



## TRILHA MEIÓTICA: O JOGO DA MEIOSE E DAS SEGREGAÇÕES CROMOSSÔMICA E ALÉLICA

Rodrigo Lorbieski, Leyr Sevioli Sanches Rodrigues, Luciana Paula Grégio d'Arce

Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste – Campus Cascavel, Colegiado de Ciências Biológicas

Autor para correspondência:

Luciana Paula Grégio d'Arce

CCBS – CCB

Rua Universitária, 2069

Jardim Universitário, Cascavel - PR

CEP: 85819-110

E-mail: [lucianapgd@yahoo.com](mailto:lucianapgd@yahoo.com)

**Palavras-chave:** meiose; segregação alélica; jogo didático

### RESUMO

A meiose é um dos processos biológicos mais importantes, sendo responsável pela formação dos gametas e pela perpetuação das espécies. A separação dos cromossomos homólogos na primeira divisão da meiose é responsável pela segregação alélica, atuando de modo a aumentar a variabilidade genética. Apesar de sua importância, estudos mostram que os estudantes estão chegando ao ensino superior sem o conhecimento esperado sobre esse tema, não conseguindo aprender corretamente as segregações cromossômicas e alélicas das fases da meiose. Esse fato sugere que há algum problema na aprendizagem desses assuntos nos níveis básicos de ensino. Como proposta para melhoria do ensino, esse trabalho buscou, através do lúdico, despertar o interesse dos estudantes pelos temas abordados e dessa forma, melhorar a aprendizagem dos alunos na sua formação básica. Foi desenvolvido um jogo, a “Trilha meiótica”, com o intuito de ajudar os alunos na compreensão da meiose e da sua relação com a segregação cromossômica e alélica.

### INTRODUÇÃO

A capacidade da célula de se reproduzir é um dos processos fundamentais da vida e da perpetuação das espécies. Existem dois processos de divisão celular, conhecidos como mitose e meiose. O primeiro relaciona-se com proliferação celular e o segundo, com a formação de gametas (ALBERTS et al., 2004; SNUSTAD e SIMMONS, 2008).

A meiose é um processo importante da biologia, principalmente na reprodução. Ela é composta por duas

divisões celulares denominadas de meiose I e meiose II. A meiose I por sua vez é subdividida em prófase, metáfase, anáfase e telófase e é quando ocorre a separação dos cromossomos homólogos. A meiose II, que se assemelha com a mitose normal, caracteriza-se pela separação das cromátides-irmãs. No final desses dois processos ocorrerá a formação de gametas com número cromossômico reduzido, que é a base da reprodução sexuada e da variabilidade genética (ALBERTS et al., 2004; JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2005; De Robertis, 2006).

Klautau et al. (2009) mostraram que tanto os estudantes universitários como os de ensino médio reconhecem a genética como a disciplina mais difícil da área da biologia. Mesmo após o estudo de tópicos de genética, os estudantes nem sempre revelam uma compreensão fundamentada dos fenômenos e processos genéticos (GRIFFITHS; MAYER-SMITH, 2000). Salim et al. (2007) destacaram que na maior parte das escolas falta interconexão entre conteúdos que se complementam, como divisão celular e outros conceitos de genética, fazendo com que os estudantes cheguem ao ensino superior sem as noções adequadas sobre esses assuntos, com erros conceituais e como consequência, a maioria não consegue fazer a correlação entre divisão celular, perpetuação da vida e transmissão de características, além de apresentarem falta de entendimento de conceitos básicos.

Uma das explicações para esse mau aproveitamento pode ser a forma como o conteúdo foi ensinado pelo professor, pois a maioria utiliza o método tradicional, aplicando aulas expositivas como modalidade didática. Essa forma de ensino tem como grande desvantagem a passividade dos alunos diante dos temas ensinados pelo professor. Verifica-se, então, que as aulas expositivas não são totalmente eficazes no processo de ensino-aprendiza-

gem, e, mesmo quando aplicadas por um bom professor que pode torná-las mais interessantes, não conseguem atingir o objetivo principal: fazer com que o aluno realmente entenda o que foi ensinado e relacione isso com seu cotidiano (KRASILCHIK, 2004).

Para tornar mais eficiente a exposição, é importante a utilização de outros recursos didáticos. Os jogos caracterizam-se, então, como instrumentos de ensino, através dos quais a intenção é trabalhar ou transmitir ao aluno algum conhecimento, concreto ou abstrato. Eles são, portanto, os instrumentos através dos quais se articulam certos conhecimentos, dentro de uma determinada linha pedagógica (AROUCA, 1996).

O jogo é um importante instrumento didático, muito mais que um passatempo, é uma maneira indispensável de promover a aprendizagem e inculcar comportamentos básicos necessários à formação da personalidade dos alunos (ALMEIDA, 1981). Além de estimular a criatividade e o aumento da capacidade de decisão, ele também estimula a leitura, a escrita e a pesquisa, por ser um meio em que consegue abarcar, na íntegra, a interdisciplinaridade (MEDEIROS et al., 2001).

Tendo em vista a deficiência no aprendizado da meiose e de sua relação com a segregação cromossômica e alélica, associando-se a isso, os problemas das aulas expositivas, fica evidente a necessidade de se elaborar novas ferramentas que auxiliem o professor a lecionar e melhorar a qualidade do ensino.

Como proposta para essa melhoria procurou-se desenvolver um jogo didático capaz de aperfeiçoar o aprendizado da meiose e da segregação alélica nas salas de aulas, com o intuito de chamar a atenção e despertar o interesse para o que é ensinado.

### **Elaboração do Jogo Trilha Meiótica:**

Para elaboração do jogo deverão ser utilizados papéis-cartão com três diferentes cores para montar as peças; papel contact, para revestir essas mesmas peças; tesoura e cola. Deverão ser confeccionados, também, três tabuleiros, impressos em papel A3; e três dados de papel. Botões coloridos poderão ser usados como os pinos dos grupos.

O jogo didático apresenta peças que representam cromossomos individuais, cromossomos contendo alelos referentes às Leis de Mendel e outras estruturas envolvidas no processo da meiose.

### **O jogo:**

O jogo proposto deverá ser construído na forma de um tabuleiro, separado em várias casas com cores diferentes (Figura 1), bem como por diversas cartas diferenciadas nas mesmas cores do tabuleiro. Cada carta, além

da tarefa a ser realizada pela equipe que lançou o dado, conterá também a resposta do desafio, de modo a que a equipe adversária verifique se houve erro ou acerto, e também, o número de casas que a equipe terá que voltar se errar. As cartas poderão ter alguma pergunta (Figura 2) ou um esquema didático para ser montado (Figura 3). Além dessas cartas, há também as informativas (Figura 4), indicando o número de casas que o grupo deve avançar ou retroceder no tabuleiro, como também, cartas que farão com que o grupo fique uma vez sem jogar. É importante ressaltar que o verso verde, vermelho e azul não devem distinguir os tipos de cartas.

Os esquemas didáticos são peças separadas de cromossomos (Figura 5), fusos meióticos (Figura 6), fluxograma meiótico geral, sem cromossomos (Figura 7) e alguns esquemas representando células em prófase, metáfase, anáfase e telófase, também sem material genético (Figura 8). Tais peças servem para os alunos montarem os esquemas conforme pedido nas cartas.

### **Como jogar:**

O objetivo será percorrer a “trilha meiótica” e o vencedor será quem chegar ao final do trajeto primeiro. Para isso, os alunos serão separados em grupos de cinco pessoas, sendo que dois grupos participarão do jogo, por vez (grupo A e grupo B). Cada grupo terá um representante que irá lançar um dado e mover o botão para a casa correta. O grupo adversário deverá observar a cor da casa que o outro grupo parou, e pegar uma carta correspondente àquela cor. Deverá, então, ler a carta, esperar a tarefa ser executada e depois, conferir se houve acerto ou erro. Para evitar confusões, o grupo que estiver com a carta deverá mostrar a mesma para a outra equipe.

Se o grupo acertar, fica na mesma casa que parou e espera a próxima rodada quando então deverá lançar o dado novamente, e depois, repetir o procedimento anterior. Se errar, deverá voltar o número de casas especificado na carta e esperar a próxima rodada, para lançar novamente o dado e repetir o mesmo procedimento anteriormente explicado.

### **Discussão**

O jogo trilha meiótica consiste em uma série de questões e informações sobre a meiose, ajudando a memorizar suas fases, a segregação dos cromossomos homólogos, e ainda traz a associação da meiose com a segregação alélica. Sendo assim, há necessidade de uma explanação prévia do assunto pelo professor. É importante realçar que, normalmente, as Leis Mendelianas são estudadas em outra época, e cabe ao professor relacionar, então, meiose com segregação alélica. O jogo pode ser aplicado, por exemplo, após o ensino das Leis Mende-

lianas, de modo a promover a associação de Mendel e meiose.

O material utilizado é de baixo custo, sendo de fácil aplicabilidade, podendo-se trabalhar com vários grupos por sala. A confecção do jogo pode ficar por conta dos alunos, ajudando ainda mais na consolidação do assunto. O número de alunos por grupo pode ser adaptável, porém, não são recomendados grupos muito grandes, porque alguns têm oportunidade de participar e outros ficam dispersos.

### Referências Bibliográficas

ALBERTS, B.; BRAY, D.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. **Biologia Molecular da Célula**. 4ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2004.

ALMEIDA, P.N. **Dinâmica Lúdica e Jogos Pedagógicos para Escolares de 1º e 2º Grau**. São Paulo: Loyola, 1981.

AROUCA, M.C. **O papel dos jogos e simuladores como instrumento educacional**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1996. Disponível em: <<http://www.cciencia.ufrj.br/publicações/artigos/edubytes96/papeldosjogos1.htm>>. Acesso em: 29 de março de 2008.

DE ROBERTIS, E.M.F. (Jr.). **Bases Biologia Celular e Molecular**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

GRIFFITHS, A.J.F.; MAYER-SMITH, J. **Understanding genetics. Strategies for teachers and learners in Universities and High Schools**. WH Freeman and Company, New York, 2000.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Biologia Celular e Molecular**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

KLAUTAU, N.; AURORA, A.; DULCE, D.; SILVIENE, S.; HELENA, H.; CORREIA, A. Relação entre herança genética, reprodução e meiose: um estudo das concepções de estudantes universitários do Brasil e Portugal. **Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona**, p. 2267-2270, 2009. <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2267-2270.pdf>

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4ª ed. São Paulo: Edusp, 2004.

MEDEIROS, A.D.; CARVALHO, D. S. L.; PAZ, J.M.; LEMOS, V. S. Jogo: Interdisciplinaridade na ação educativa. 2001. Disponível em: <<http://www.faced.ufba.br/~ludus/trabalhos/2001.2/jogiaedu.doc>> Acesso em: 17 de Julho de 2008.

SALIM, D.C.; AKIMOTO, A.K.; RIBEIRO, G.B.L.; PEDROSA, M.A.F.; KLATAU-GUMARÃES, M.N.; OLIVEIRA, S.F. O Baralho como Ferramenta no Ensino de Genética. **Genética na escola**, vol. 2(1), pp. 6-9, 2007. ([www.geneticanaescola.com.br](http://www.geneticanaescola.com.br))

SNUSTAD, D.P.; SIMMONS, M.J. **Fundamentos de Genética**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

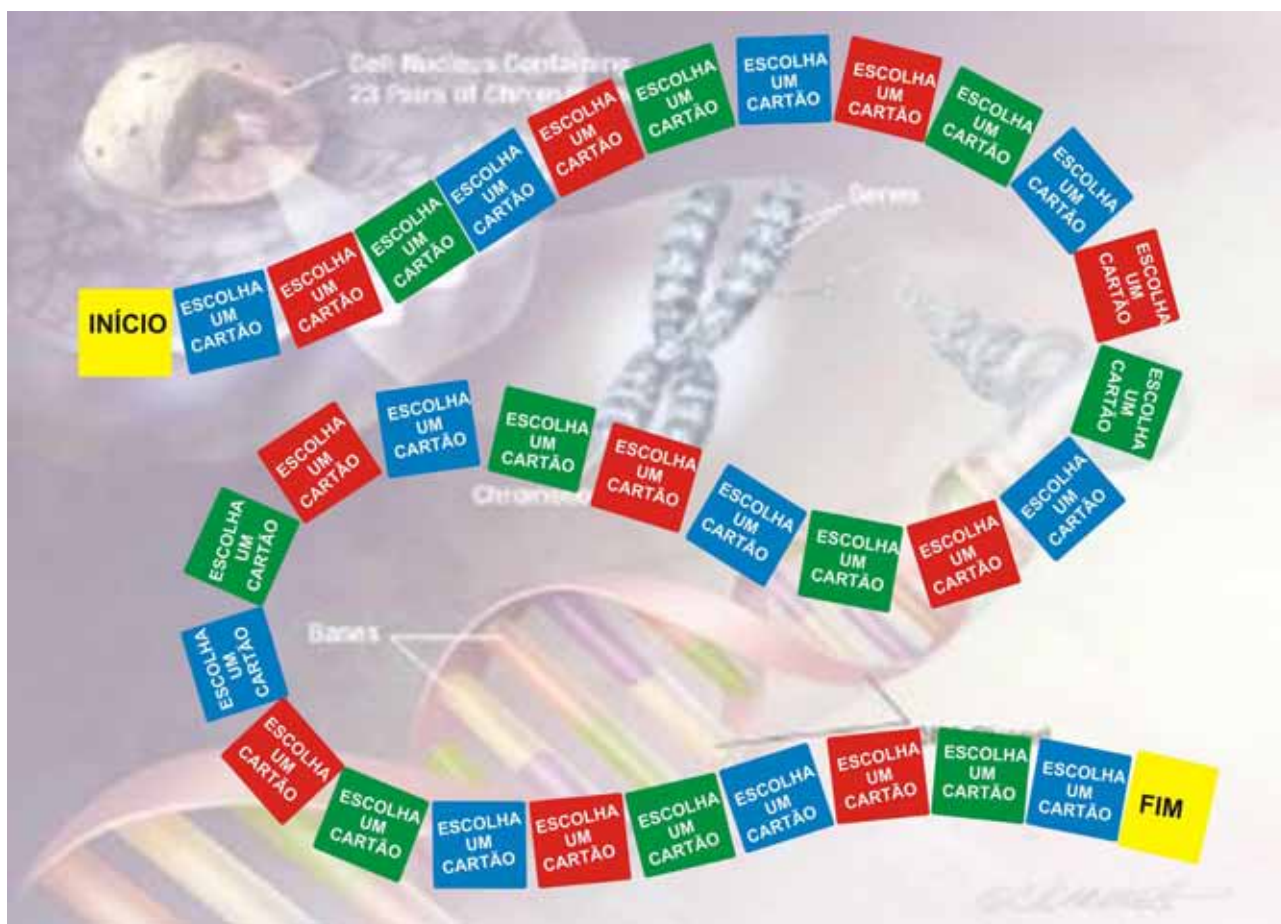


Figura 1. Tabuleiro separado em várias casas com cores diferentes.



<p>O que é intercinese?</p> <p>A) Uma das fases da meiose I B) Fase intermediária entre prófase II e metáfase II; C) Uma das fases da meiose II; D) Fase intermediária entre prófase I e metáfase I; E) Fase intermediária entre a meiose I e meiose II;</p> <p>* Se errar, volte 1 casa. RESPOSTA: - Letra E</p>	<p>O pareamento dos cromossomos homólogos é exclusivo da meiose e é considerado o evento chave deste tipo de divisão. De acordo com essas informações, responda em qual fase ocorre esse pareamento?</p> <p>A) Anáfase I B) Metáfase I C) Profase I D) Interfase E) Prófase II</p> <p>* Se errar, volte 2 casas RESPOSTA: - Letra C</p>	<p>O pareamento dos cromossomos homólogos tem dupla importância. Quais são elas?</p> <p>* Se errar, perca uma jogada. RESPOSTA: - garantir a posterior separação dos cromossomos homólogos no final da meiose I - permitir que ocorra a troca de segmentos entre os cromossomos homólogos (crossing-over)</p>	<p>Quais são as subdivisões da Prófase I?</p> <p>A) Intercinese, Zigóteno, Paquíteno, Diplóteno e Diacinese; B) Leptóteno, Zigóteno, Paquíteno, Diplóteno e Intercinese; C) Intercinese, Leptóteno, Paquíteno, Diplóteno e Diacinese; D) Leptóteno, Zigóteno, Paquíteno, Diplóteno e Diacinese; E) Leptóteno, Zigóteno, Intersfase, Diplóteno e Diacinese;</p> <p>* Se errar, volte 1 casa RESPOSTA: - Letra D</p>
<p>A Primeira Lei de Mendel diz que:</p> <p>A) Cada característica é formada por mais de dois fatores que se separam na formação dos gametas; B) Cada característica é formada por dois fatores que não se separam na formação dos gametas; C) Cada característica é formada por dois fatores que se separam na formação dos gametas; D) Toda característica é formada por dois fatores que se separam na formação dos gametas; E) Toda característica é formada por dois fatores que não se separam na formação dos gametas;</p> <p>* Se errar, volte 2 casas. RESPOSTA: - Letra C</p>	<p>A Segunda Lei de Mendel diz que:</p> <p>A) Características distintas não se segregam independentemente umas das outras na formação dos gametas; B) Características distintas segregam-se independentemente umas das outras na formação dos gametas; C) Características semelhantes segregam-se independentemente umas das outras na formação dos gametas; D) Características semelhantes não se segregam independentemente umas das outras na formação dos gametas; E) Características distintas segregam-se dependendo umas das outras na formação dos gametas</p> <p>* Se errar, volte 2 casas. RESPOSTA: - Letra B</p>	<p>O que são quiasmas?</p> <p>A) São pontos onde os cromossomos se encontram mais condensados; B) São pontos onde houve intercâmbio genético entre as cromátides não irmãs dos cromossomos homólogos; C) São os pontos onde as fibras do fuso se ligam para que haja separação dos cromossomos homólogos; D) São as regiões onde se inicia o processo de duplicação dos cromossomos; E) São as regiões responsáveis pela união das cromátides irmãs nos cromossomos;</p> <p>* Se errar, volte 1 casa. RESPOSTA: - Letra B</p>	<p>O crossing-over ou recombinação genética é um evento que ocorre na prófase I da meiose e é um dos responsáveis por aumentar a variabilidade genética das células formadas. De acordo com essas informações, responda o que ocorre nesse evento:</p> <p>A) Duplicação dos cromossomos; B) Duplicação das cromátides irmãs; C) Troca de segmentos entre as células; D) Troca de segmentos entre as cromátides não irmãs dos cromossomos homólogos; E) Duplicação e troca de segmentos dos cromossomos não homólogos;</p> <p>* Se errar, volte 2 casas.</p>
<p>A meiose ocorre em células:</p> <p>A) Somáticas; B) Germinativas; C) Todas as vegetais; D) Todas as humanas; E) Nenhuma das alternativas</p> <p>* Se errar, volte 3 casas. RESPOSTA: - Letra B</p>	<p>A meiose ocorre em:</p> <p>A) Animais, vegetais, bactérias e vírus; B) Animais, bactérias e vírus; C) Animais, vegetais e bactérias; D) Animais e vegetais; E) Animais e bactérias; F) Animais e Vírus</p> <p>* Se errar, volte 2 casas. RESPOSTA: - Letra D</p>	<p>Embora o crossing-over seja um evento da meiose que resulta em variabilidade genética, esta também pode ser promovida por:</p> <p>A) Separação das cromátides irmãs; B) Duplicação do material genético; C) Troca de material genético entre os cromossomos homólogos; D) Segregação independente dos cromossomos homólogos; E) Formação de várias células a partir de uma;</p> <p>* Se errar, volte 1 casa. RESPOSTA: - Letra D</p>	<p>Durante o Zigóteno ocorre a formação de uma estrutura conhecida como complexo sinaptonêmico. Qual a função dessa estrutura?</p> <p>A) Essa estrutura localiza-se entre as cromátides irmãs separando e estabilizando o pareamento dessas cromátides para que possa ocorrer a troca de segmentos entre elas; B) Essa estrutura localiza-se entre os cromossomos homólogos sendo de fundamental importância para a separação destes no final da meiose I; C) Essa estrutura localiza-se entre os cromossomos homólogos estabilizando o pareamento e formando um espaço entre eles para que ocorra a recombinação genética; D) Essa estrutura localiza-se entre as cromátides irmãs sendo de fundamental importância para separação destas no final da meiose;</p> <p>* Se errar, volte 1 casa. RESPOSTA: - Letra C</p>

**Figura 2.** Cartas do jogo apresentando questões de múltipla escolha (a critério do professor, poderão ser substituídas por perguntas discursivas).

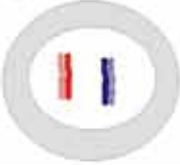

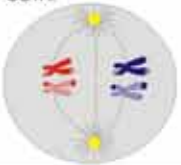
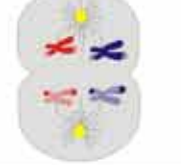

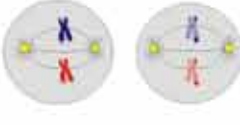


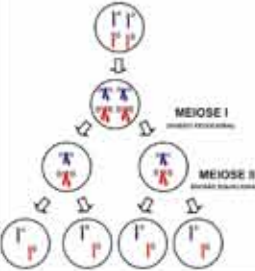
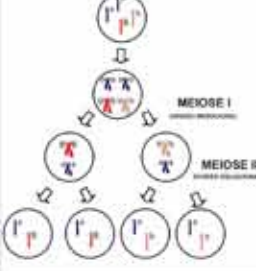
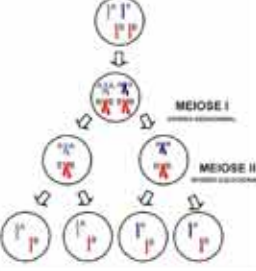
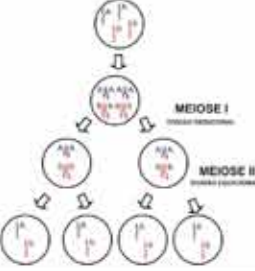
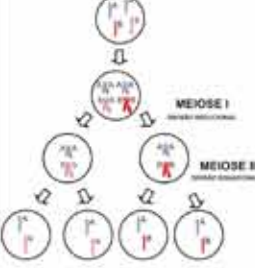
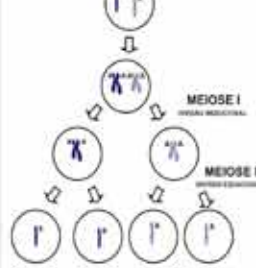
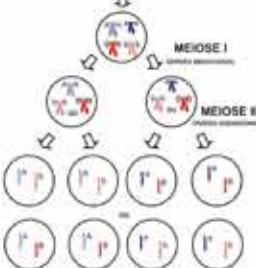
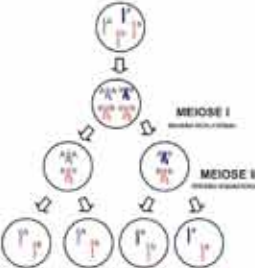
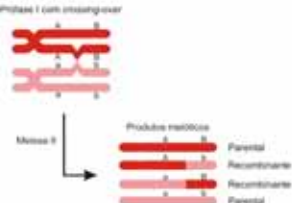
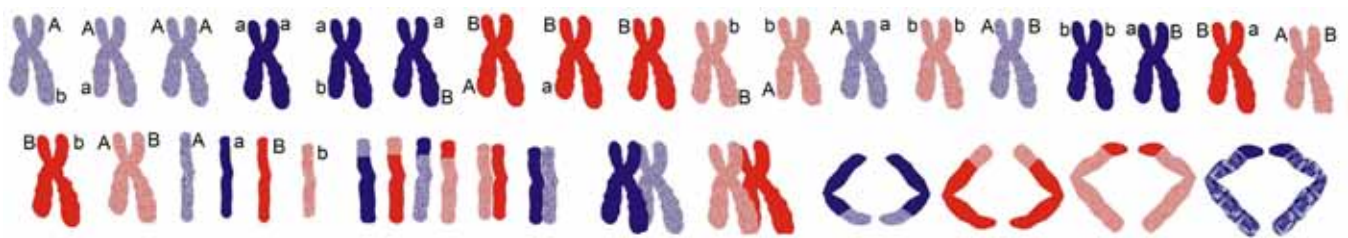
<p>Montar um esquema representando o PAQUÍTENO da PROFÁSE I:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- os cromossomos homólogos se pareiam totalmente;</li> <li>- a cromatina está bem condensada, mas ainda não está no seu máximo;</li> <li>- o envoltório nuclear separa os cromossomos do restante da célula;</li> <li>- Ocorre o crossing-over.</li> </ul> <p>* Se errar, volte 1 casa. RESPOSTA:</p> 	<p>Montar um esquema representando o DIPLÓTENO da PROFÁSE I:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- a cromatina está altamente condensada;</li> <li>- os cromossomos homólogos começam a se afastar, marcando o final do crossing-over;</li> <li>- o envoltório nuclear separa os cromossomos do restante da célula;</li> <li>- Fase onde o crossing-over é visível, devido à alta condensação das cromatídeos;</li> </ul> <p>* Se errar, perca uma jogada. RESPOSTA:</p> 	<p>Montar um esquema representando a METÁFASE I:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- os cromossomos homólogos pareados estão dispostos na região equatorial da célula;</li> <li>- os cromossomos estão altamente condensados;</li> <li>- os cromossomos estão ligados às fibras do fuso, que os levam em direção aos polos da célula;</li> <li>- o envoltório nuclear está desorganizado;</li> </ul> <p>* Se errar, volte 1 casa. RESPOSTA:</p> 	<p>Montar um esquema representando a ANÁFASE I:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- os cromossomos homólogos estão presos nas fibras dos fusos que os levam em direção aos polos da célula;</li> <li>- os cromossomos homólogos estão se afastando um dos outros;</li> <li>- o envoltório nuclear está desorganizado;</li> <li>- o citoplasma começa a se dividir;</li> </ul> <p>* Se errar, volte 1 casa. RESPOSTA:</p> 
<p>Montar um esquema representando a TELOFASE I:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- os cromossomos homólogos estão separados em diferentes células;</li> <li>- a membrana nuclear é reorganizada;</li> <li>- há formação de duas células n 2c</li> </ul> <p>* Se errar, perca uma jogada. RESPOSTA:</p> 	<p>Montar um esquema representando a METÁFASE II:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- esse evento ocorre nas duas células filhas formadas pela Meiose I;</li> <li>- os cromossomos estão dispostos na região equatorial da célula;</li> <li>- os cromossomos estão altamente condensados;</li> <li>- os cromossomos estão ligados às fibras do fuso, que os levam em direção aos polos da célula;</li> <li>- o envoltório nuclear está desorganizado;</li> </ul> <p>* Se errar, volte 2 casas. RESPOSTA:</p> 	<p>Montar um esquema representando a ANÁFASE II:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- esse evento ocorre nas duas células filhas formadas pela Meiose I;</li> <li>- as cromátides estão presas às fibras dos fusos que as levam em direção aos polos da célula;</li> <li>- as cromátides irmãs estão se afastando uma das outras;</li> <li>- o envoltório nuclear está desorganizado;</li> <li>- o citoplasma começa a se dividir;</li> </ul> <p>* Se errar, volte 1 casa. RESPOSTA:</p> 	<p>Montar um esquema representando a TELOFASE II:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- as cromátides irmãs estão separadas em diferentes células;</li> <li>- a membrana nuclear é reorganizada;</li> <li>- há formação de duas células haplóides;</li> </ul> <p>* Se errar, perca uma jogada. RESPOSTA:</p> 
<p>Montar um esquema mostrando a segregação dos alelos aaBB, os locais onde ocorrem meiose I e II indicando qual é reducional e qual é equacional</p> <p>* Se errar, volte 2 casas. RESPOSTA:</p> 	<p>Montar um esquema mostrando a segregação dos alelos aabb, os locais onde ocorrem meiose I e II indicando qual é reducional e qual é equacional</p> <p>* Se errar, volte 2 casas. RESPOSTA:</p> 	<p>Montar um esquema mostrando a segregação dos alelos AaBB, os locais onde ocorrem meiose I e II indicando qual é reducional e qual é equacional</p> <p>* Se errar, volte 2 casas. RESPOSTA:</p> 	<p>Montar um esquema mostrando a segregação dos alelos AAbb, os locais onde ocorrem meiose I e II indicando qual é reducional e qual é equacional</p> <p>* Se errar, volte 2 casas. RESPOSTA:</p> 
<p>Montar um esquema mostrando a segregação dos alelos AaBb, os locais onde ocorrem meiose I e II indicando qual é reducional e qual é equacional.</p> <p>* Se errar, volte 2 casas. RESPOSTA:</p> 	<p>Montar um esquema representando a segregação dos alelos Aa. Indicar onde ocorrem a Meiose I e a Meiose II e qual é reducional e qual é equacional.</p> <p>* Se errar, volte 3 casas. RESPOSTA:</p> 	<p>Represente a segregação independente dos alelos AaBb. Indicar qual divisão é reducional e qual é equacional.</p> <p>* Se errar, volte 2 casas. RESPOSTA:</p> 	<p>Montar um esquema mostrando a segregação dos alelos Aabb, os locais onde ocorrem meiose I e II indicando qual é reducional e qual é equacional.</p> <p>* Se errar, volte 2 casas. RESPOSTA:</p> 

Figura 3. Cartas do jogo que pedem a elaboração de um esquema representando alguma fase da meiose, ou a segregação alélica nos cromossomos homólogos e nas cromátides irmãs.

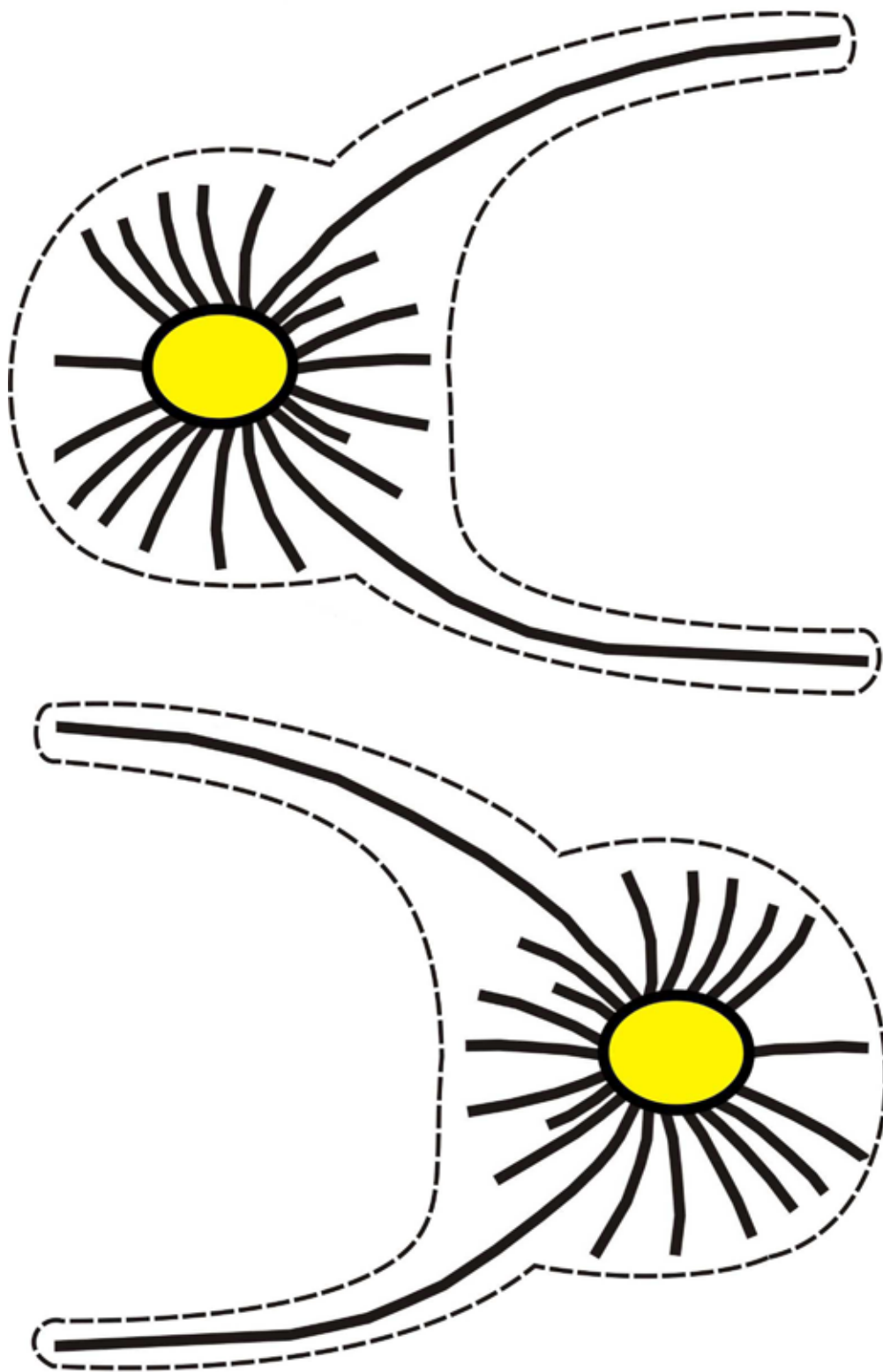


<p align="center"><b>CURIOSIDADE</b></p> <p>Um dos mecanismos hereditários não previstos por Mendel é a <b>co-dominância</b>, um tipo de ausência de dominância em que o indivíduo <b>heterozigoto</b> expressa simultaneamente os dois fenótipos parentais. Como exemplo podemos considerar a cor da pelagem em bovinos da raça Shorthorn: os indivíduos homozigotos AA têm pelagem vermelha; os homozigotos BB têm pelagem branca e os heterozigotos AB têm pelos brancos e pelos vermelhos alternadamente distribuídos.</p> <p>Essa descoberta trouxe avanços à genética, pois através dela, pôde-se entender processos que antes não eram compreendidos baseando-se apenas nas leis de Mendel.</p> <p>*Devido a essa descoberta, avance 2 casas.</p>	<p align="center"><b>CURIOSIDADE</b></p> <p>Uma importante restrição às leis de Mendel são os <b>genes ligados</b>. Eles se situam em um mesmo cromossomo e só irão se separar na ocorrência de um <b>crossing-over</b> entre eles, durante a meiose. Desse modo, podem ser formados gametas parentais e também, gametas recombinantes, em uma proporção que será de, no máximo 50%, e irá depender da distância existente entre os genes ligados.</p>  <p>* Devido a essa descoberta, avance 1 casa</p>	<p align="center"><b>CURIOSIDADE</b></p> <p>A noção de que uma célula só pode existir através de outra célula, assim como um animal só surge de outro animal e uma planta só surge de outra planta, transmite a <b>idéia da continuidade da vida</b>. A única maneira de uma célula surgir de outra é através da divisão das células pré-existentes. A capacidade da célula de se reproduzir é um dos processos fundamentais da vida e da perpetuação das espécies. Existem dois processos pelas quais as células se multiplicam conhecidos como mitose e meiose.</p> <p>* Avance 1 casa</p>	<p align="center"><b>CURIOSIDADE</b></p> <p>Ocorreu uma não disjunção dos cromossomos homólogos, durante sua separação na meiose I, resultando em células com excesso ou falta de cromossomos, levando ao surgimento de várias síndromes, entre elas a Síndrome de Down, trissomia do cromossomo 21, e a Síndrome de Klinefelter, na qual há a presença de mais de 2 cromossomos sexuais.</p> <p>* Devido a esse problema, fique uma rodada sem jogar.</p>
<p align="center"><b>CURIOSIDADE</b></p> <p>Um mecanismo hereditário não previsto por Mendel e que altera a proporção final esperada de um cruzamento são os <b>alelos letais</b>. Em 1905, o cientista Lucien Cuénot, baseando-se em experimentos em que estudava a herança da cor da pelagem em camundongos, verificou que esse tipo de herança não obedecia às proporções esperadas. Em seus estudos ele percebeu que indivíduos homozigotos dominantes para uma determinada característica morriam antes de nascer e que esse alelo, quando em homozigose era letal para o indivíduo que o possuía, mas, se esse alelo se encontra em heterozigose ele não levava o indivíduo à morte.</p> <p>Um alelo letal causa morte pré-natal ou pós-natal, ou ainda, produz uma deformidade significativa. O alelo letal pode ser dominante ou recessivo e pode se manifestar em alguns casos somente quando em heterozigose ou homozigose.</p> <p>* Devido a esse problema, volte 2 casas.</p>	<p align="center"><b>CURIOSIDADE</b></p> <p>O <b>crossing-over</b> é um mecanismo que ocorre entre as cromátides não irmãs de dois cromossomos homólogos e resulta em um aumento da <b>variabilidade genética</b>.</p> <p>Devido a esse fenômeno, ocorre uma maior variabilidade dos tipos de gametas formados ao final de cada meiose, o que contribui com uma maior diversidade de organismos e favorece a adaptação evolutiva da espécie, ou seja, o processo de recombinação genética acelera o processo evolutivo das espécies.</p> <p>* Devido ao aumento da variabilidade genética proporcionado pelo crossing-over, avance 2 casas.</p>	<p align="center"><b>CURIOSIDADE</b></p> <p>No início da Meiose cada célula apresenta um par de cromossomos homólogos e estes encontram-se duplicados. Assim, a célula é denominada <b>diploide</b> e apresenta quantidade de DNA 4C. No fim da Meiose I, com a separação dos cromossomos homólogos, a célula passa a ser então chamada de <b>haplóide</b>, com somente um lote cromossomal por célula e 2C de DNA, sendo cada cromossomo composto por duas cromátides. Com o fim do processo meiótico, há a formação de 4 células filhas com apenas um lote cromossômico cada, e quantidade C de DNA.</p> <p>* Avance 2 casas.</p>	<p align="center"><b>CURIOSIDADE</b></p> <p>Mesmo sendo de grande importância, as observações e interpretações de Mendel foram deixadas de lado por 35 anos. Os motivos dessa demora foram a <b>incompreensão das estruturas celulares</b> e de como as células se dividiam. Somente em 1900 houve conhecimento necessário sobre a célula e seus processos para que os princípios de Mendel pudessem ser devidamente interpretados.</p> <p>* Devido à demora na compreensão dos processos celulares, volte 2 casas.</p>

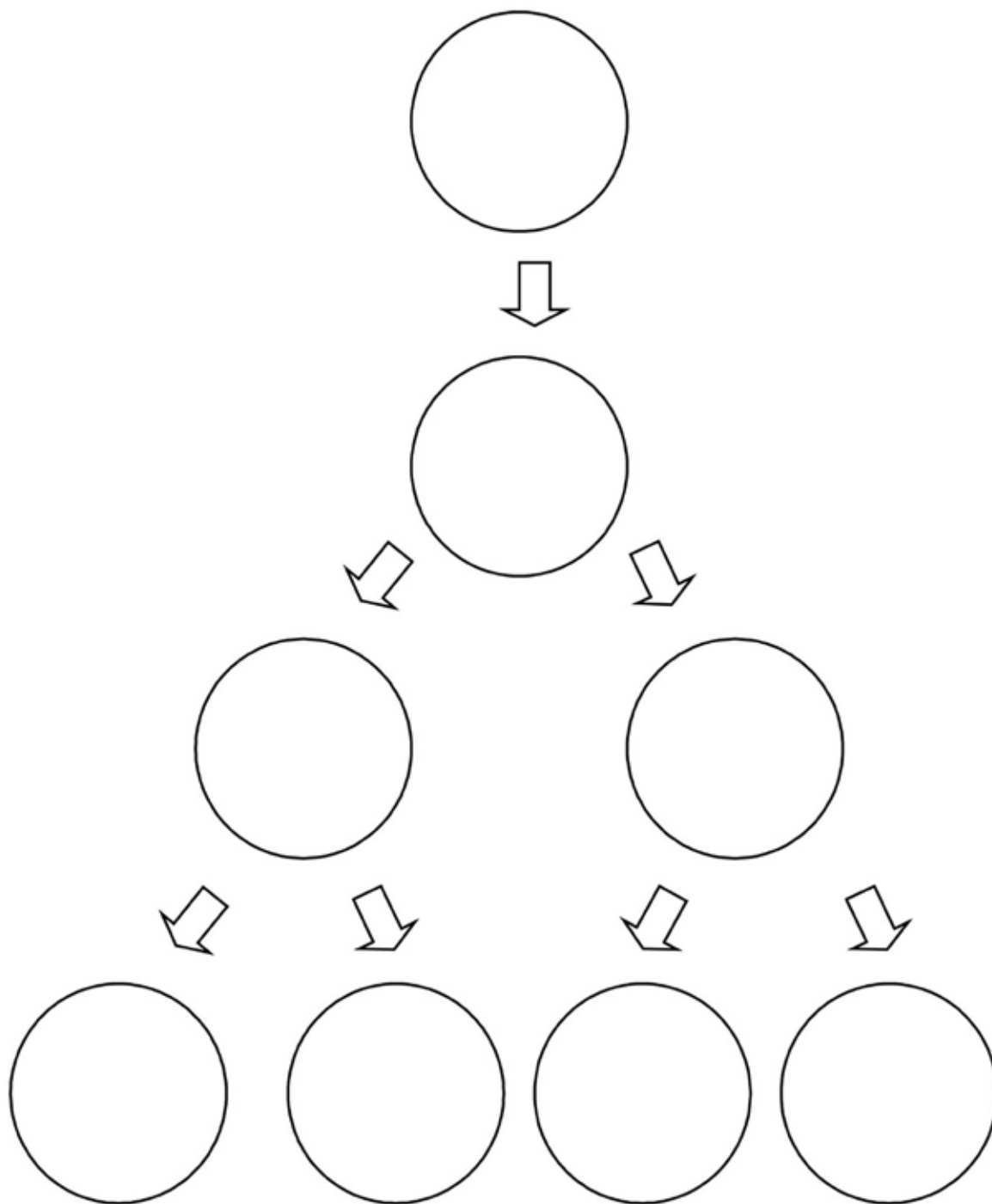
**Figura 4.** Cartas informativas, trazendo curiosidades sobre o tema proposto. Algumas fazem o grupo retroceder no tabuleiro, outras o fazem avançar



**Figura 5.** Vários desenhos de cromossomos e cromatinas, que deverão ser recortados para a montagem dos esquemas. Alguns apresentam alelos, que podem ou não estar indicados de maneira correta. Cada um é impresso na quantidade de seis cópias por kit de jogo.

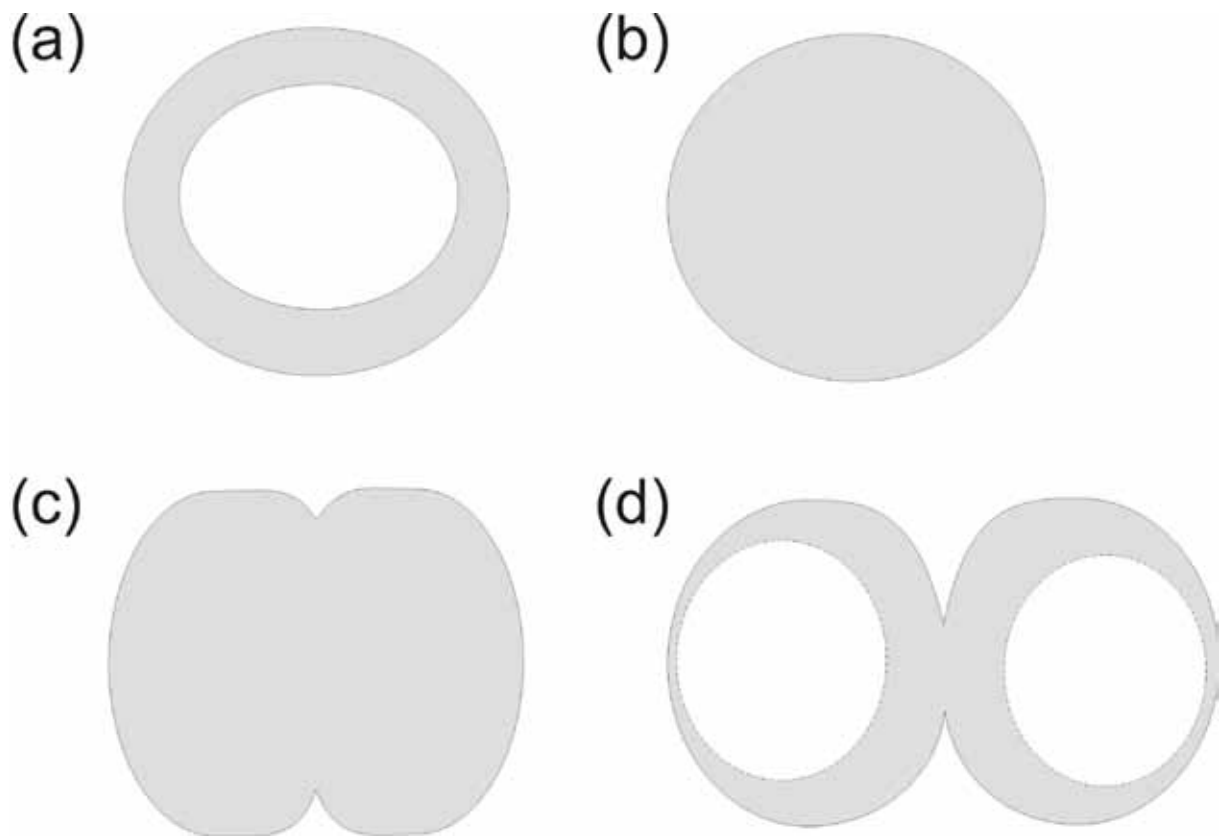


**Figura 6.** *Representação de um centrosomo com as fibras do fuso meiótico e fibras do áster.*



**Figura 7.** Fluxograma básico para a representação das divisões meióticas I e II. Usado para a montagem de esquemas exigidos pelas cartas, os quais podem se referir à meiose puramente, ou, à segregação alélica.





**Figura 8.** Representações de células sem cromossomos e outros morfocomponentes, usadas para a montagem de esquemas de prófases (a), metáfases (b) anáfases (c) e telófases (d).