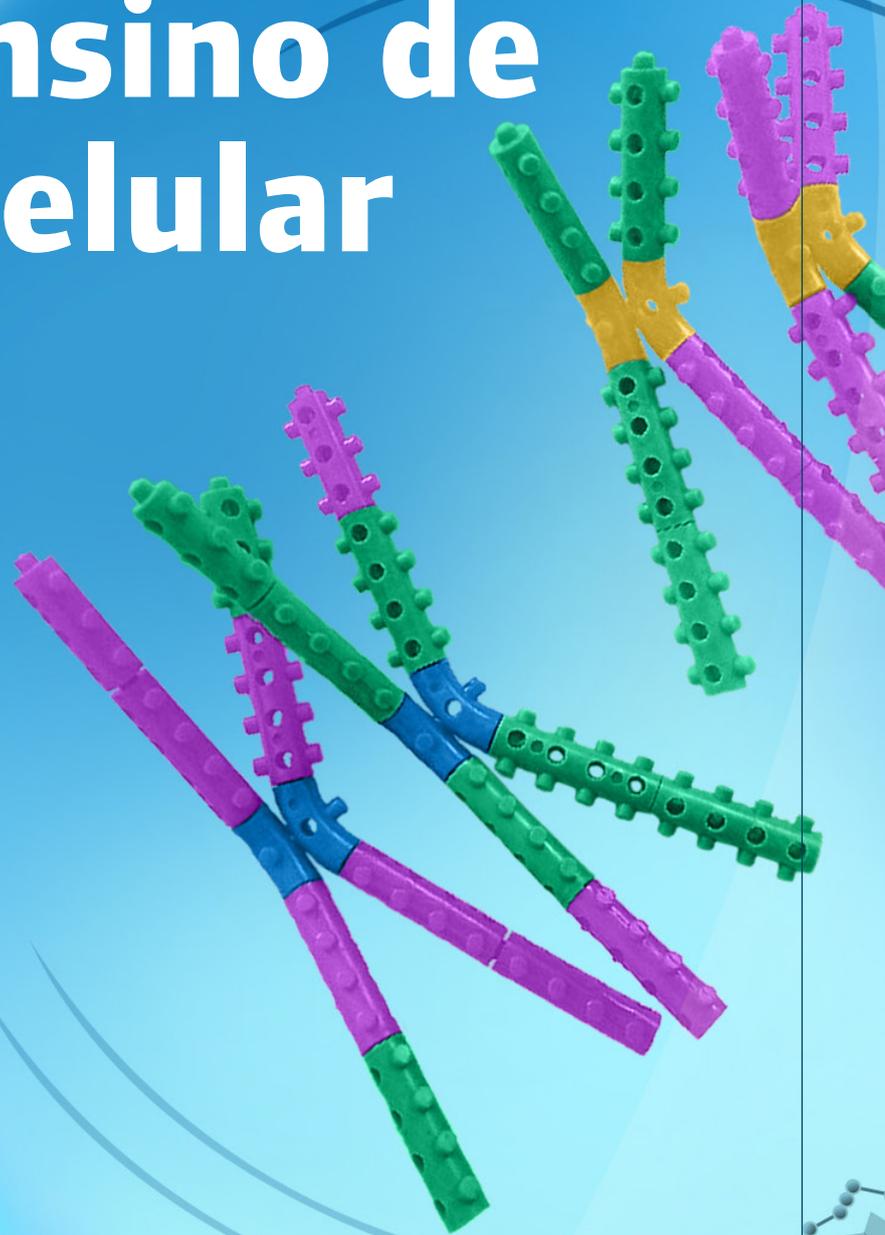


Sequência didática investigativa para o ensino de divisão celular



Karina Carvalho Mancini

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas,
Campus São Mateus, ES

Autor para correspondência - karina.mancini@ufes.br

Palavras-chave: pinos mágicos, mitose, meiose, educação básica, ensino superior, biologia celular



A sequência didática apresentada é uma abordagem investigativa, com uso de material lúdico e tecnológico para o ensino de divisão celular, composto por um kit de peças adaptadas do brinquedo Pinos Mágicos, para representação das moléculas de DNA em diferentes montagens e disposições ao longo do ciclo celular. O kit de Pinos Mágicos permite a representação do material genético nas divisões celulares de forma investigativa e coletiva. Além disso, todo o manuseio didático do kit é registrado com a técnica *stop motion* usando câmera e ferramentas do celular.

A IDEIA DOS PINOS MÁGICOS

Trabalhar os mecanismos da divisão celular em sala de aula nunca foi trivial, seja para o professor encontrar uma forma de dinamizar o conteúdo, seja para o aluno entender essa dinâmica. Atrelado ao conjunto de movimentações citoplasmáticas ocasionadas pelos filamentos microtubulares do citoesqueleto, há uma vasta nomenclatura que complica ainda mais esse processo de ensino e aprendizagem, pois são moléculas de DNA, cromossomos, cromátides, homólogos, irmãs, replicação, microtúbulos, centro organizador de microtúbulos, prófase, metáfase, anáfase, telófase, citocinese, leptóteno, zigóteno,

paquíteno, diplóteno, diacinese, diploide, haploide....

A ideia de usar os Pinos Mágicos (Figura 1), brinquedo lançado em 1960 pela Indústria de Plásticos Elka Ltda., surgiu ao pensar na dificuldade dos alunos para o entendimento de todo o processo da divisão celular que envolve desde as alterações morfológicas (condensação cromatínica, rearranjo do citoesqueleto e das organelas, fragmentação do envoltório nuclear), passando pelas mudanças quantitativas do material genético (replicação do DNA, manutenção ou redução de ploidia, separação dos pares de cromossomos homólogos ou das cromátides irmãs) e quais os eventos caracterizam cada fase do ciclo celular.



Figura 1.
Os Pinos Mágicos.

O brinquedo é composto por uma quantidade variável de peças coloridas (Figura 2), dependendo da embalagem, contendo: pinos de três e quatro furos, pinos curva e rodinha (formada por 2 semicírculos) (denominações contidas na embalagem).

Transformando o brinquedo em um material didático para o ensino de divisão celular, essas peças tornam-se: a) - cromátides

(pinos de três e quatro furos); b) - centrômeros (pinos curva); c) - centros organizadores de microtúbulos (rodinha); d) - centríolos (semicírculos). As cores dos pinos de três e quatro furos permitem a indicação de moléculas maternas e paternas (Figura 3A), enquanto as cores dos pinos curva permitem a indicação dos pares homólogos (Figura 3B).

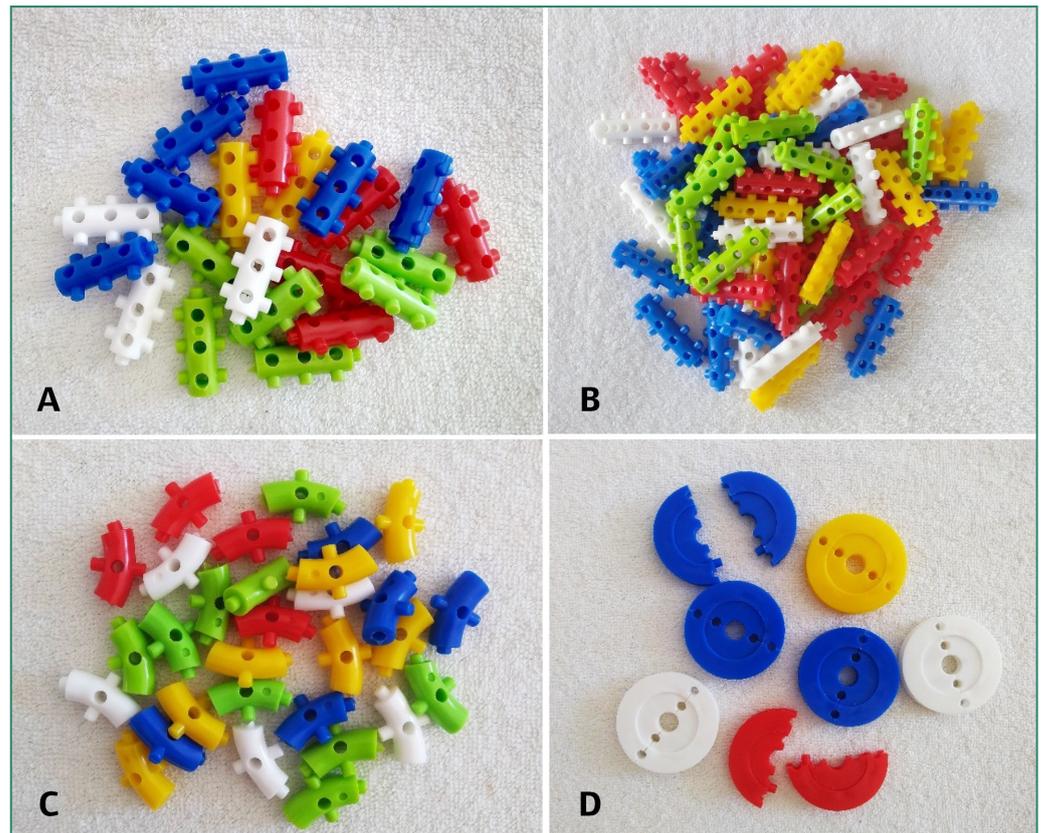


Figura 2.

Peças constituintes dos Pinos Mágicos: pinos de três (A) e quatro (B) furos, pinos curva (C) e rodinha (D).

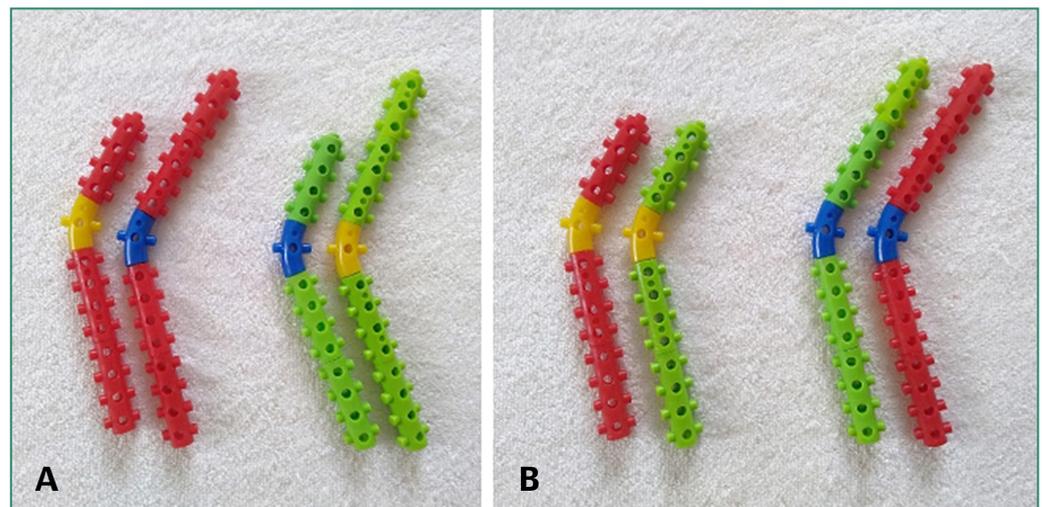


Figura 3.

Representação das moléculas de DNA. Em (A), a organização por origem materna/paterna (pinos de três e quatro furos vermelhos e verdes). Em (B), organização dos pares homólogos 1 e 2 (pinos curva amarelo e azul).

É possível trabalhar o conceito de replicação do DNA na fase S da interfase do ciclo celular e, conseqüentemente, a representação dos cromossomos, pois os pinos curva encaixam-se representando as moléculas replicadas (Figura 4). É importante a representação de duas moléculas idênticas com seus respectivos centrômeros, mantendo o padrão de cores escolhido e, de tal forma, que permita o manuseio para posterior separação na Anáfase.

Os pinos ainda permitem trabalhar a diversidade de cromossomos (metacêntrico,

submetacêntrico, acrocêntrico ou telocêntrico) utilizando diferentes pinos de três e quatro furos em relação aos pinos curva (Figura 5). Cromossomos metacêntricos apresentam peças de mesmo tamanho e quantidade entre os pinos curva (Figura 5A); os submetacêntricos apresentam peças diferentes em tamanho e quantidade entre os pinos curva (Figura 5B); e os acrocêntricos ou telocêntricos apresentam peças somente em uma das extremidades dos pinos curva (Figura 5C).

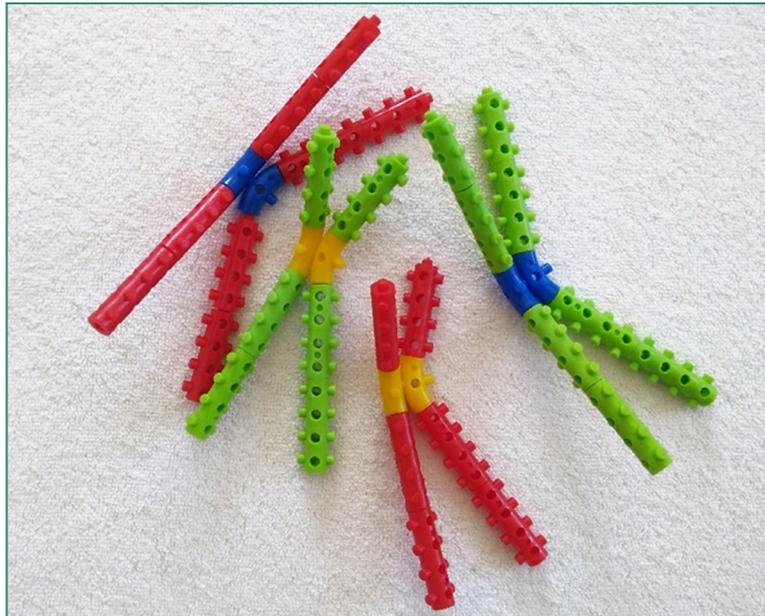


Figura 4.
Representação das moléculas de DNA replicadas.

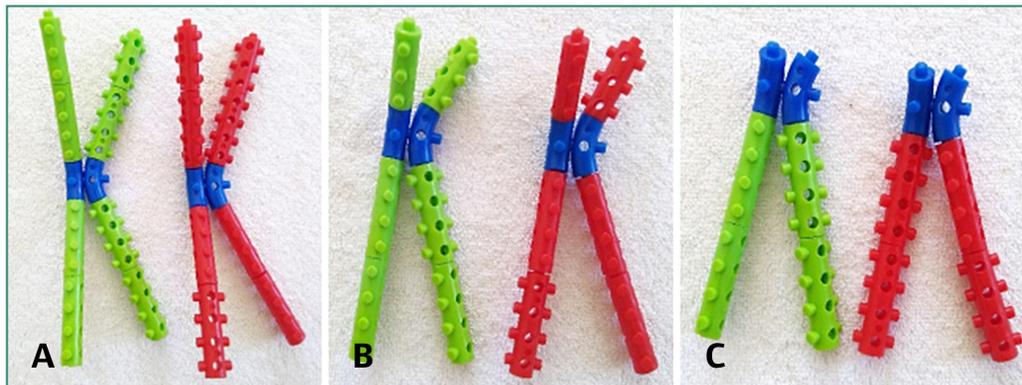


Figura 5.
Representação da diversidade de cromossomos: metacêntrico (A), submetacêntrico (B) e acrocêntrico ou telocêntrico (C).

Graças à diversidade de cores dos pinos de três e quatro furos e o encaixe dos mesmos, a permuta (Figura 6) consegue ser representada respeitando-se a diferença de origem materna

e paterna das moléculas homólogas (pelas cores) e equivalência entre os materiais genéticos trocados (pinos de três furos permutam entre si e o mesmo acontece com os de quatro furos).

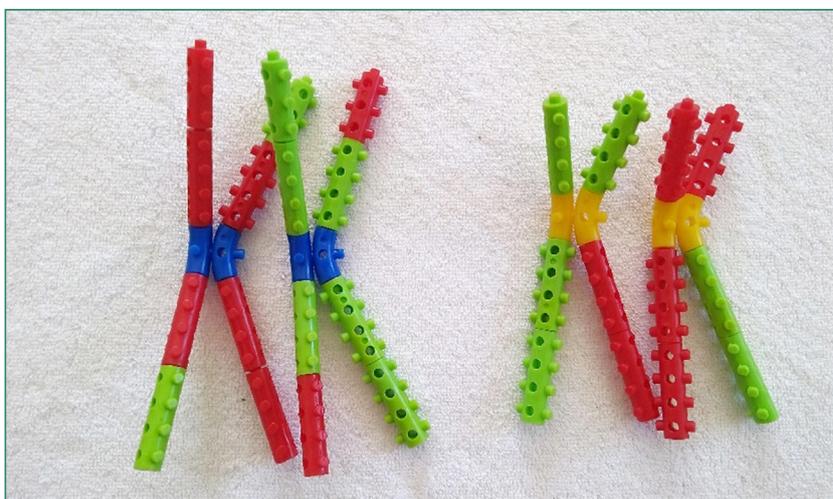


Figura 6.
Representação do evento da permuta no paquíteno da prófase I da meiose.

COMO MONTAR O MATERIAL

É possível a representação de todo o material genético humano pois há embalagens comerciais contendo 500 peças suficientes para 92 moléculas de DNA. Entretanto, é bastante complicada a dinâmica em sala de aula e a montagem dessa quantidade em uma cartolina. O ideal é trabalhar com ploidia menor (sugestão $2N = 4$) e dividir a turma em grupos.

Cada grupo deve receber um kit contendo:

- ♦ 01 folha de cartolina branca para representação de envoltório nuclear e fibras do fuso (os alunos devem usar lápis e borracha para esquematizar as fases);
- ♦ 01 pacote de peças contendo:
 - ♦ 08 pinos curva em duas cores (4+4) (representação dos pares 1 e 2);
 - ♦ 02 ou 04 rodinhas (representação de mitose e/ou meiose);
 - ♦ Pinos de três e quatro furos em duas outras cores (representação dos materiais materno e paterno) para formar 08 moléculas de DNA (para $2N = 4$). O número de pinos de furos vai variar conforme montagem de tipos de cromossomos (metacêntrico, submetacêntrico, acrocêntrico ou telocêntrico). O professor pode optar por colocar um número exato de pinos de furos (determinado por ele na preparação da atividade) ou um pool. A sugestão da autora é que se coloque um número pré-determinado para evitar sobra de peças e confusão na montagem. É importante ressaltar que, independente da diversidade de tipos de cromossomos a serem usados ou da determinação do número de pinos de furo do pacote, o professor deve fornecer metade dos pinos de furo para cada cor escolhida e a proporção de pinos de três e quatro furos deve ser a mesma para ambas as cores;
- ♦ Opcional - Pinos de três e quatro furos em uma terceira cor (representação dos complexos sinaptonêmicos);

O kit é entregue totalmente desmontado aos grupos para que os alunos construam as moléculas e representações espaciais das fases do ciclo de uma célula com determinada ploidia.

A IDEIA DO STOP MOTION

Stop Motion é uma técnica de disposição sequencial de fotografias para simular movimento. Cada fotografia representa um quadro, daí a também denominação de técnica de “quadro a quadro” e todas devem ser tiradas de um mesmo ponto ou ângulo, com a cena sofrendo breve mudança de posição entre a documentação de cada quadro. A montagem dessa sequência de fotos é que determina a ideia de movimento. Aplicativos e programas fazem essa animação sequencial de fotografias, mas o próprio sistema de armazenamento de fotos dos celulares pode apresentar tal ferramenta de animação. Trazer o celular para dentro de sala de aula é uma ferramenta essencial para os alunos nativos digitais.

A divisão celular é um dos processos mais dinâmicos que reorganiza toda a estrutura citoplasmática e nuclear para que ocorra perfeita separação do material genético e das organelas. Não há como compreender o mecanismo de forma estática, somente por imagens sequenciais que apresentam o processo de forma dinâmica e levando ao estudante à percepção de que todas as fases estão interligadas.

Assim, a proposta aqui apresentada foi de unir ludicidade, pelo uso dos pinos mágicos, e tecnologia, pela técnica de *stop motion* montada pelo celular, resultando um ensino dinâmico e contextualizado de divisão celular numa sequência didática.

COMO DESENVOLVER A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática tem abordagem investigativa com problematizações norteadoras, discussões em sala de aula, formulação de hipóteses e pesquisa pelos alunos e construção do ciclo celular para confirmar ou refutar as hipóteses. A sequência didática pode ser tra-

balhada tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior, sempre adequando detalhamento e conceitos, conforme necessidade do professor. Para tanto, a sequência é composta por 5 aulas:

1ª aula - Problematização norteadora

Tem a função de instigar os alunos a pensarem a partir de um problema ou situação. O professor deve dividir a turma em 4 grupos – o que permite a participação de todos os alunos de maneira mais efetiva e organizada – para realizar uma discussão sobre a manutenção de um organismo multicelular. O ponto de partida deve ser um pequeno texto, animação/vídeo, imagens ou questionamento direto aos alunos, desde que seja lançada uma situação de expressiva divisão celular, como é o caso da descamação e renovação da epiderme (“*Se a pele descama porque não desaparece?*”). Os grupos devem primeiramente discutir internamente a situação apresentada para depois lançarem uma a uma suas respostas/hipóteses/ideias.

A partir dessa situação, novos questionamentos devem ser levantados tanto pelo professor quanto pelos grupos, de modo que a partir da discussão encontrem-se os caminhos e componentes celulares envolvidos no processo, como:

1. *Que outros mecanismos de renovação/regeneração celular são conhecidos?*
2. *Como uma nova célula se forma?*
3. *Como manter as novas células iguais as anteriores?*
4. *Apesar da diversidade de formas e funções, o que existe de comum em todas as células de um indivíduo?*
5. *O que significa dizer que a espécie humana tem 46 cromossomos?*
6. *Como isso é mantido durante a vida?*

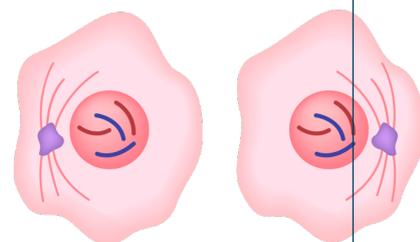
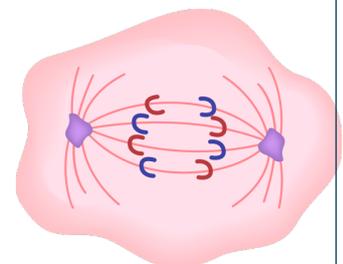
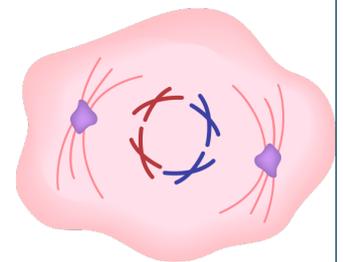
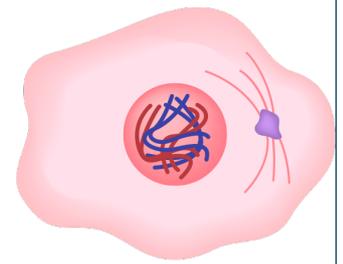
Por meio da discussão gerada, tendo o professor papel de mediador, os grupos devem realizar pesquisas para a aula seguinte no sentido de aprofundar conceitos mencionados que serão importantes para a representação da divisão com o uso do kit (ciclo celular, mitose, replicação do DNA, cromatina,

cromossomos homólogos, cromátides irmãs, diploidia, centrômero, microtúbulos...).

2ª aula - Representação da mitose

A proposta para a segunda aula é a apresentação oral, informal e descontraída das pesquisas realizadas pelos grupos, sempre com o professor no papel de mediador. Na sequência, os grupos devem receber o kit de Pinos Mágicos. É ideal que existam dois conjuntos de kit iguais (mesmo padrão de cor) para visualização e comparação da variabilidade genética na aula 4. Por exemplo, dois grupos teriam kit de pinos verde/paterno com vermelho/materno e outros dois grupos teriam kit de pinos azul/paterno com amarelo/materno. Inicialmente os grupos trabalharão com as representações das moléculas e sua nomenclatura (DNA, DNA replicado, diferentes tipos de cromossomos - metacêntrico, submetacêntrico, acrocêntrico ou telocêntrico -, cromátides irmãs, par de homólogos...). Este primeiro momento permite que os grupos entendam as possibilidades de uso e montagem do material fornecido, associando ainda os conceitos discutidos e pesquisados.

Todas as representações das moléculas e fases da divisão devem ser montadas sobre a cartolina por meio do arranjo sequencial e espacial das peças, levando em conta elementos como citoplasma, envoltório nuclear e microtúbulos, esquematizados a lápis para cada fase do ciclo e apagados ao final de cada uma delas. Com isso, uma única cartolina por grupo comporta todas as fases. A montagem deve ser feita em superfície plana (mesa, bancada, refeitório ou no chão da sala de aula) de forma a permitir que a cartolina fique estendida. O professor deve auxiliar os grupos na atividade, mas sempre no papel de mediador, deixando que os alunos sejam protagonistas. É durante a utilização do kit de Pinos Mágicos que os alunos terão a oportunidade de concretizar as discussões e analisar as ideias e hipóteses que surgiram a partir dos questionamentos. O registro das fases da mitose deverá ser feito por fotodocumentação com celular quadro a quadro, preferencialmente a partir de um mesmo ângulo de visão. Ao final da aula, cada grupo terá seu conjunto de imagens e deverá organizar o próprio ciclo



celular mitótico por *stop motion*, usando aplicativos específicos de animação ou opções presentes na própria plataforma de organização das fotos do celular.

3ª aula - Retomada da problematização

O objetivo da aula é a introdução e construção do conceito de haploidia, representação do processo da meiose, tendo como principal visualização a separação de cromossomos homólogos e, posteriormente, das cromátides irmãs. O professor deve manter a mesma divisão em grupos, desta vez para reiniciar a discussão caminhando para os mecanismos da meiose. O gatilho pode ser criado pelo questionamento “A partir de uma única célula forma-se um organismo multicelular. Como surge essa primeira célula, o zigoto?”. Os grupos devem discutir internamente a situação apresentada, para depois lançarem um a suas respostas/hipóteses/ideias. Novos questionamentos devem ser levantados tanto pelo professor quanto pelos grupos, de modo que a discussão encontre os caminhos e componentes celulares envolvidos no processo, como nas questões:

1. Como o conjunto do material genético de uma espécie é mantido ao longo das gerações?
2. Na produção dos gametas e fecundação as células se unem e formam uma célula com o contendo todo o material genético de ambas as células?
3. Como ocorre esse processo?

Com o manuseio do kit dos Pinos Mágicos, cada grupo terá a oportunidade de refletir sobre as questões ao mesmo tempo em que monta as possibilidades de arranjo das peças para alcançar a visualização da haploidia. Mais uma vez, o professor tem papel mediador, auxiliando os alunos com ferramentas conceituais que permitam que os mesmos busquem as respostas para as hipóteses elaboradas. Para registro das fases da meiose, faz-se novamente a utilização de fotodocumentação com celular quadro a quadro.

4ª aula - Variabilidade genética

Esta penúltima etapa da sequência didática é destinada ao entendimento da variabilidade genética (presente na prófase I e anáfase I)

acrescentando a permuta entre os cromossomos homólogos e segregação independente dos cromossomos homólogos. As etapas da meiose são geralmente recebidas com muita abstração e dificuldade pelos alunos. Ao trabalhar primeiramente os mecanismos (aula 3) e depois acrescentar a variabilidade genética, bem como as fases da prófase I, é uma tentativa de concretizar cada conceito de maneira significativa.

Para este início de aula, a questão norteadora seria:

- Porque irmãos são geneticamente diferentes se recebem o material genético dos mesmos pais?

A dinâmica da aula segue conforme as demais, quando os grupos devem discutir entre si criando as hipóteses. Auxiliados pelo professor na discussão, e com maior bagagem de conhecimentos, os alunos testariam as hipóteses com o kit, remontando a meiose com o acréscimo da permuta (usando os pinos da representação do complexo sinaptonêmico) e segregação independente dos homólogos. É interessante perceber que a utilização de dois conjuntos iguais de kits para 2 grupos (mesmo padrão de cor materno/paterno) dará a oportunidade de comparação quanto à variabilidade genética gerada. Nesse momento, o professor poderá chamar a atenção dos grupos para a comparação da variação genética produzida nos gametas dos 2 grupos e realizar a discussão entre eles. O registro das etapas da meiose novamente é feito com o uso de fotodocumentação com celular quadro a quadro.

5ª aula - Síntese

Ao final de quatro aulas de questionamentos, discussões, hipóteses e reconstrução prática, tecnológica e lúdica das divisões celulares, reserva-se o fechamento do conteúdo com uma retomada de conceitos, nomenclatura de estruturas e etapas, importância de cada divisão celular. Não se configura uma aula expositiva, pois de posse de todo o material registrado (*stop motion* por fotodocumentação quadro a quadro) e disponibilizado para projeção, professor e alunos devem consolidar conceitos ainda não compreendidos e fazer uma avaliação da sequência didática.

