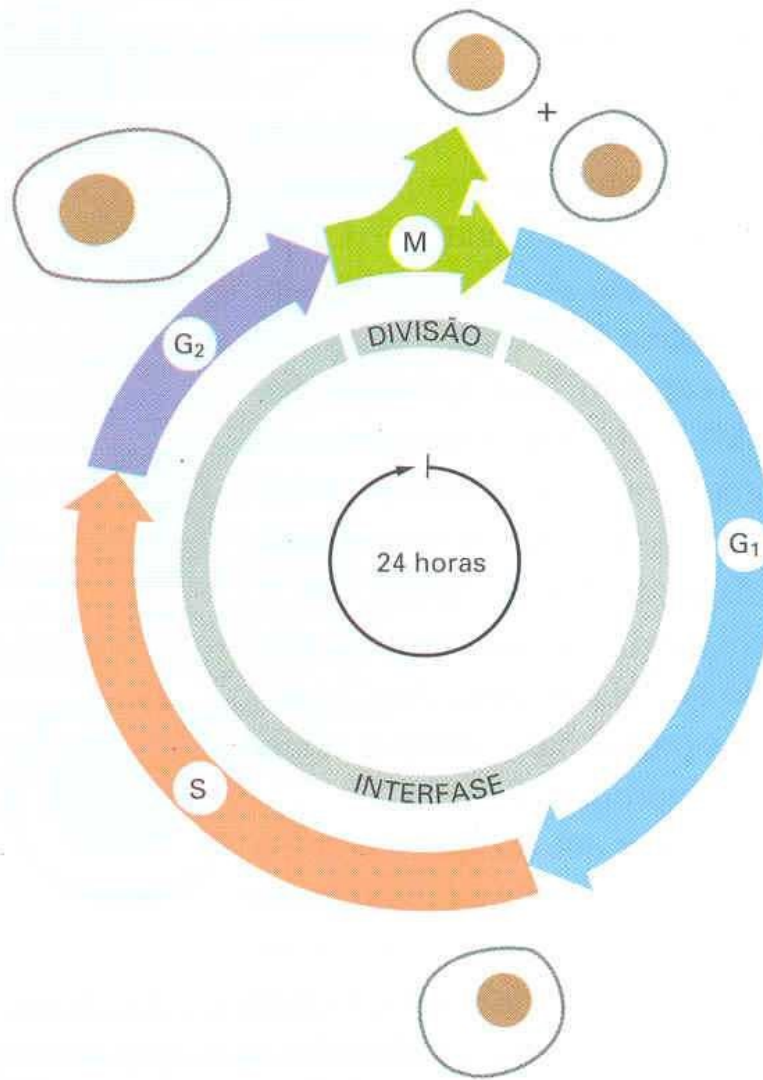
Sequência de eventos do ciclo celular

Fases:

- **Fase M** = mitose e citocinese - mais marcante!
- **Fase S** (síntese) = replicação do DNA
- **Fase G1** = antecede fase S e após fase M
- **Fase G2** = da fase S até fase M
 - pós-sintético e pré-mitótico

Período entre fases M = interfase

Fases do ciclo de divisão celular



Ciclo Celular

Interfase:

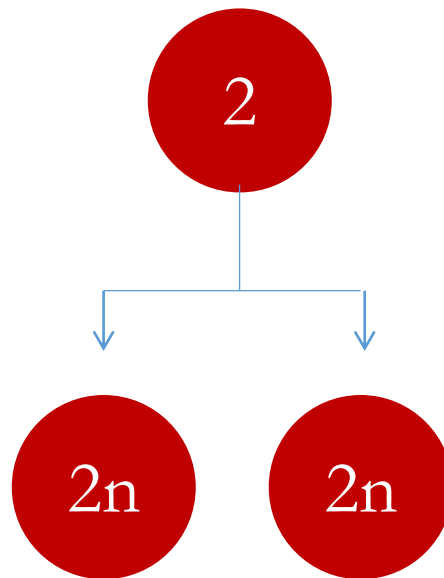
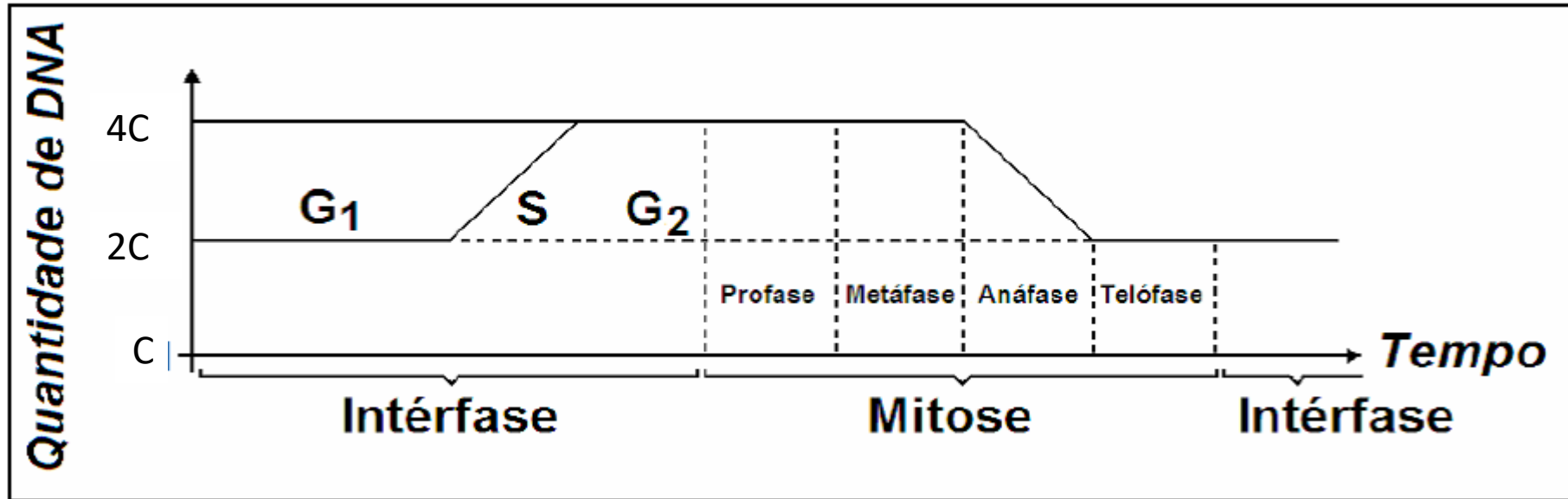
- célula aumenta de tamanho - fase de síntese
- citologicamente: pouca atividade visível
- replicação de DNA – fase S
- G1 e G2: responsáveis crescimento celular
 - duplicar volume para gerar células tamanhos iguais
 - embrião: redução tamanho da célula
- duplicação de organelas

Ciclo Celular

Fase M (Mitose)

- condensação dos cromossomos
 - individualização para separação
 - mitose: divisão nuclear
 - citocinese: divisão citoplasmática
-
- organelas (mitocôndria e cloroplasto): divisão e distribuição
 - organelas vesiculares: fragmentação e distribuição

Conteúdo de DNA



Ciclo Celular

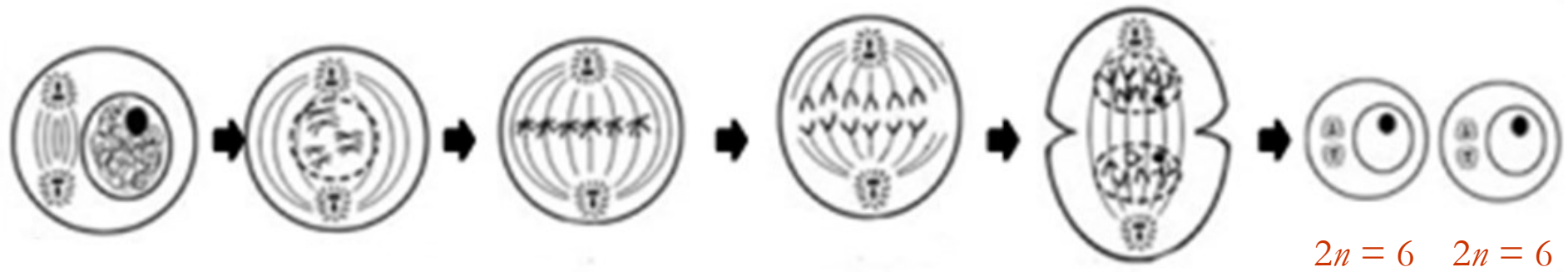
Elementos do Citoesqueleto

- **fuso mitótico:** separação dos cromossomos
 - composto de microtúbulos – ligados ao centrossomo
 - montagem fase G2
- **anel contrátil:** constrição da membrana em animais
 - composto de actina e miosina
 - perpendicular à célula
- em células vegetais processo distinto
- deposição de vesículas e construção de parede celular



MITOSE

FINAL DA INTERFASE PRÓFASE METÁFASE ANÁFASE TELOFÁSE CITOCINESE

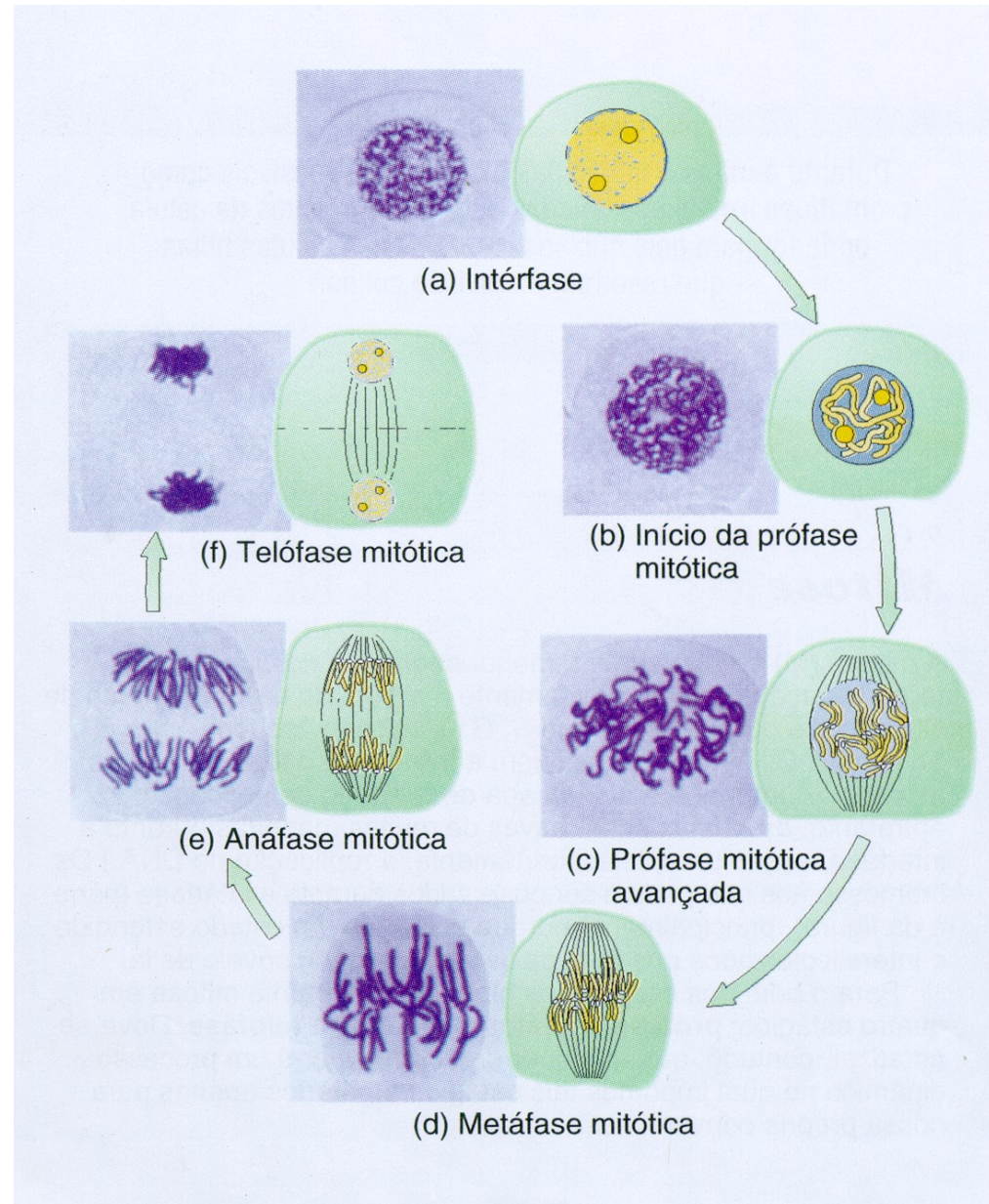


$2n = 6$

$2n = 6$ $2n = 6$

DIVISÃO EQUACIONAL

Fases da mitose



Mitose

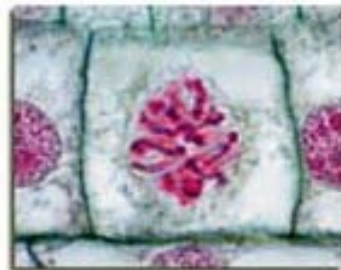
- DNA replicado, cromossomos condensados
- Cromátides unidas por proteínas - **clivagem**

Fases:

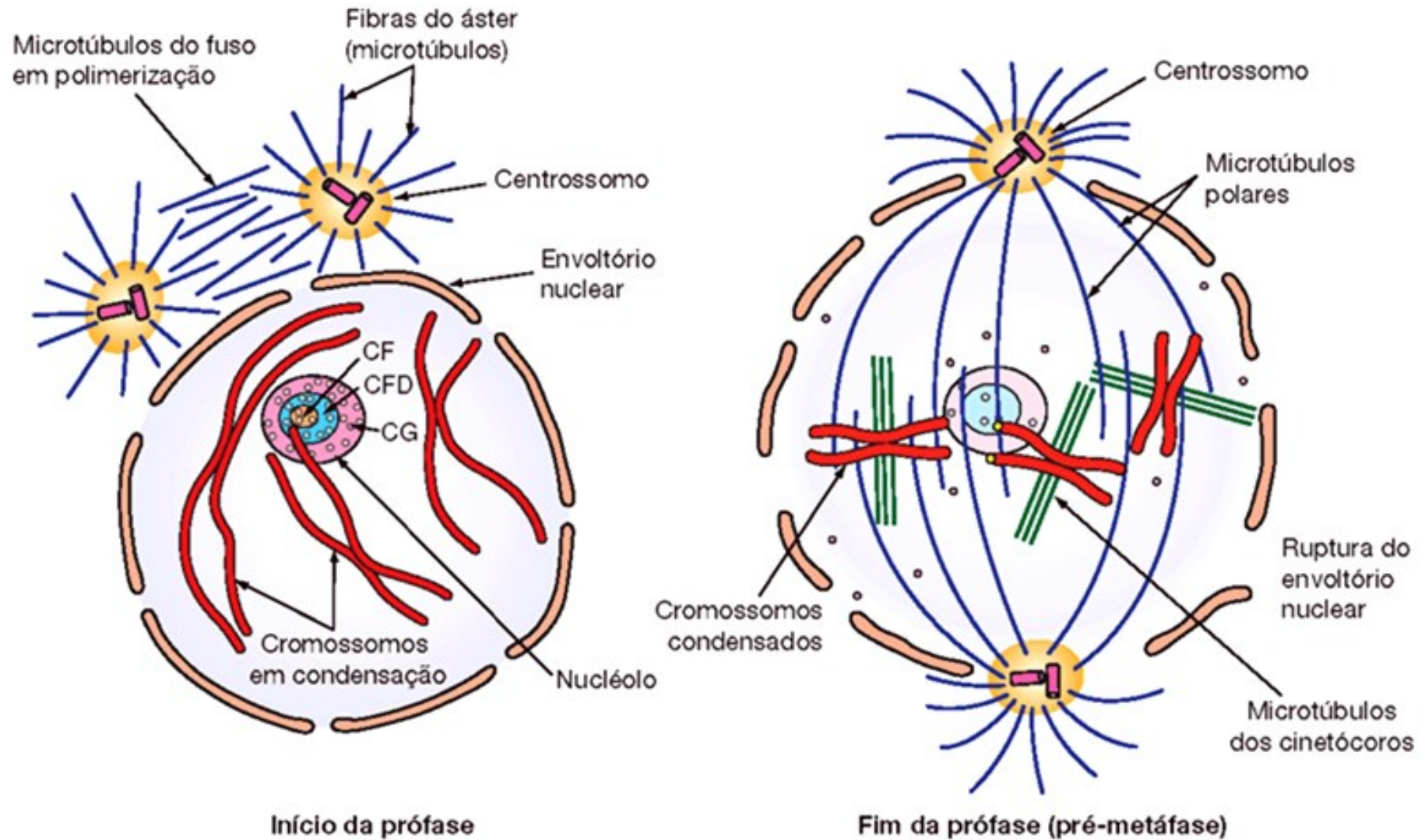
- **Prófase:** cromossomos condensam, formação fuso mitótico
- **Prometáfase:** membrana nuclear rompe e fuso contacta cromátides
- **Metáfase:** fuso leva cromossomos ao centro
- **Anáfase:** separação das cromátides - pólos
- **Telófase:** membrana nuclear refeita

PRÓFASE

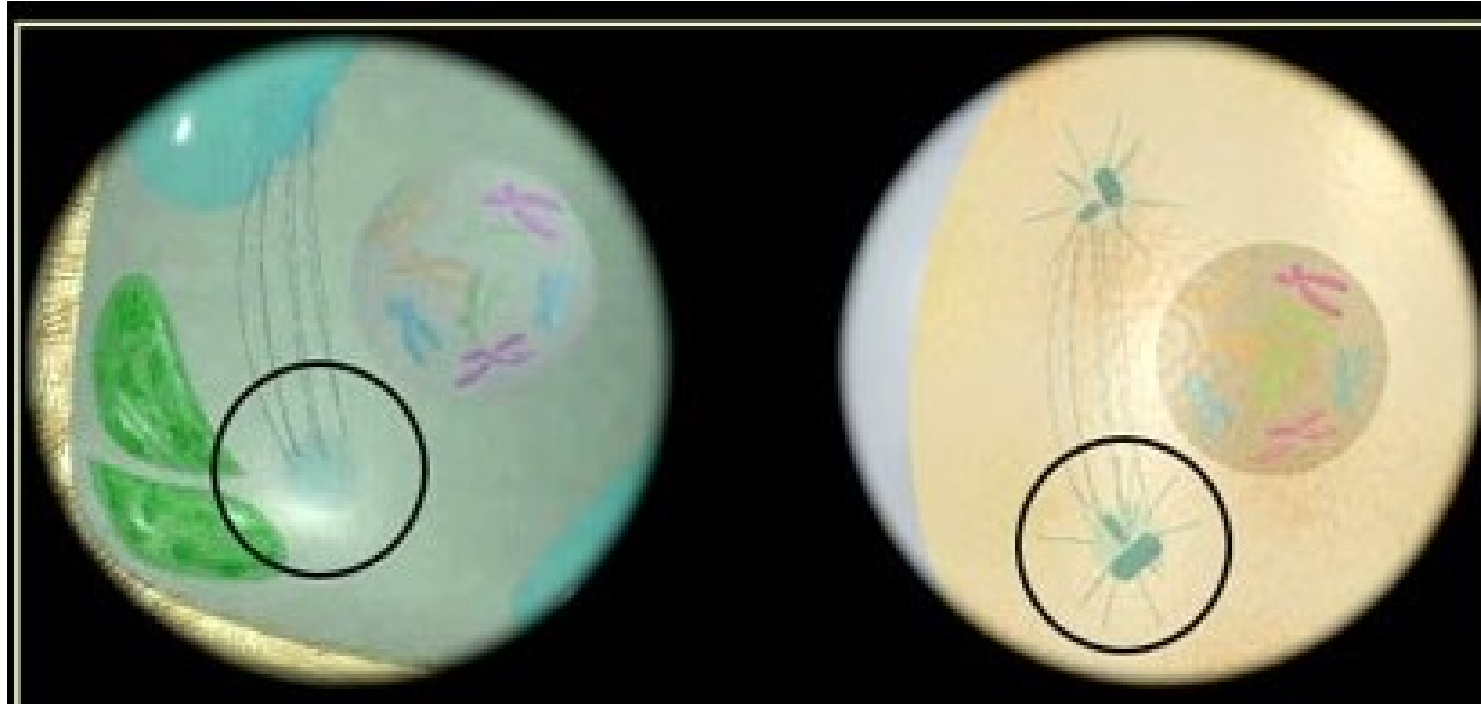
- Cromatina se condensa gradualmente, formando cromossomos bem definidos (no início aparecem como filamentos alongados dispersos pelo núcleo)
- A medida que a Prófase avança, os cromossomos tornam-se mais visíveis (claramente evidenciando as duas cromátides)
- As cromátides irmãs mantêm-se unidas pelo centrômero
- Aparecimento dos fusos mitóticos
- Núcleo desaparece, a desorganização do envoltório nuclear marca o final da prófase



PRÓFASE



PRÓFASE



Célula vegetal

O **centrossomo** em células de plantas organiza os fusos sem a presença de centríolos

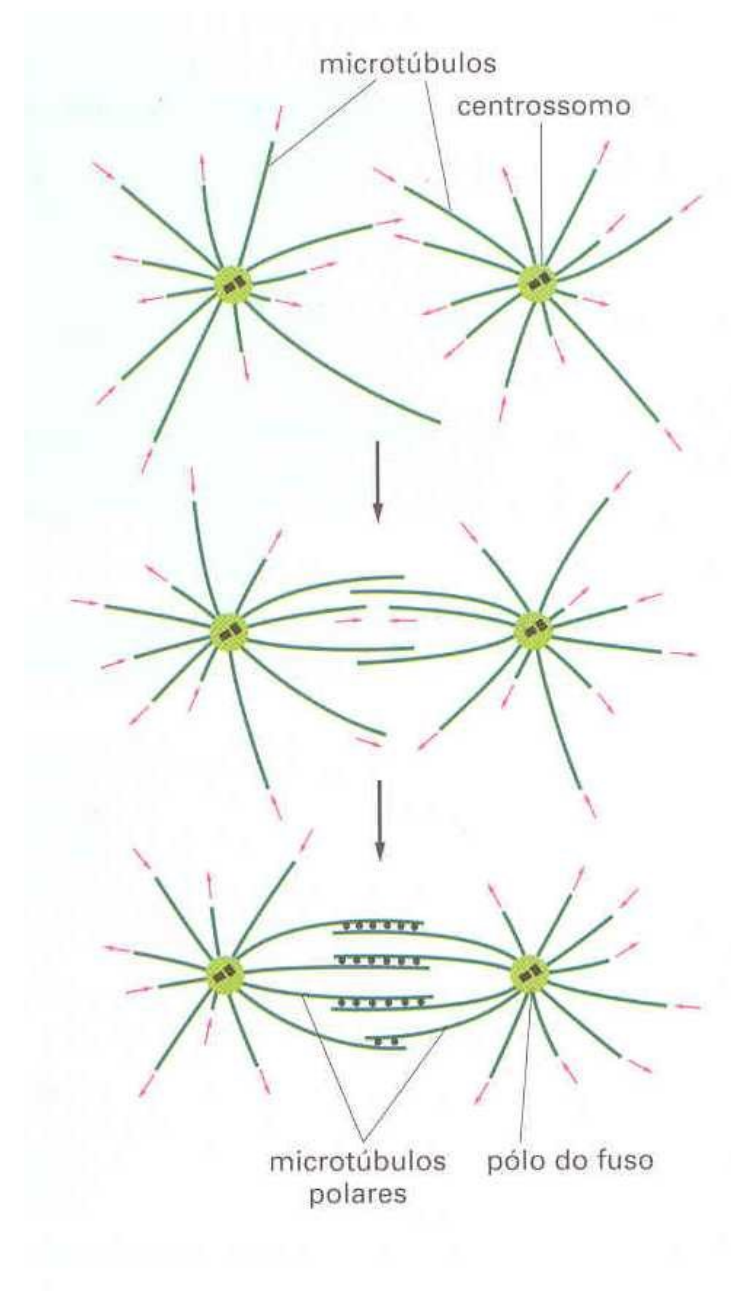
Célula animal

O **centrossomo** em células animais organiza os fusos com a presença de **centríolos** e ásteres

Formação do fuso mitótico

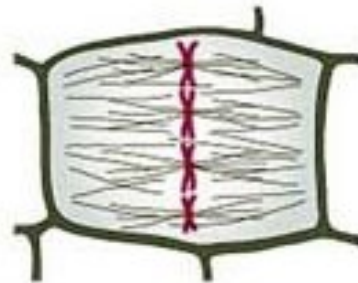
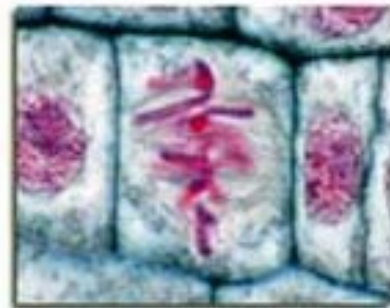
microtúbulos

Centrossomos



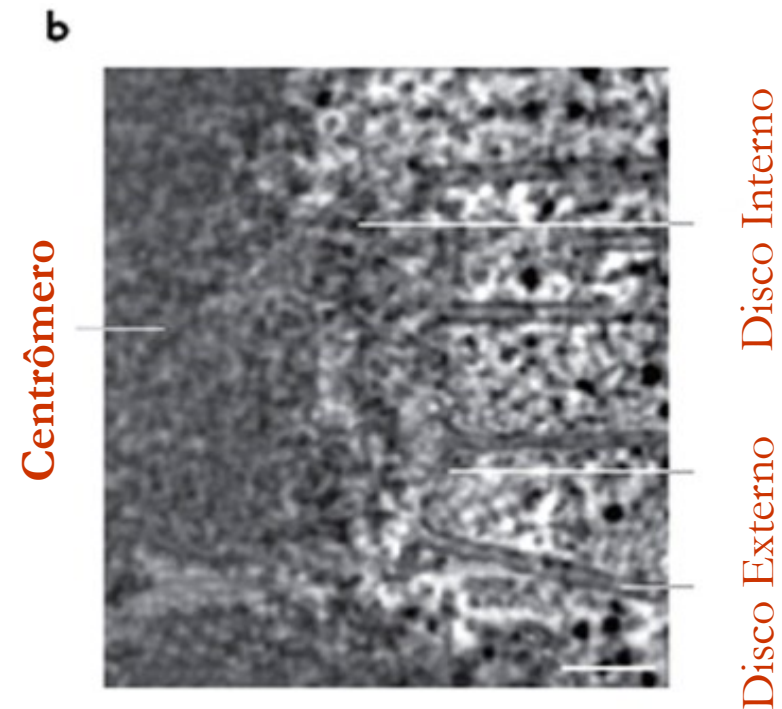
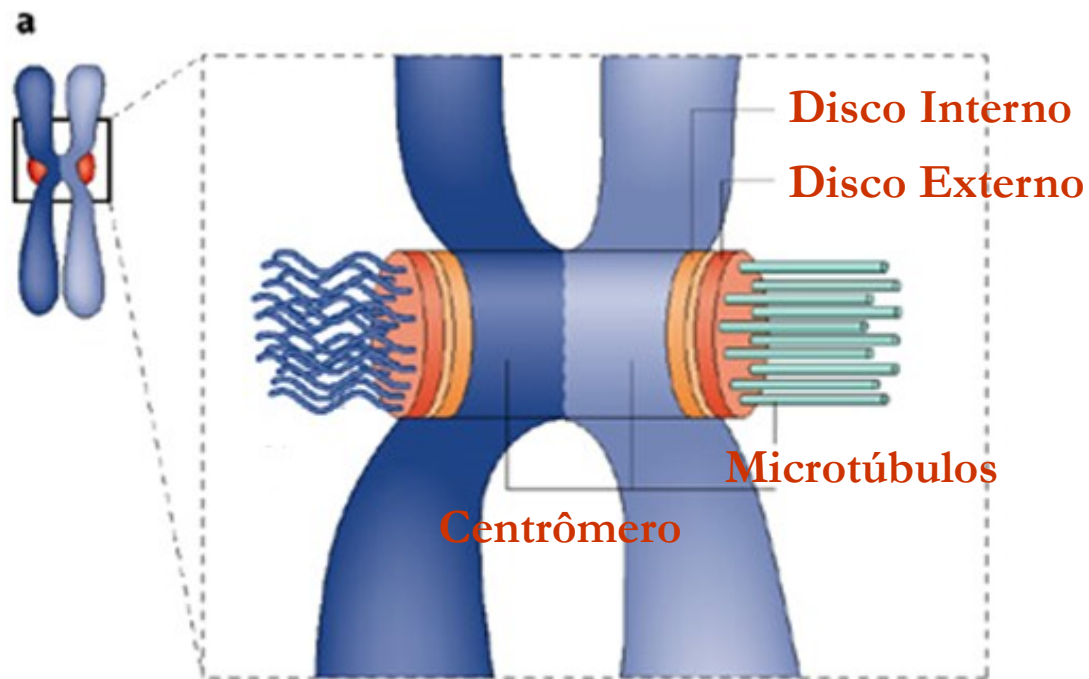
METÁFASE

- Cromossomos se alinham no plano equatorial do fuso mitótico
- **Fuso mitótico:** consiste nas fibras que são feixes de microtúbulos
- Fuso mitótico se liga aos **cinetócoros**
- Os cromossomos alinhados na placa equatorial ou placa da metáfase marcam o final da metáfase.



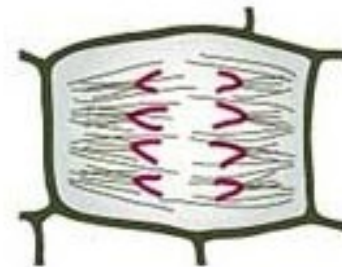
CINETÓCORO – estrutura proteica lateralmente associada ao centrômero de cada cromátide.

- ✓ O disco mais interno se conecta ao centrômero e o mais externo aos microtúbulos que compõem o fuso de divisão
- ✓ Os cinetócoros dirigem a migração dos cromossomos durante a divisão celular.

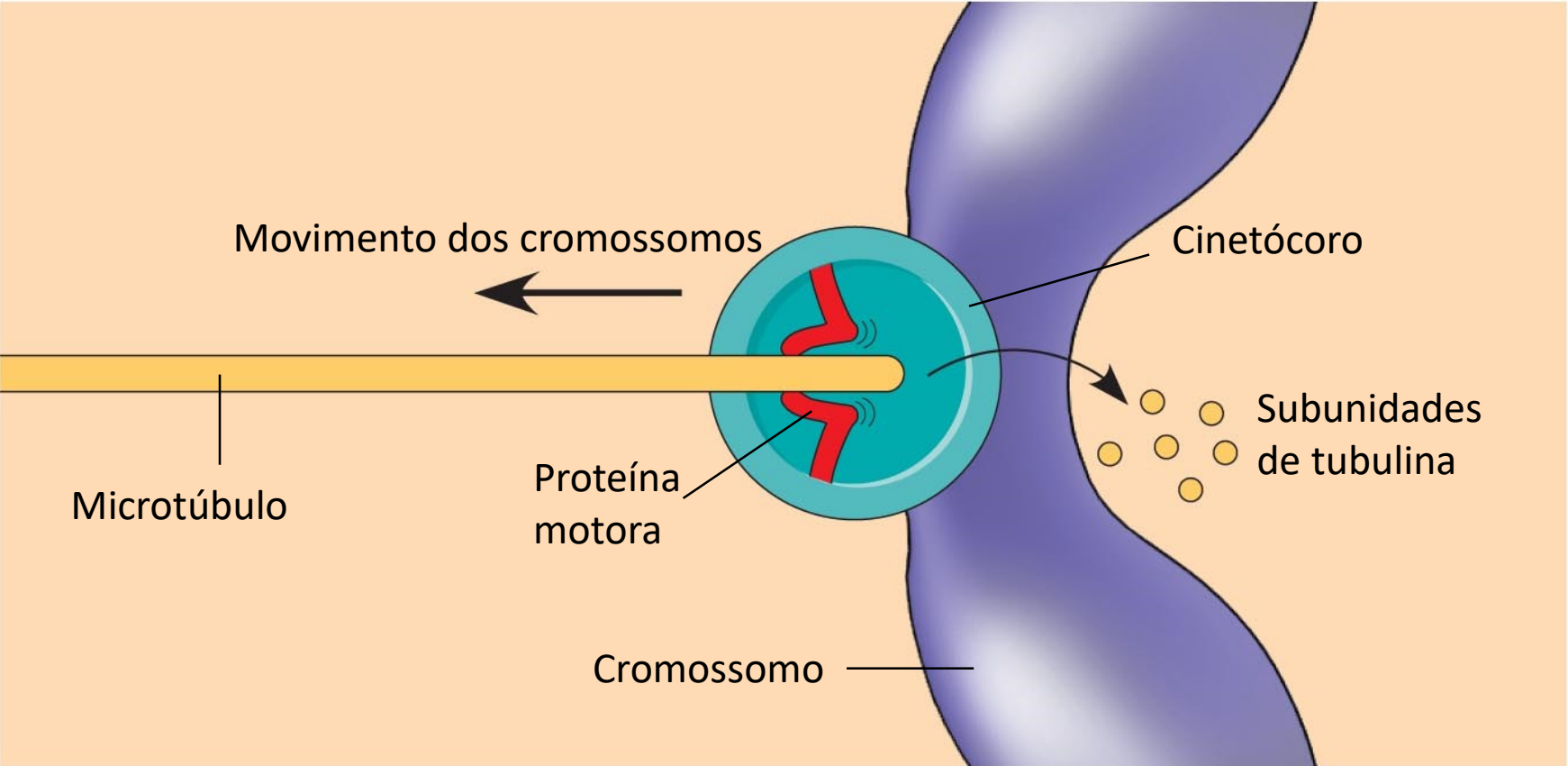


ANÁFASE

- Inicia-se com a **separação das cromátides irmãs** junto aos centrômeros (agora são chamadas **cromossomos filhos**)
- Com o deslocamento dos cromossomos filhos por meio do cinetócoro em direção aos **polos opostos** da célula, os braços dos cromossomos parecem voltados para trás
- Ao final da anáfase, os conjuntos idênticos de cromossomos moveram-se para os polos opostos
- O **encurtamento dos microtúbulos** se dá por perdas de subunidades de **tubulina**. Existem também evidências de proteínas motoras que utilizam ATP no processo para puxar os cromossomos ao longo dos microtúbulos para os polos, enquanto subunidades da tubulina são simultaneamente eliminadas junto ao cinetócoro.



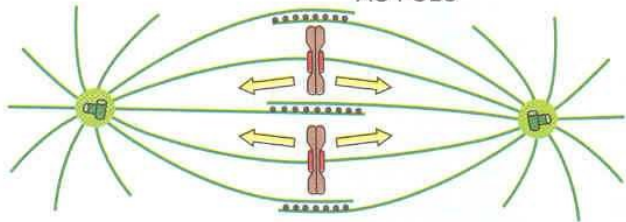
ANÁFASE



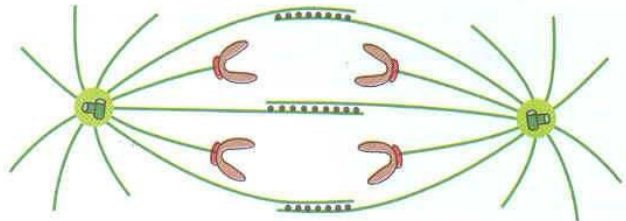
Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

ANÁFASE A

CROMOSSOMOS SÃO PUXADOS EM DIREÇÃO AO PÓLO

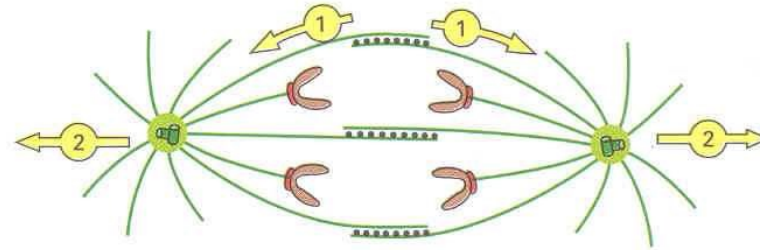


encurtamento dos microtúbulos do cinetocoro; forças produzidas nos cinetocoros para puxar os cromossomos-filhos em direção ao pólo do fuso

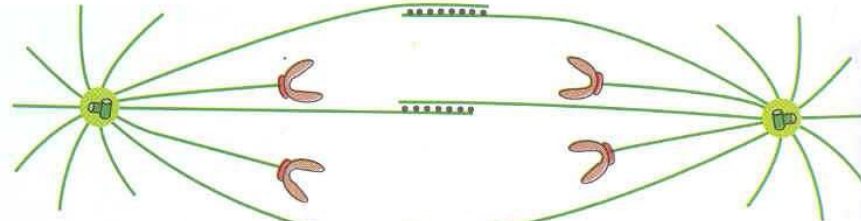


ANÁFASE B

OS PÓLOS SE SEPARAM



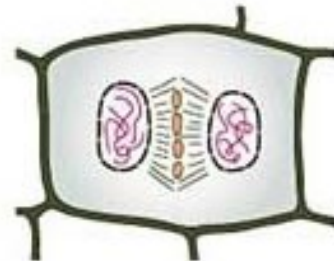
uma força de deslizamento (1) é gerada entre os microtubulos polares de pólos opostos para empurrá-los; uma força de repulsão atua diretamente nos pólos para afastá-los

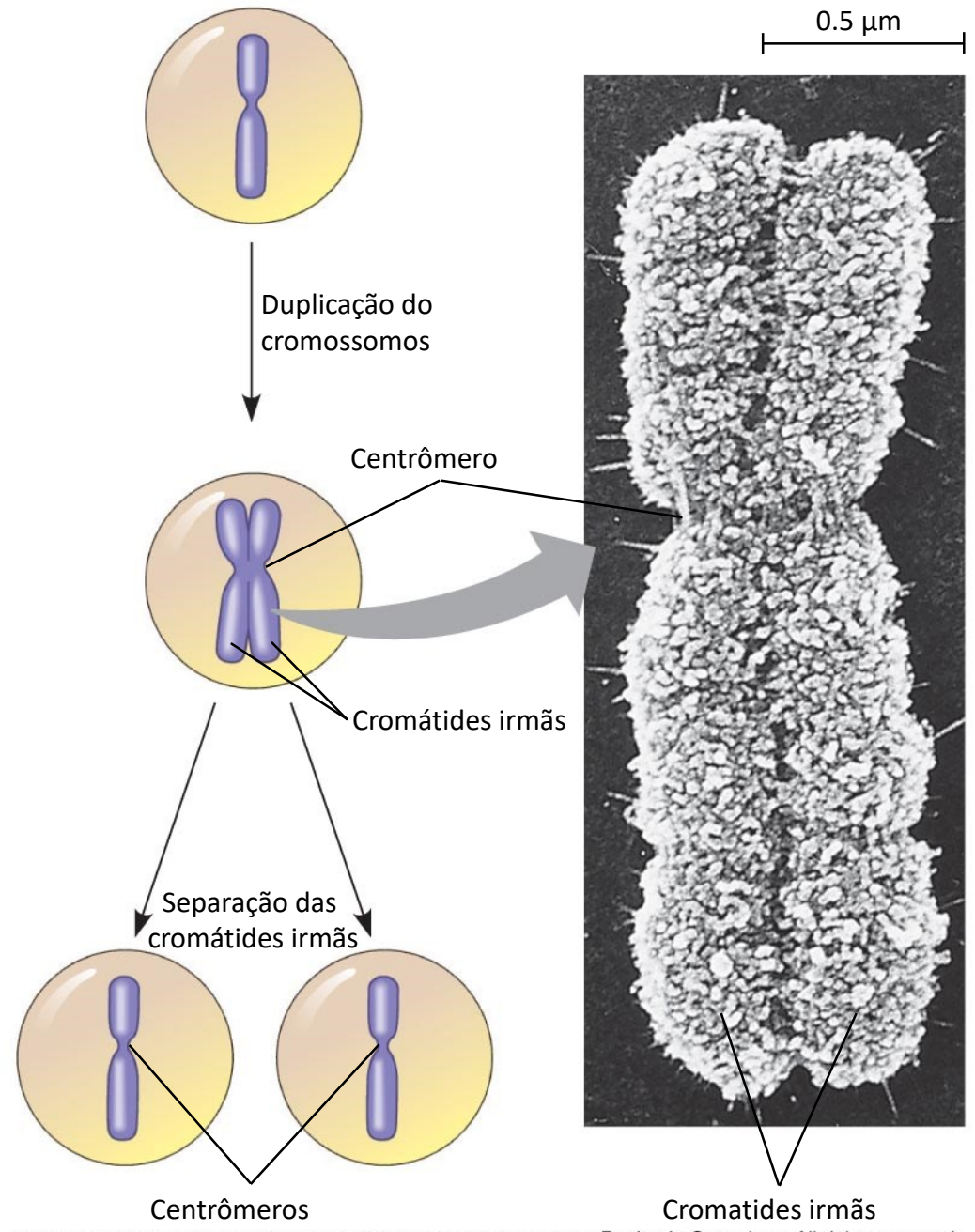


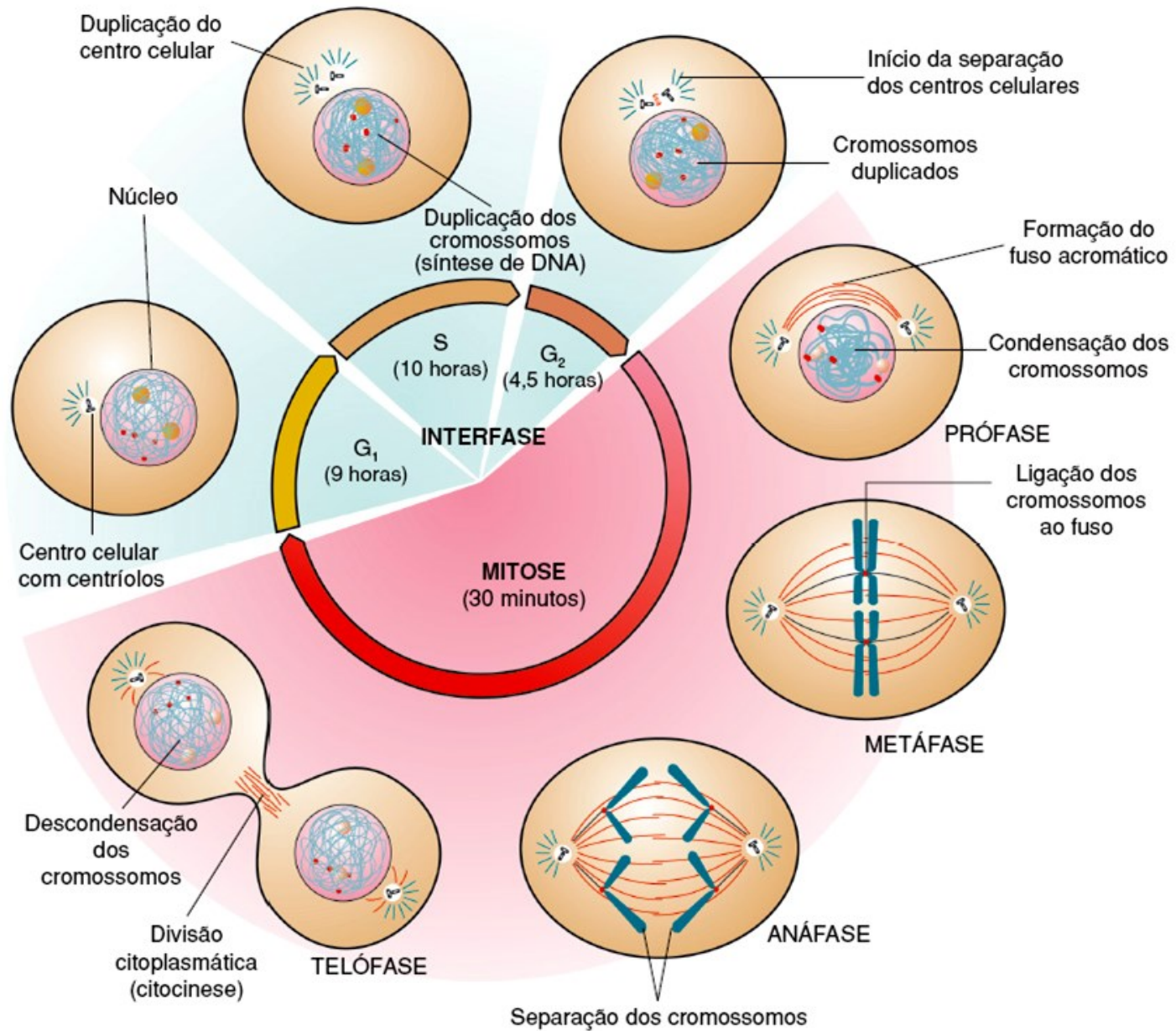
crescimento do microtúbulo na extremidade "mais" dos microtúbulos polares

TELÓFASE

- **Envoltório nuclear é reorganizado** ao redor de cada lote de cromossomos;
- As membranas desses envoltórios são derivadas de vesículas do retículo endoplasmático
- Os **fusos mitóticos** desaparecem
- Os cromossomos descondensam
- Reorganização dos nucléolos
- Quando a telófase está completa, os núcleos filhos entram em **interfase**

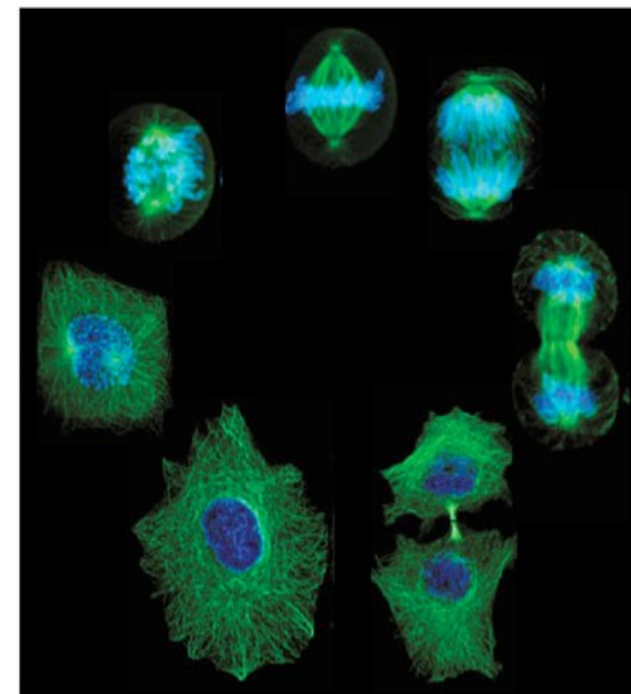


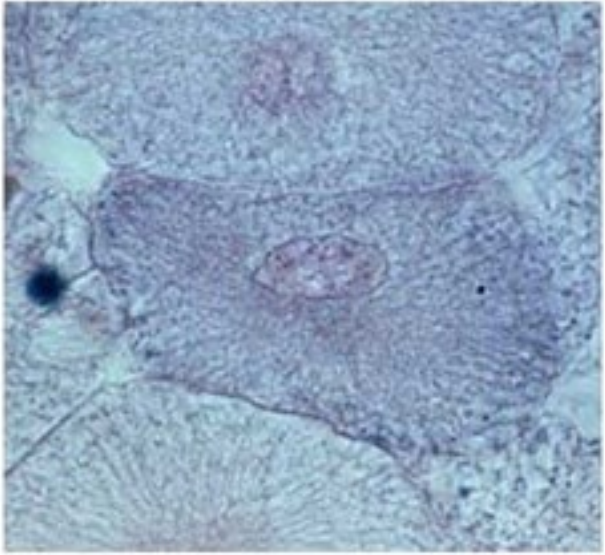




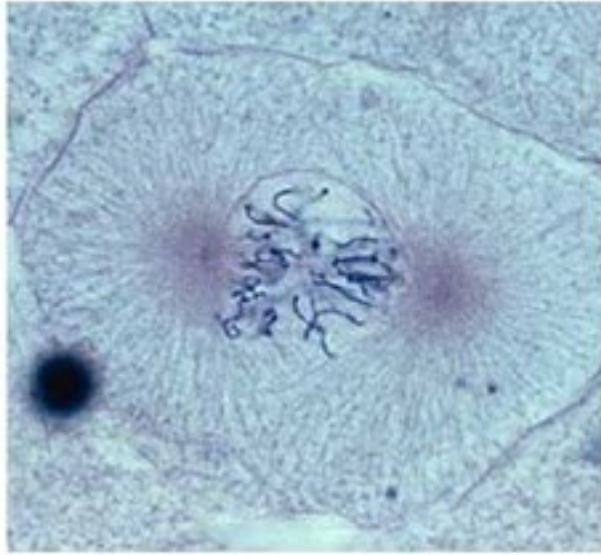
Célula Animal

Yong Wan Lab

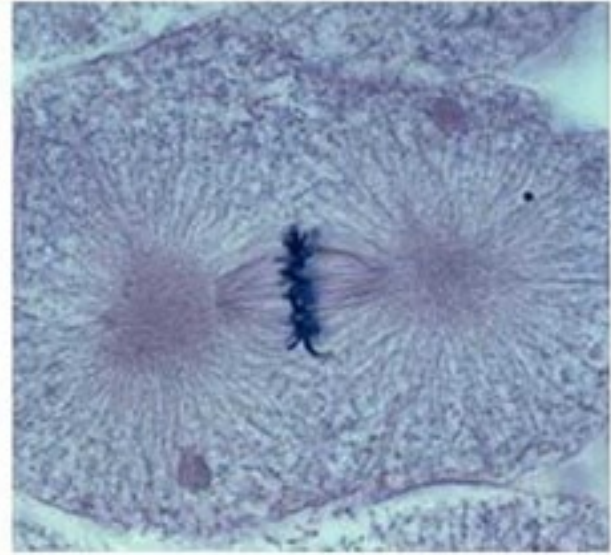




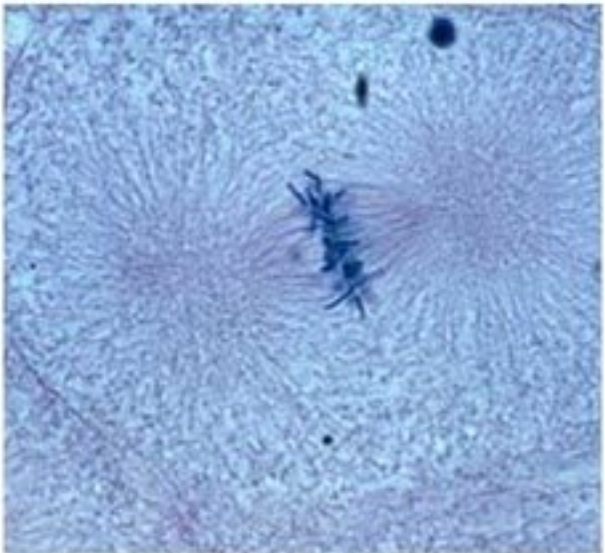
Interfase



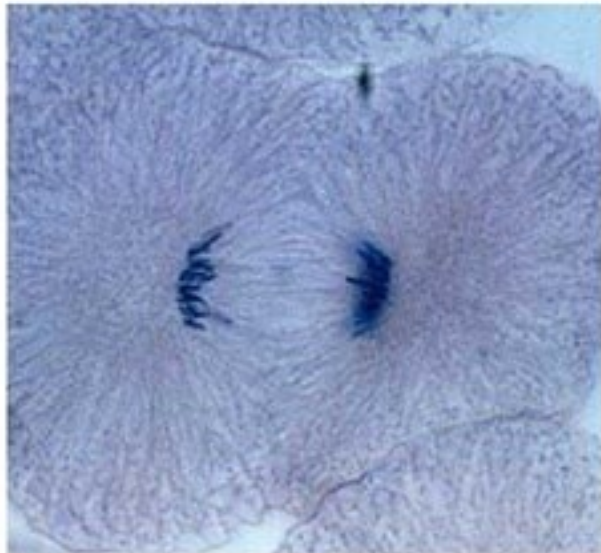
Prófase



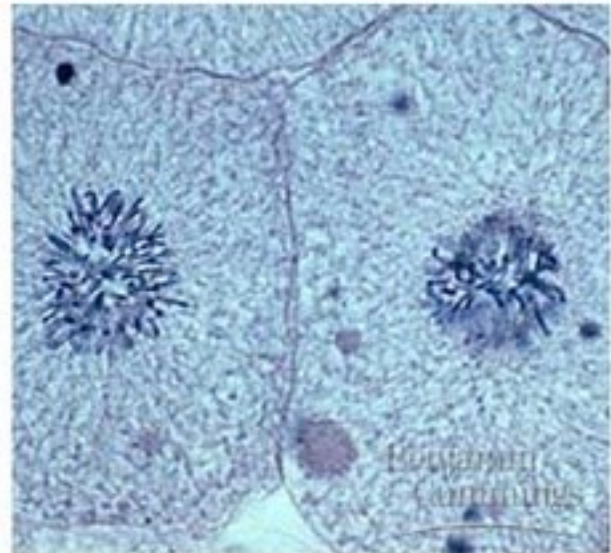
Metáfase



Anáfase

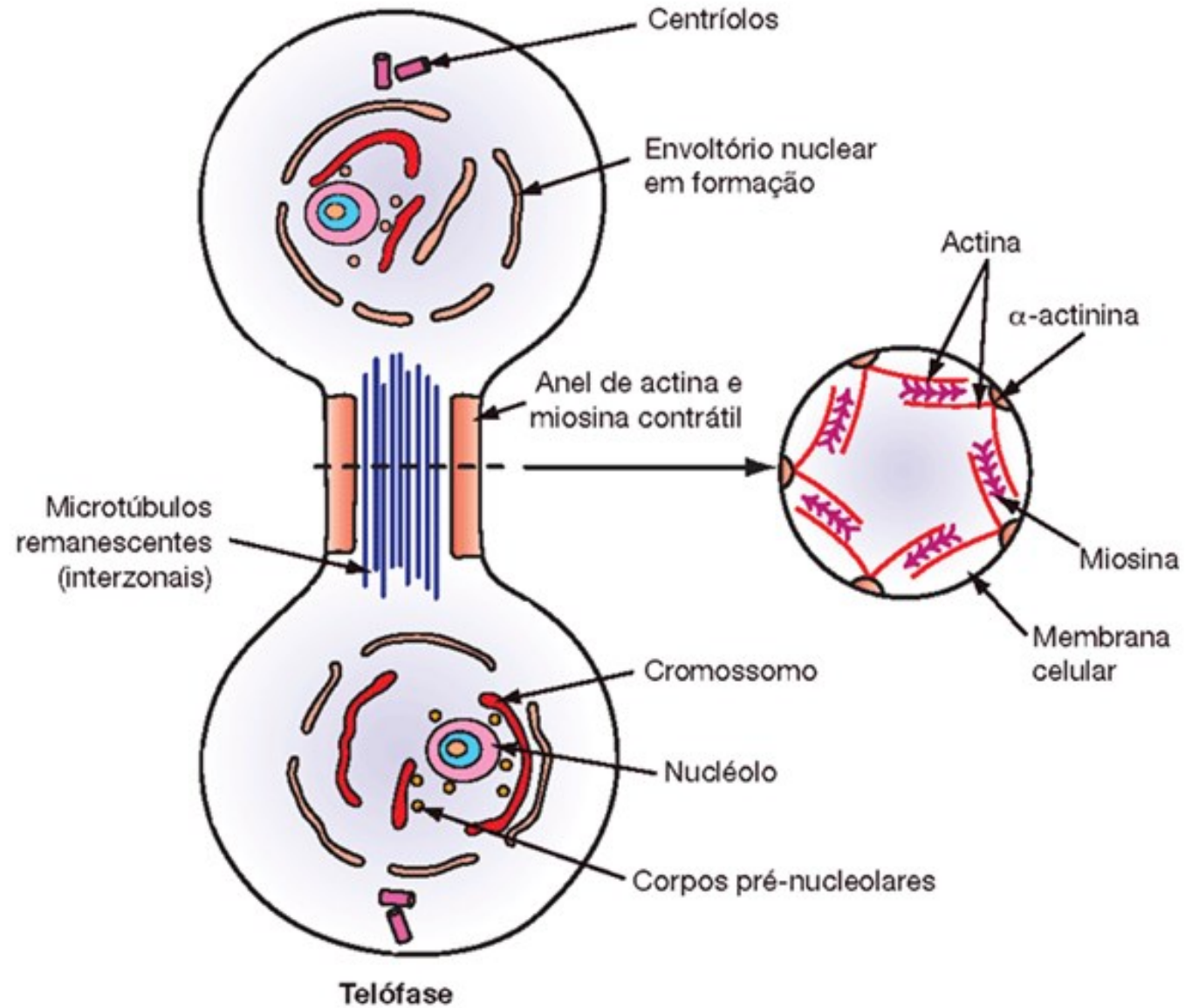


Telófase (início)



Telófase (final)

Citocinese em Animais

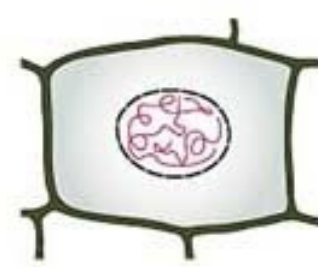
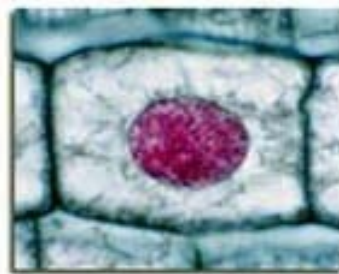


Célula Vegetal

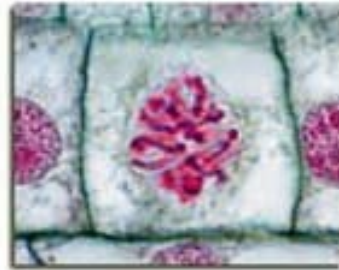
Microscopia de luz da ponta da raiz de cebola



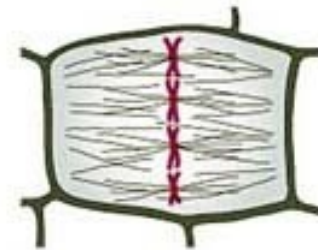
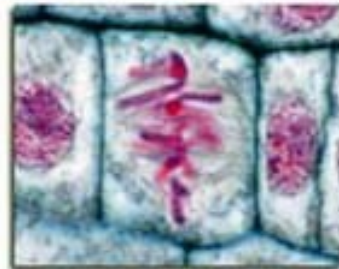
Célula Vegetal



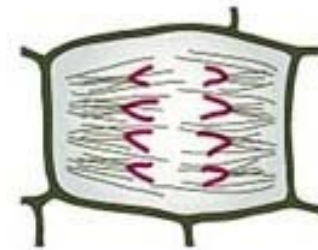
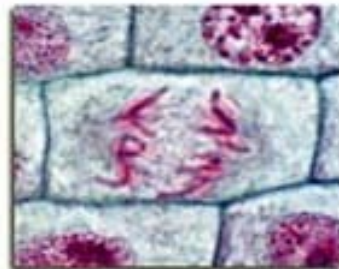
Interfase



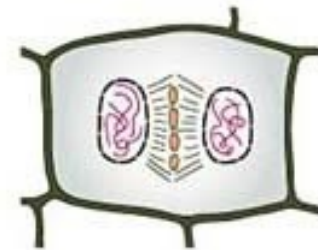
Prófase



Metáfase



Anáfase

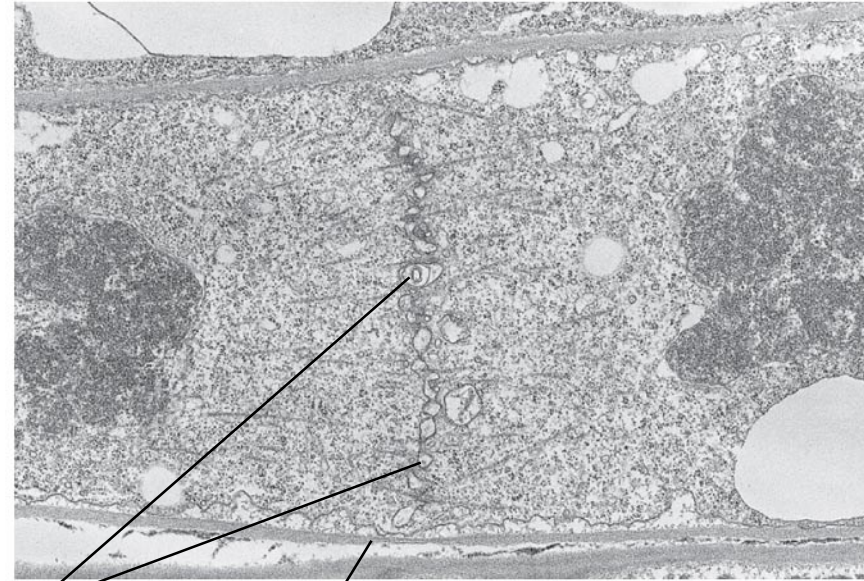


Telófase

Citocinese em Plantas

- ✓ O núcleo deve deslocar-se para o centro da célula
- ✓ O complexo de Golgi origina microvesículas que se depositam na região central do citoplasma
- ✓ Essas microvesículas organizam-se do centro para a periferia celular, culminando com a formação de uma placa denominada **fragmoplasto**
- ✓ A fusão das vesículas do **fragmoplasto** determina a formação de uma membrana fina e elástica, constituída de pectatos de cálcio e magnésio, que é denominada **lamela média**
- ✓ Ao redor da lamela média ocorre deposição de celulose, de maneira a formar as paredes que acabam delimitando as duas novas células.

Citocinese em Plantas



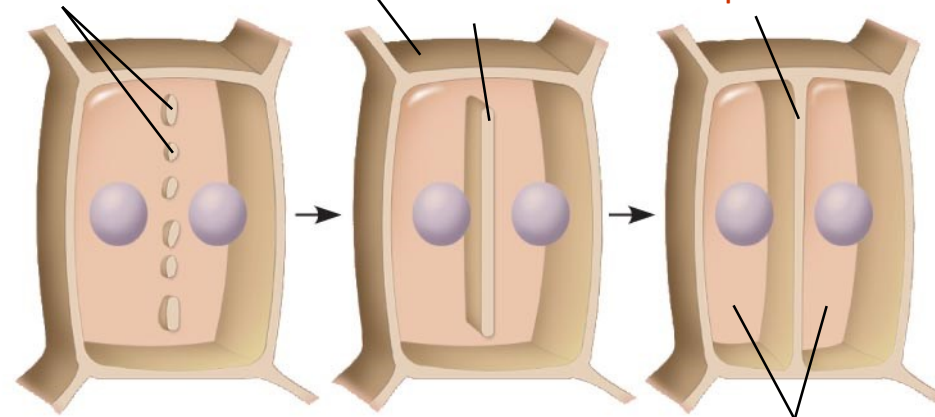
Vesículas formando a placa celular

Parede celular da célula mãe

1 μm

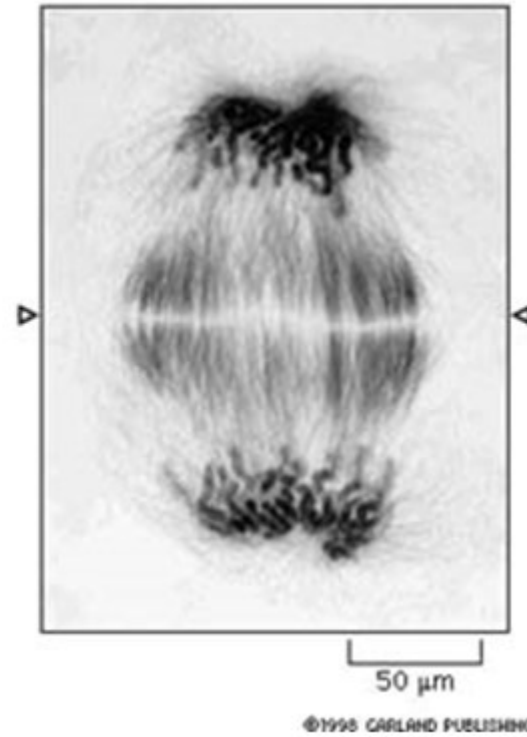
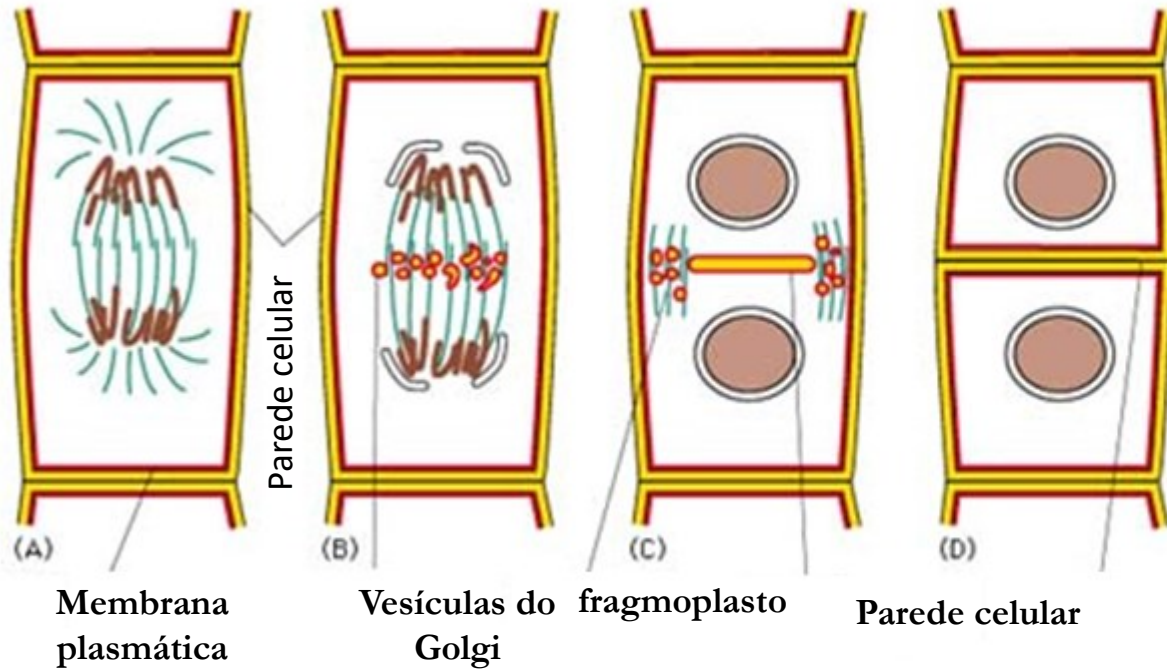
Placa celular

Nova parede celular



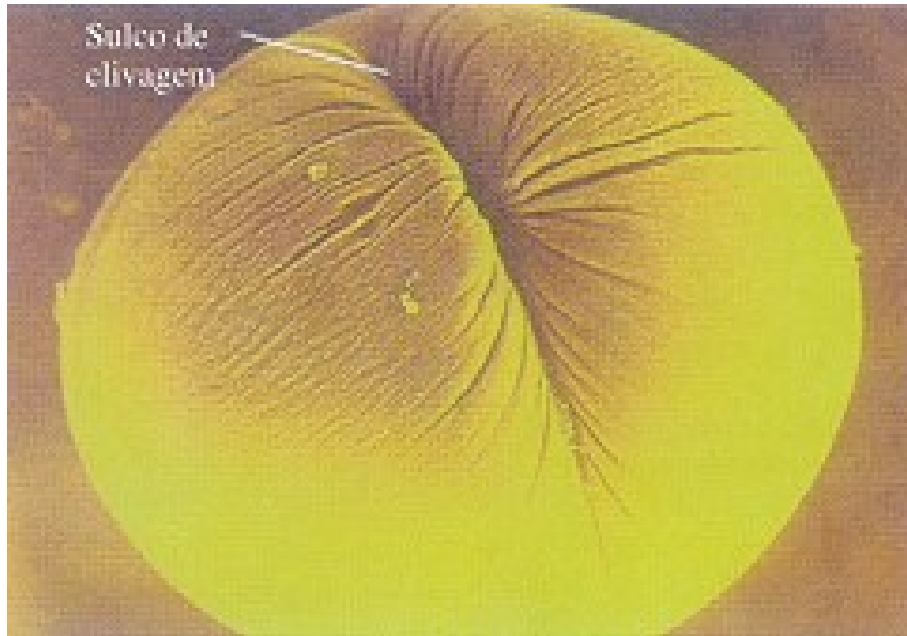
Células filhas

Citocinese em Plantas

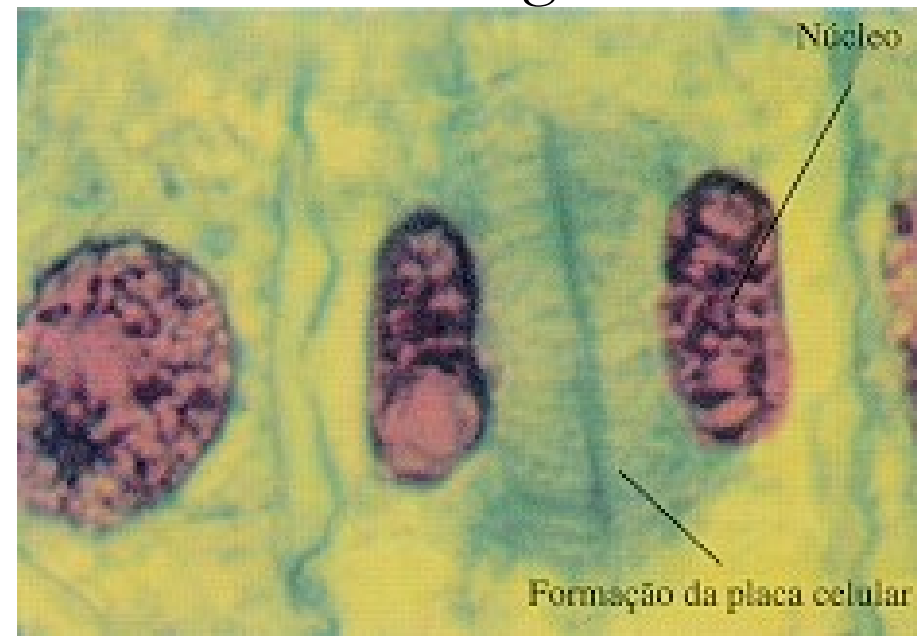


Citocinese

Célula animal



Célula vegetal



VISUALIZANDO A MITOSE

<http://www.youtube.com/watch?v=zsgOI04PESI&feature=fvwrel>

http://www.youtube.com/watch?v=rgLJrvoX_qo&feature=related

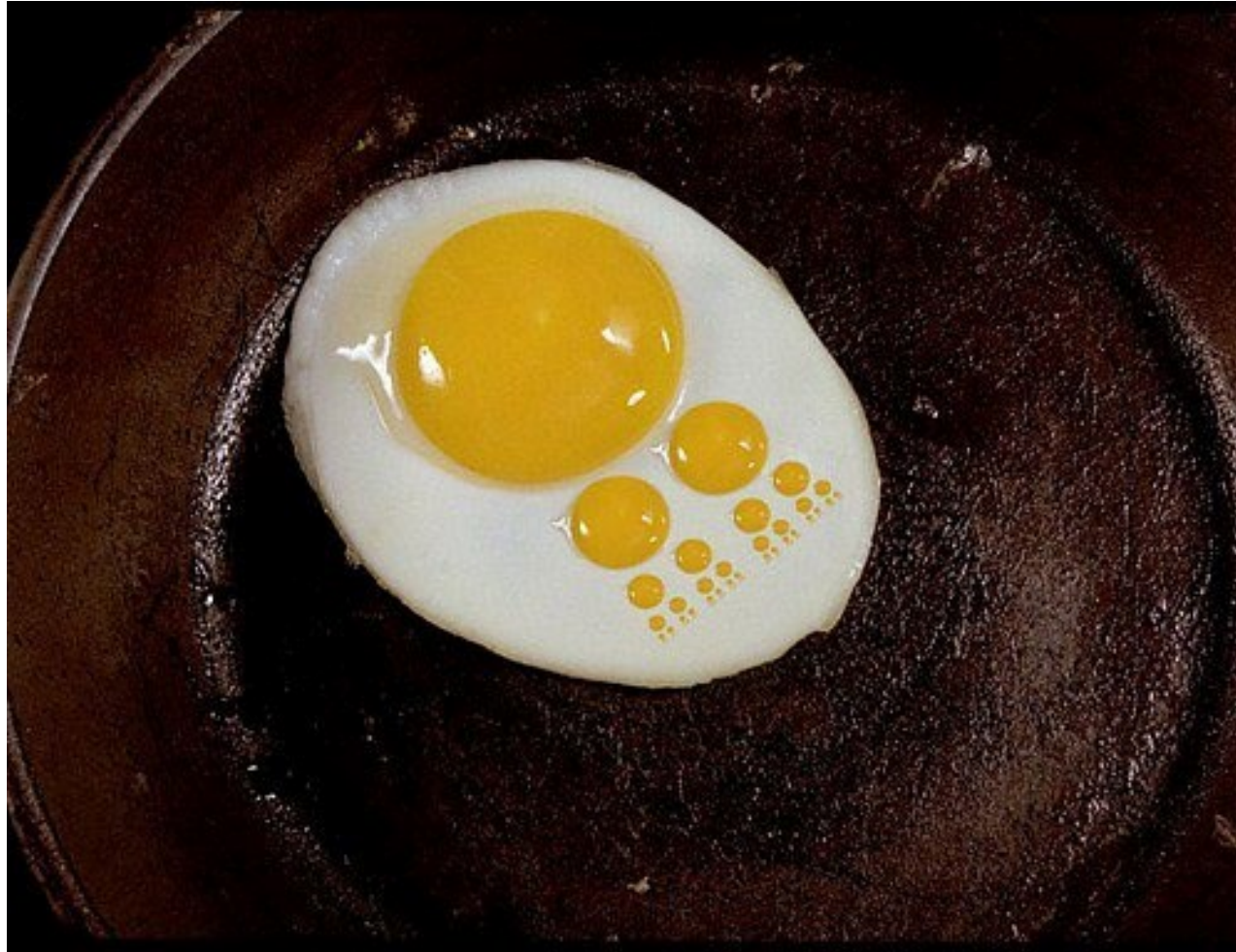
<http://www.youtube.com/watch?v=lf9rcqifx34&feature=related>



<https://www.youtube.com/watch?v=Hm03rCUODqg&feature=related>

Lembre-se...

Mitose é equacional gerando células filhas idênticas



Anomalias na segregação que geram poliplóides!!

ESTUDO DIRIGIDO

1. Ciclo celular
2. Etapas da interfase
3. Etapas da mitose
4. Proteínas associadas à regulação do ciclo celular: quinases e ciclinas

Capítulo 18 –O Ciclo da divisão celular (páginas 609 – 638)

Alberts, B.; Bray, D.; Hopkin, K.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.;

Roberts, K.; Walter, P. 2011. *Fundamentos da Biologia*

Celular. 3ª Edição brasileira. Artmed, Porto Alegre

