

# APONTAMENTOS SOBRE MITOSE E MEIOSE

Adiel Paes Leme Zamith

*Assistente de Zoologia, Anatomia e Fisiologia dos Animais Domésticos  
da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*

## MITOSE

(Plancha I)

**Divisão celular :** A divisão celular ou multiplicação pode-se efetuar de um modo simples em que o núcleo se divide em dois pedaços, sendo essa divisão seguida por outra do citoplasma, na região mediana da célula-mãe. O resultado serão duas células filhas originárias de uma única, sem o aparecimento de modificações notáveis no núcleo. Este processo é também chamado **amitose** e é pouco encontrado na natureza.

O aumento do número de células no corpo de um indivíduo em desenvolvimento se realiza por um processo bastante complicado em que se nota, no interior do núcleo, a presença de filamentos que se movem ativamente e se comportam de maneira muito característica. Este processo se denomina **mitose**.

Os filamentos receberam o nome de **retículo cromático** no núcleo em início de divisão e de **chromossômios** quando se apresentam individualmente distintos.

Partindo-se de uma célula em repouso, que vai iniciar a divisão, encontramos o núcleo com sua membrana envolvente, a cariolinfa, os nucléolos em um retículo filamentososo composto de chromossômios muito distendidos (Fig. 1).

Quando o núcleo entra em divisão ou inicia a **prófase**, gradualmente o retículo começa a se tornar mais evidente, até revelar-se composto de flos muito longos, livres e independentes

na massa de cariolinfa. Cada vez mais os cromossômios vão se evidenciando e encurtando. O núcleo apresenta ainda membrana envolvente. Os nucléolos vão diminuindo de tamanho e desaparecem. (Fig. 2).

Na prófase adiantada os cromossômios, já bem encurtados, poderão ser contados. Neste momento pode-se constatar que cada cromossômio se apresenta dividido.

Ao entrar em prófase a célula vai apresentando um elemento novo no citoplasma. É um corpúsculo que se evidencia próximo à membrana nuclear e que logo se divide em dois. Este elemento que recebe o nome de centrossômio, às vezes apresenta-se com um granulo central — o centríolo. Após a divisão desse elemento em dois, os corpúsculos resultantes se dirigem para pontos opostos, demarcando os pólos onde vão funcionar como centros de convegência para os cromossômios. (Fig. 3).

Terminado êsse processo os cromossômios se contraem ao máximo, apresentando formas características: bastonetes, esferas, elipsóides, etc. Estas formas são permanentes para cada cromossômio. Como conclusão da fase temos cromossômios de formas definidas e havendo sempre dois elementos de cada forma. E assim entramos na metáfase.

**Metáfase:** Esta fase é caracterizada pela dissolução da membrana nuclear, máximo encurtamento dos cromossômios e afastamento máximo dos centrossômios. O conteúdo celular fica mais fluido facilitando os movimentos do cromossômios.

Êstes apresentam certos caracteres muito notáveis: são constantes em número e forma para cada espécie. Assim, se examinarmos os tecidos embrionários do homem encontraremos sempre 48 cromossômios, no pombo 60 e em muitos gafanhotos de 20 a 30. Esta constância numérica é tão generalizada que resultou em lei biológica. "Qualquer que seja o número que a espécie apresente, êsse número é sempre constante".

Precisamos estar lembrados de que a constância numérica é um caráter específico, sendo que muitas espécies podem apresentar o mesmo número de cromossômios.

Assim, os Hemípteros *Diactor bilineatus*, *Leptoglossus gonagra* e *Phthia picta* apresentam 21.

Nesta fase podemos distinguir na célula duas partes, uma central ou equatorial e outra apical ou polar. Devido a essa divisão podemos ter segundo o foco microscópico duas vistas: polar e lateral. (Fig. 4).

A vista lateral vai nos mostrar os centrossômos nos polos e os cromossômos em uma faixa central. A visibilidade dos diversos cromossômos só é possível modificando-se o foco do microscópio: afundando-o vamos ver os cromossômos do semi-círculo inferior e levantando-o veremos os do semi-círculo superior. (Fig. 5).

Dos centrossômos se destacam fibras que os unem aos cromossômos, formando o **fuso acromático**. Acromático, porque não se colore com os corantes próprios da cromatina. Estas fibras não vão se prender aos cromossômos em qualquer ponto, mas em um ponto fixo, determinado para cada cromossômo. Este ponto recebeu o nome de **ponto de inserção, constrição primária, centromério** ou **cinetocore** e pode ser terminal, sub-terminal ou central. No *Tityus bahiensis* foram descobertos cromossômos normalmente providos de dois pontos de inserção: um em cada extremidade. O mesmo se dá com todos os representantes da ordem Hemiptera até hoje investigados.

Nos cromossômos monocêntricos parece que o cinetocore nunca se encontra exatamente na extremidade, sendo todos eles provindos de dois braços, embora um possa ser extremamente pequeno.

No ponto de inserção raramente se pode pôr em evidência, por métodos especiais, um grãozinho que recebeu o nome de esférula, ao qual se vem prender a fibra do fuso.

Nã metáfase as duas metades longitudinais dos cromossômos se mostram bem separadas. (Fig. 6).

Lembremos para bem entender a divisão mitótica que na estrutura dos cromossômos distingue-se uma massa de matriz envolvida por uma película de existência ainda discutível, contendo no seu interior duas espirais, os **cromonemas**, nos quais se encontram os cinetocores.

O rachamento ou fendilhamento longitudinal do cromossômo separa um cromonema para cada lado.

**Anáfase :** Os cromossômios que na metáfase procuraram a placa equatorial da célula, pois a membrana nuclear foi dissolvida, encontram-se agora bem fendidos longitudinalmente. Fibras fusoriais ligam centrossômios a centromérios, ou, em outras palavras, ligam os cromossômios aos pólos, havendo fibras que passam de pólo em pólo. (Fig. 7).

Na anáfase começa a caminhada dos meio cromossômios para os pólos opostos, sendo esta caminhada iniciada pela parte que contém o ponto de inserção, na qual parece concentrar-se a atividade mitótica dos cromossômios.

Numa anáfase média pode-se observar a forma dos cromossômios devida à localização dos respectivos pontos de inserção. Essas formas podem ser de V, quando o ponto de inserção é mediano, de J quando sub-terminal, e de bastonete quando terminal. No *Tityus* e nos **Hemípteros** os cromossômios apresentam-se em arco, com a concavidade voltada para os pólos, por apresentarem pontos de inserção nas extremidades.

Ao progredir da anáfase vamos observando que os cromossômios se aproximam cada vez mais dos pólos, deixando no espaço entre uma placa e outra as fibras intercalares. (Fig. 8).

Sobre a atuação das fibras muito se tem discutido. Uns acham que elas pucham os cromossômios, o que não parece razoável porquanto ao se encurtarem as fibras deveriam engrossar-se, o que não se observa. Outros admitem que o cromossômio vai subindo pelas fibras como plantas nos tutores. Mais modernamente foram as fibras consideradas como o produto da interação de dois pontos, centrossômio e cinetocore, formado na linha que une êsses dois pontos.

No término da anáfase encontramos os cromossômios chegados aos pólos onde mostram ainda livres as extremidades acêntricas. (Fig. 9).

No lugar em que se estabeleceu a placa metafásica, isto é, na zona equatorial, dá-se a divisão, por estrangulamento progressivo, do corpo celular.

Como êste estrangulamento começa pela periferia, as fibras intercalares vão se estreitando na região mediana da cé-

# Plancha I

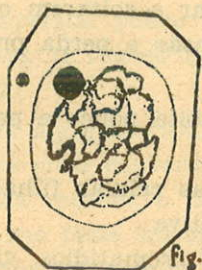


fig.1



fig.2

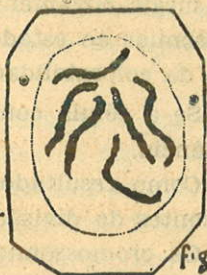


fig.3



fig.4

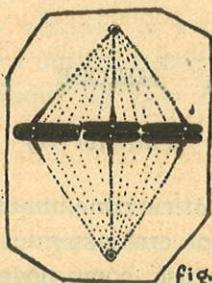


fig.5

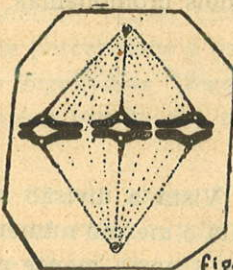


fig.6

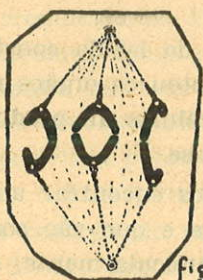


fig.7



fig.8

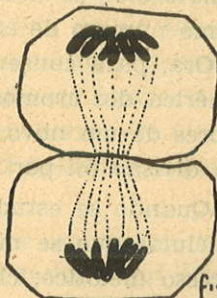


fig.9

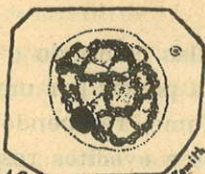
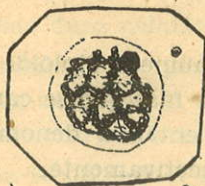


fig.10

fig.10

lula, formando um corpo intercalar que acaba por se romper ao se completar a divisão da célula.

Já antes da divisão da célula, entramos na **telófase**, que faz surgir novamente a membrana nuclear e voltarem os cromossômios ao estado reticular pela distensão e perda progressiva da colorabilidade. (Fig. 10).

Se a célula continha nucléolo, este volta pouco a pouco à evidência.

Como resultado da mitose temos duas células filhas provenientes da divisão de uma célula primitiva.

Os cromossômios, formados por dois cromatídios, chegam aos pólos com um, o qual, porém, já se pode apresentar provido de dois cromonemas.

## MEIOSE

(Plancha II)

Vista a divisão mitótica concluimos que toda célula apresenta o mesmo número de cromossômios daquela de que proveio. Fica a nossa mente confusa, como pode na fecundação um espermatozóide se unir com um óvulo e dar uma célula com o mesmo número de cromossômios dos pais!

Ora, para conservar a inviolabilidade da lei da constância numérica dos cromossômios a natureza dotou os órgãos reprodutores de um novo tipo de divisão das células ali produzidas. Esta divisão foi por isso denominada **Meiose**.

Quando se estudam as gônadas, vamos encontrar um tipo de células que se multiplicam ativamente e que vão sofrer o processo meiótico, chamadas **gônios** e, particularmente, **espermatogônios** do lado masculino e **ovogônios** do lado feminino. (Fig. 1).

Estas células contendo o número diplóide de cromossômios ( $2n$ ) vão agora passar por uma fase que se caracteriza pelo aumento de volume, recebendo então a denominação de **citos**: **espermátocitos** e **ovócitos** respectivamente.

Entremos agora na prófase, que difere bastante da prófa-

se da mitose e se apresenta dividida em fases muito características. A primeira é a dos **Leptonemas** (**lepto** = fino + **nema** = filamento) que se caracteriza pelo aparecimento de fios muito compridos, pouco nítidos, sem afinidades acentuadas pelos corantes. O núcleo neste estágio recebe o nome de **leptotene**. (Fig. 2).

Em algumas células, os leptonemas se dirigem a um ponto para onde convergem as suas extremidades; a figura assim formada recebeu o nome de "bouquet". Pensava-se que esse fenômeno fôsse um artifício, isto é, um desequilíbrio físico-químico produzido pelos fixadores. Todavia, mais tarde, ficou provado por métodos especiais que era natural.

Observando-se com atenção os leptonemas vamos encontrá-los unindo-se uns aos outros. Desde que percebemos a união dos cromossômios entramos na fase dos **Zigonemas** (**Zigo** = casamento + **nema** = fio). Os núcleos neste estado são zigotenes (Fig. 3).

Nesta fase os leptonemas começam a formar pares. Nêsse pareamento é que reside a principal diferença entre a mitose e a meiose. Para compreendermos bem o que se vai passar é necessário um esclarecimento. Na metáfase da mitose em células com cromossômios diferentes quanto à forma ou ao tamanho encontramos sempre dois elementos de cada tipo. Assim, na **Drosophila**, que tem 8 cromossômios, êstes são em 4 pares das seguintes configurações: 2 cromossômios em forma de V, 2 da mesma forma porém um pouco menores, 2 bolinhas muito pequenas e 2 bastonetes. (Na fêmea).

A redução do número de cromossômios na meiose não é uma divisão matemática simples, é uma divisão que obedece a uma separação equilibrada dos elementos de cada par, que se distribuem pelas duas células resultantes.

Os cromossômios que se procuram para uma íntima união são os membros de cada par. A causa determinante desta união é ainda bastantes controvertida.

A união inicia-se onde quer que os cromossômios se ponham primeiro em contacto, progredindo rapidamente.

Sendo um ponto básico para a genética, esta união foi considerada como devida à atração dos pontos homólogos dos cromossômios, havendo, porém, fatos que desabonam essa teoria. Uma outra teoria que pretende explicar o pareamento é a da dorso-ventralidade, segundo a qual os cromossômios se paream por uma só face. De conformidade com essa teoria, a atração entre os cromossômios é global e havendo uma necessidade fisiológica da coincidência dos cinetocores, todos os outros pontos coincidem em consequência.

Iniciado o pareamento os leptonemas em geral se contraem numa espécie de novêlo no qual estreitam cada vez mais a sua união. Esta fase é conhecida por **sinizese**.

Neste momento o núcleo contém um número reduzido de fios devido à união sináptica, e cada fio representa, na verdade, um bivalente.

Esses fios com o progredir da sinizese vão se tornando mais curtos e evidentemente mais grossos, entrando o núcleo na fase dos **paquinemas** (**paqui** = grosso, **nema** = filamento). (Fig. 4).

Os paquinemas aparecem espalhados pelo núcleo ou concentrados de um lado e tendo as extremidades voltadas para um mesmo ponto. (Bouquet.).

Nos paquinemas contraídos e engrossados pode-se muitas vezes notar ao longo do seu comprimento uma linha mais clara que corresponde à face de pareamento.

Em certos momentos os membros do paquinema começam a se separar em determinados pontos. Esta é a fase dos **diplo-nemas**.

A separação dos cromossômios homólogos não pode ser total em virtude da formação dos chamados **quiasmas**.

Um quiasma consiste na troca recíproca de pedaços entre cromátídeos não irmãos, o que se torna possível em vista de



termos no paquinema 4 cromátídeos muito próximos uns dos outros.

O quiasma constitui para a Genética a base citológica da troca de fatores entre os dois genitores, ou seja da recombinação fatorial ou crossing-over genético.

Com o progredir desta fase vamos ver melhor os quiasmas e efetuar a sua contagem. (Fig. 5).

Neste estado vemos os cromossômios reunidos em grupos (Tétrades) apresentando formas variadas conforme o tipo de quiasma. Estes tipos são: quiasma terminal, quando dois cromossômios se unem por uma das extremidades. A forma assumida pelos cromossômios é de um V. Hoje admite-se que um quiasma terminal no sentido estrito da palavra não é viável, passando então para o segundo tipo. Quiasma sub-terminal, quando dois cromossômios estão unidos próximos a uma das extremidades, dando a configuração de uma cruz.

Pode acontecer que se dêem dois quiasmas sub-terminais apresentando a configuração de um anel.

Quiasma mediano quando a configuração é de uma cruz com os braços iguais. Os cromossômios ainda podem estar ligados por um maior número de quiasmas, três ou mais. As formas assumidas são de um oito quando ha três quiasmas e de uma corrente quando sucedem mais de três.

**Diacinese** (movimento de abrir). A diacinese é o estado final da prófase meiótica, as tétrades espalham-se pelo núcleo, condensam-se ainda mais, desaparecendo por completo os cromomérios e outras irregularidades superficiais dos cromossômios.

As formas dos cromossômios encontradas na diacinese são mais ou menos as mesmas da fase diplotene.

O número de quiasmas vai diminuindo em virtude da ter-

minalização, isto é, do escape dos laços pelas extremidades opostas ao ponto de inserção.

Os cromossômios já bastante curtos procuram a placa equatorial, entrando o núcleo em metáfase.

**Metáfase I:** Na metáfase os cromossômios contraídos ao extremo, dispostos na placa equatorial, são tétrades com formas características segundo o tipo de quiasma presente. (Fig. 6).

Desaparece a membrana nuclear e se instala o fuso, fibras ligando os cromossômos aos pólos.

**Anáfase I:** Na anáfase meiótica os cromossômios já se encontram em franca repulsão, que se inicia pelos cinetocores e culmina pela separação total dos cromossômios, dirigindo-se cada homólogo para um pólo, assim se separando para os lados opostos. (Figs. 7 e 8).

Neste período de pouca duração se dá o estrangulamento da célula na região ocupada anteriormente pela placa equatorial. (Fig. 9).

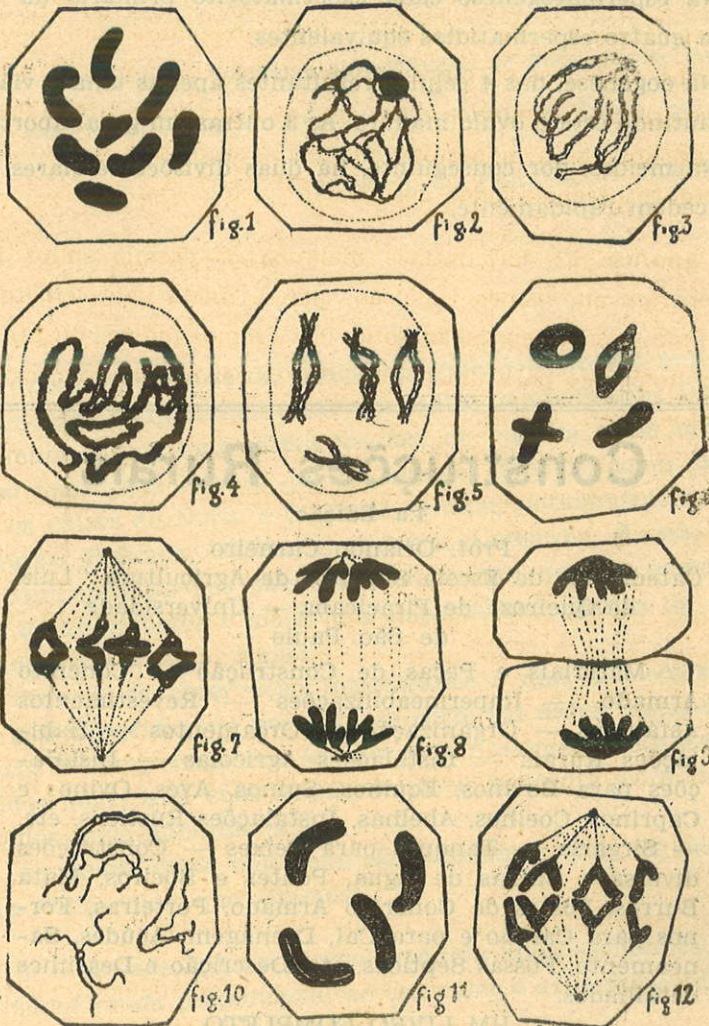
A telófase da primeira divisão é muito curta, os cromossômios muitas vezes não chegam a se desmanchar em retículo cromático, apenas se distendendo mais ou menos sem chegarem a desaparecer.

O relachamento dos cromossômios é breve e rapidamente voltam à forma assumida na metáfase. (Fig. 10).

**Metáfase II:** Os cromossômios aparecem aí divididos no sentido longitudinal e se orientam na placa equatorial em sentido perpendicular ao da 1.ª divisão. (Fig. 11).

**Anáfase II:** Os cromossômios unidos apenas pelo cinetocore separam-se em consequência da divisão deste último, indo um cromatídeo para cada lado como se observa na anáfase meiótica. (Fig. 12).

# Plancha II



H. Zamich

Segue-se uma telófase em que desaparecem os cromossomos acompanhada duma divisão celular, entrando os núcleos para o repouso.

Na espermatogênese cada espermatócito primário dá origem a quatro espermatídios equivalentes.

Na oogênese, das 4 células resultantes apenas uma é viável, constituindo esta o óvulo maduro. As 3 outras em geral abortam.

Na meiose, por conseguinte, há duas divisões celulares que se sucedem rapidamente.

## Construções Rurais

4.ª Edição

Prof. Orlando Carneiro

Catedrático da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" de Piracicaba — Universidade de São Paulo

Materiais e Peças de Construção — Concreto Armado — Impermeabilizações — Revestimentos Asfálticos — Organização de Orçamentos — Habitações Rurais — Instalações Agrícolas — Instalações para Bovinos, Equinos, Suínos, Aves, Ovinoz e Caprinos, Coelhos, Abelhas, Instalações Rústicas, etc. — Sirgaria — Tanques para Peixes — Construções diversas: Caixas de Água, Pontes e Boeiros, Mata Burros, Postes de Concreto Armado e Boeiras, Fornos para Carvão e para Cal, Drenagem, Açúdes, Saneamento, Fossas Sépticas, etc. Descrição e Desenhos detalhados.

UM LIVRO COMPLETO

Preço — Cr\$ 160,00

Pedidos — Alameda Itú, 1159 — São Paulo