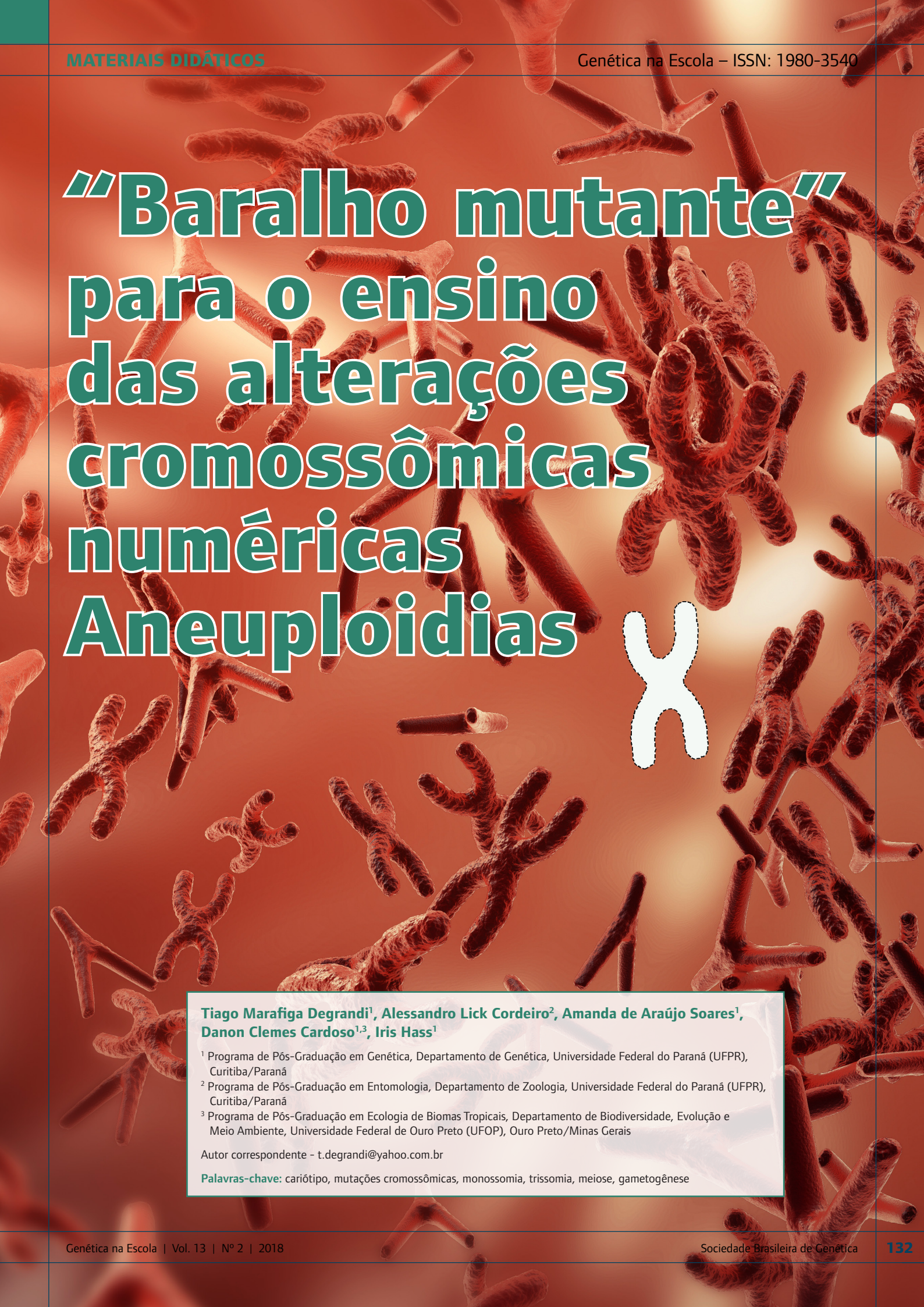


“Baralho mutante” para o ensino das alterações cromossômicas numéricas Aneuploidias



**Tiago Marafiga Degrandi¹, Alessandro Lick Cordeiro², Amanda de Araújo Soares¹,
Danon Cledes Cardoso^{1,3}, Iris Hass¹**


¹ Programa de Pós-Graduação em Genética, Departamento de Genética, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba/Paraná

² Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba/Paraná

³ Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais, Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Ouro Preto/Minas Gerais

Autor correspondente - t.degrandi@yahoo.com.br

Palavras-chave: cariótipo, mutações cromossômicas, monossomia, trissomia, meiose, gametogênese



Neste trabalho didático, é apresentada uma alternativa para o ensino das alterações cromossômicas numéricas, as aneuploidias. A atividade é proposta na forma de um jogo cujas cartas, contendo cromossomos são combinadas aos pares durante a montagem do cariótipo, originando assim diferentes aneuploidias. Além de proporcionar um momento de descontração, o jogo também favorece a participação ativa dos alunos na construção do conhecimento e no desenvolvimento de estratégias para dinamizar a aplicação.

APRESENTAÇÃO DO JOGO

Para este estudo foi elaborado um jogo de cartas com o objetivo de elucidar o tema das alterações cromossômicas numéricas do tipo Aneuploidias (Anexo). O jogo foi nomeado “Baralho Mutante” e pode ser aplicado em sala de aula para estudantes de ensino médio e superior.

A finalidade do jogo é a montagem de um cariótipo hipotético formado por dez pares de cromossomos ($2n=20$), que inclui nove

pares de cromossomos autossômicos e um par de cromossomos que determinam o sexo (Figura 1).

As cartas do jogo foram elaboradas contendo o número correspondente à posição do cromossomo no cariótipo; assim, do 1 ao 9 posicionam-se os cromossomos autossômicos. As letras X e Y foram utilizadas para definir os cromossomos que determinam o sexo, sendo XX para o cariótipo da fêmea, ou XY, para o macho.

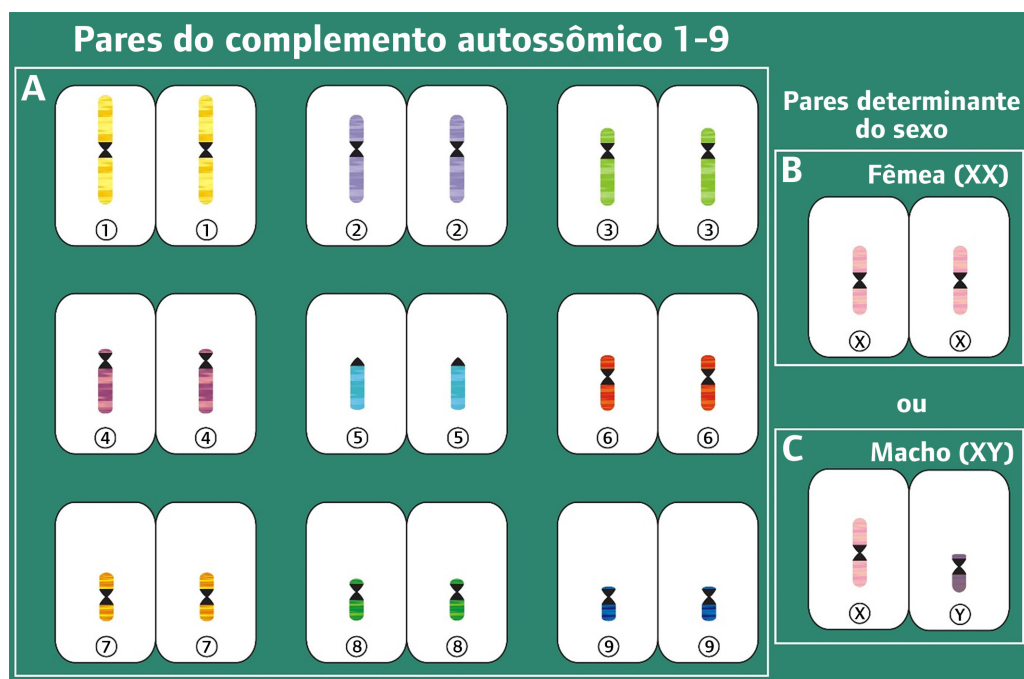


FIGURA 1.

Representação do cariótipo normal com $2n=20$ que pode ser montado com o jogo “Baralho Mutante”. No box A estão agrupados os cromossomos do complemento autossômico. Em B e C estão os cromossomos que determinam o sexo, que complementam a representação do cariótipo feminino XX e masculino XY, respectivamente.

Para que ocorra a formação das aneuploidias durante o jogo, as cartas podem conter um, dois e também não conter o idiograma do cromossomo. A combinação destas cartas em pares no cariótipo é que dará origem às diferentes aneuploidias. A nomenclatura para as possíveis aneuploidias do jogo pode ser vista na figura 2.

A fim de promover maior interação entre os jogadores, o jogo contém cartas com instruções que conferem tanto vantagens quanto

desvantagens ao jogador, como pode ser visto na figura 5. Ganha o jogo, o jogador que concluir um cariótipo primeiro, independente de conter ou não mutações cromossômicas.

O baralho completo é formado por 110 cartas e com ele o professor pode aplicar a prática para grupos de quatro alunos. Para a reprodução do material, o professor deve imprimir as figuras conforme as instruções apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1.

Instruções para impressão das cartas para construir o baralho.

Passos	Imprimir páginas, selecionar:	Nº de cópias para cada quatro jogadores
1º	Página da figura 3; página da figura 6	9 cópias
2º	Página da figura 4; página da figura 6	1 cópia
3º	Página da figura 5; página da figura 6	1 cópia

*Recomendamos a impressão em papel A4 250 g, para dar mais resistência às cartas. Solicitar aos alunos para que levem para a aula uma tesoura com ponta redonda para recortar as cartas.

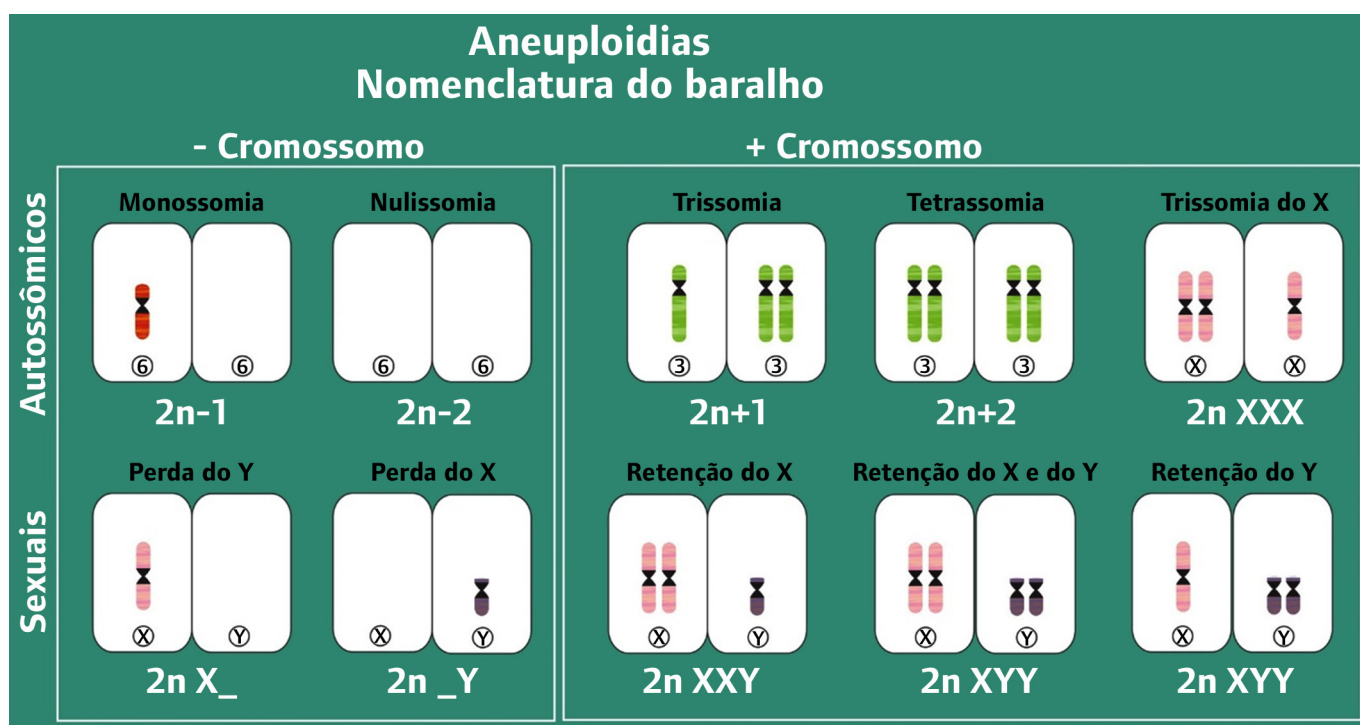
COMO PREPARAR O MATERIAL

Para confeccionar o jogo, utilizar o material de apoio: figuras 3, 4, 5 e 6. No momento da impressão, escolher a opção frente e verso. Selecionar imprimir páginas e, no espaço indicado, digitar o número da página em que se encontra a figura e a página da figura no

verso das cartas, conforme instruções da Tabela 1.

COMO JOGAR

1. Inicialmente os jogadores devem embaralhar as cartas; distribuir 12 cartas para cada um dos jogadores; o restante das cartas deve ficar sobre a mesa, em um monte que será utilizado para compra;

**FIGURA 2.**

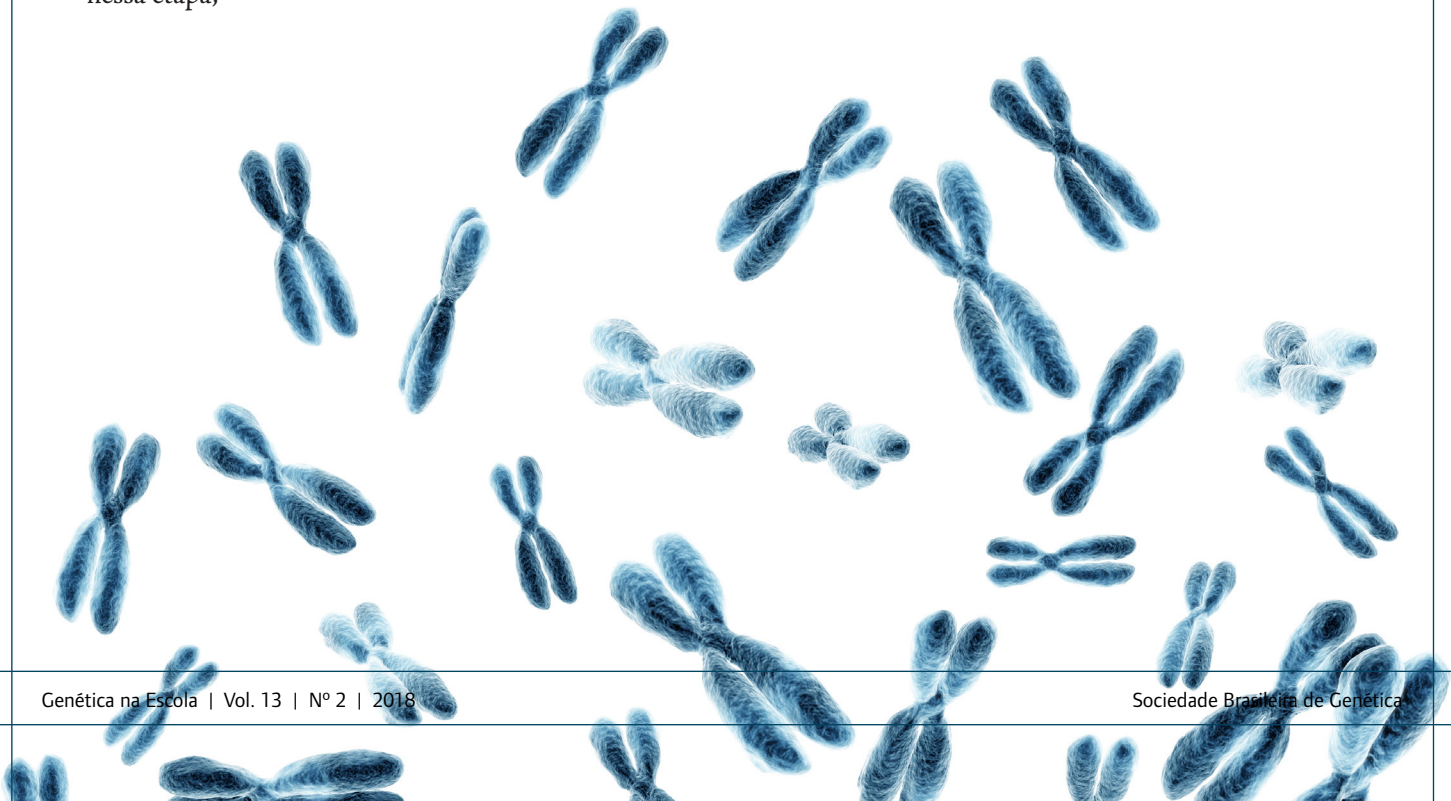
Simbologia e nomenclatura das alterações cromossômicas numéricas, Aneuploidias do Jogo “Baralho mutante”. Em cada carta está representado o número correspondente ao par cromossômico no cariótipo e o idiograma do cromossomo pode estar presente, ausente ou em mais de uma cópia.

2. O jogador deve observar, dentre as cartas recebidas, quais pares podem ser montados. Para isso, cada jogador deve guiar-se pelo número ou letra que a carta contém, identificando os pares de cromossomos;
3. Apenas os pares completos no primeiro instante devem ser baixados e organizados em ordem sobre a mesa, dando início à montagem do cariótipo. Ver exemplo do cariótipo na figura 1;

4. Os jogadores devem iniciar a primeira rodada de compra decidindo entre si quem será o primeiro jogador a pegar uma carta do monte, mantendo a mesma ordem de compra nas próximas rodadas;
5. A cada rodada de “compra” o jogador deve observar se pode ser formado um par de cromossomos com a carta que foi comprada. Caso seja formado um par, este deve ser inserido no cariótipo, que está sobre a mesa. Caso não forme um par, o jogador deve escolher uma, dentre suas cartas, para descartar no monte de descarte;
6. A carta que o jogador anterior descartou, poderá ser utilizada apenas pelo próximo jogador, se desejar. Caso a carta descartada não seja útil ao jogador subsequente ele deverá comprar uma carta e seguir a instrução nº5.
 - a. Os jogadores não podem utilizar as cartas para substituir/ou corrigir pares que já compõem o cariótipo;
7. Sempre que algum jogador ficar sem cartas na mão, terá o direito de comprar três cartas em uma mesma rodada de compra. Em seguida, ele deve escolher uma delas para descartar, permanecendo com duas cartas na mão;
8. Sempre que terminar o monte de compras, o monte de descarte deve ser reciclado tornando-se o monte de compra. É recomendado embaralhar o mesmo nessa etapa;
9. Cartas com instruções aparecerão durante o jogo e fornecerão uma maior interação entre os jogadores; os jogadores que tiverem em mãos estas cartas podem escolher o momento certo para utilizá-las, sempre que a instrução for cabível. Além disso, não é permitido descartar as cartas de instruções sem utilizá-las. No entanto, após utilizá-las, estas não devem voltar ao baralho de compra ou descarte;
10. O fim do jogo é sinalizado quando 3 jogadores concluírem o cariótipo. Mas recomendamos que seja permitido que o quarto jogador também possa concluir, buscando entre os montes as cartas que lhe faltam. Assim, este poderá participar da discussão com os colegas.
11. Ao final o professor deve auxiliar os grupos na descrição dos cariótipos que foram concluídos. Recomenda-se utilizar o guia de nomenclatura (Figura 2), e os conceitos de cada alteração.

QUESTÕES PARA O PROFESSOR ABORDAR APÓS O JOGO

O professor deverá solicitar aos jogadores que façam uma análise e descrição do cariótipo montado (quadro a seguir). Deve-se observar se ocorreu a formação de uma ou mais alterações cromossômicas numéricas e obedecer à nomenclatura apresentada na figura 2.



Análise e descrição do cariótipo $2n =$

Número de cromossomos autossomos =

Número de cromossomos determinantes do gênero =

X =

Y =

Foram observadas alterações cromossômicas numéricas

SIM ()

NÃO ()

Descreva

Quadro.

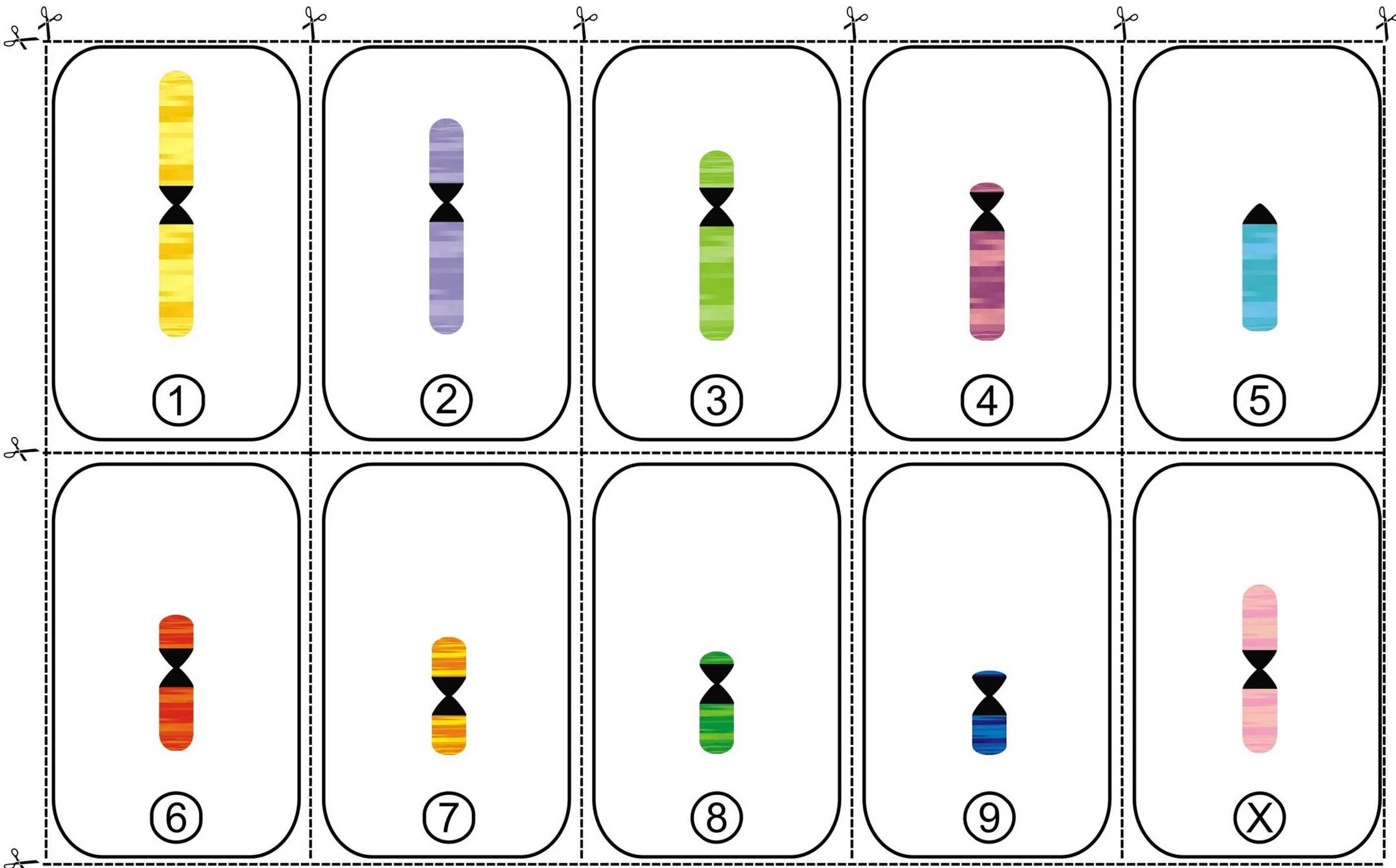


Figura 3.

Cartas para impressão e confecção do jogo, compreendendo os pares autossômicos 1 a 9 e o cromossomo X.

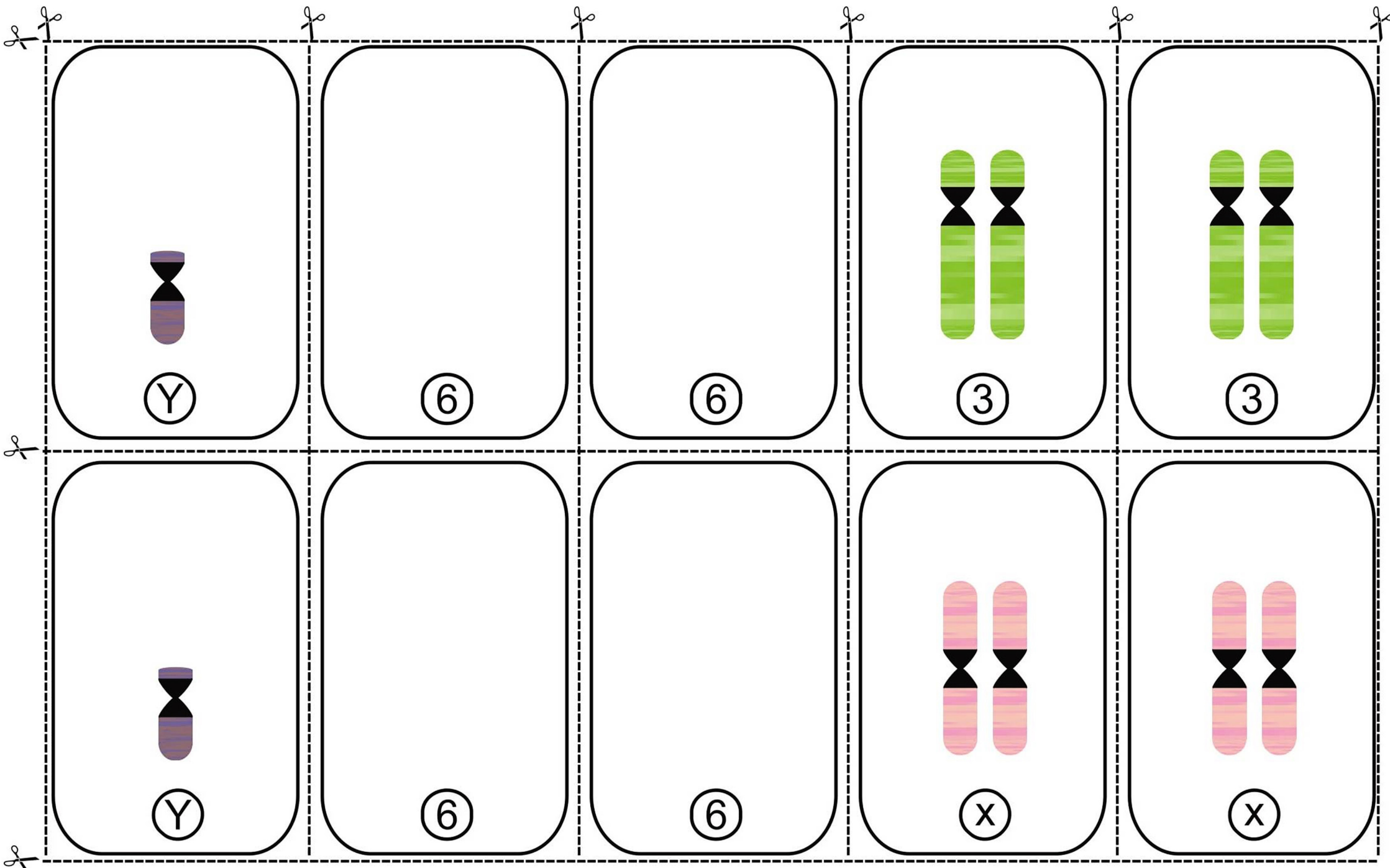


Figura 4.

Cartas para impressão e confecção do jogo, compreendendo o cromossomo Y e cartas com alterações cromossômicas.

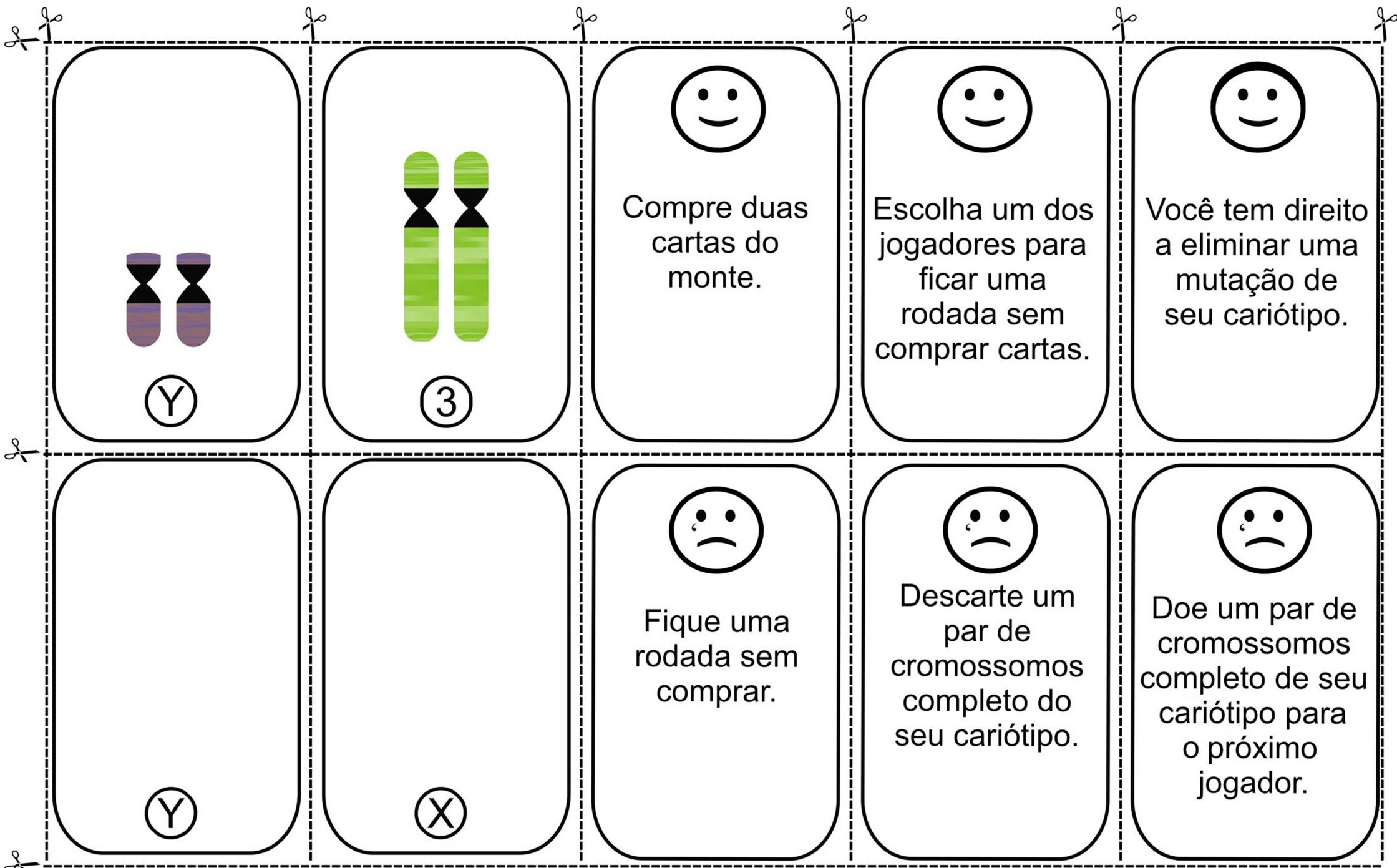


Figura 5.

Cartas para impressão e confecção do jogo, compreendendo cartas com alterações cromossômicas e cartas com instruções para promover a interação entre os jogadores.

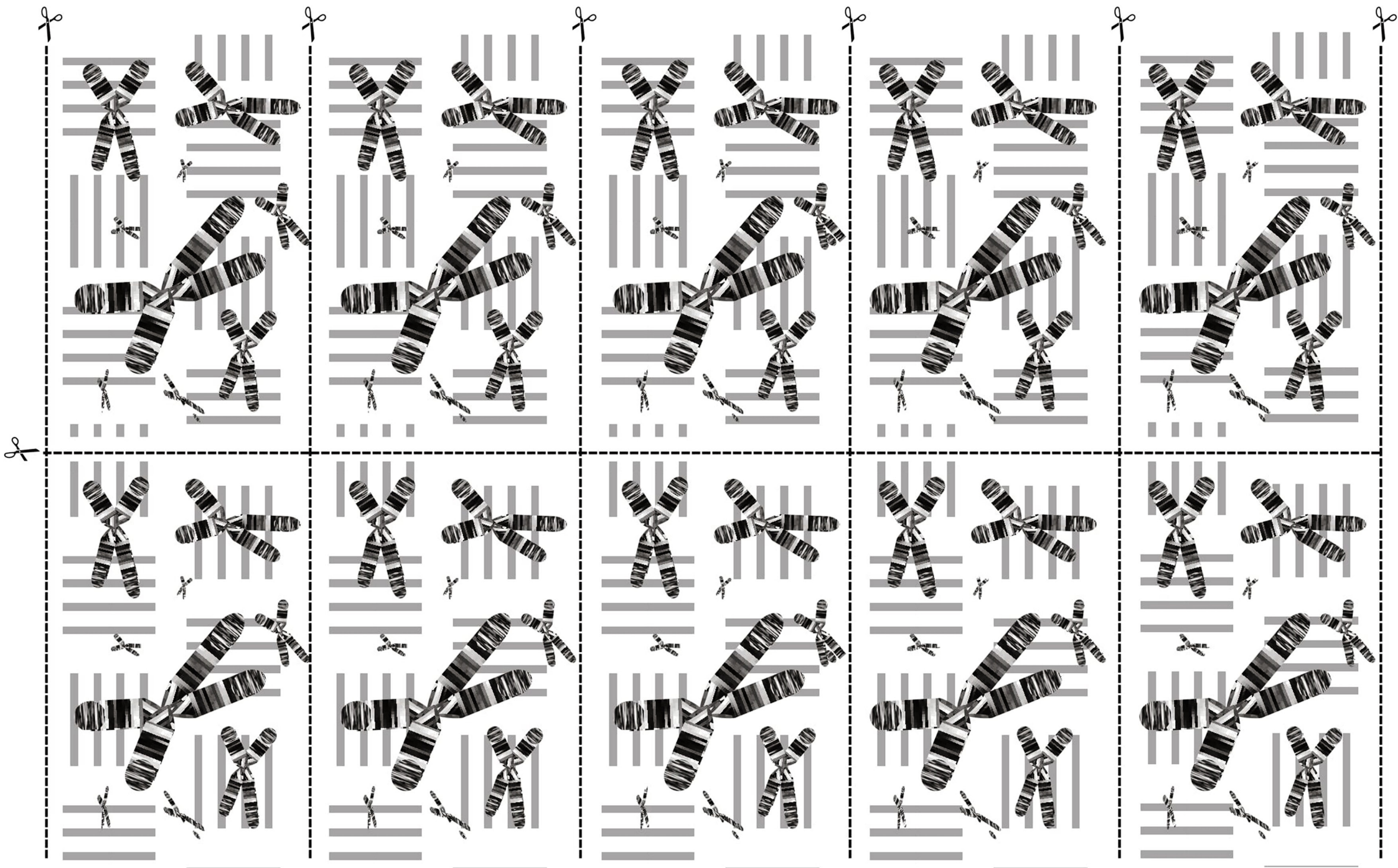


Figura 6.

Cartas para impressão e confecção do jogo, em frente e verso, sendo estas figuras a parte do verso para todas as cartas.

OUTRAS FORMAS DE UTILIZAR O BARALHO

O baralho também pode ser utilizado para abordar temas básicos como montagem de cariótipos, morfologia dos cromossomos, meiose e gametogênese.

1. Montagem do Cariótipo

Para uma abordagem mais simples de montagem do cariótipo, o professor deve retirar as cartas que contêm alterações cromossômicas e também as cartas com instruções, apresentadas nas figuras 4 e 5. Os jogadores podem seguir as mesmas instruções do jogo com as mutações. Devem ser identificados os cromossomos homólogos, seguindo para a

ordenação dos cromossomos de acordo com o tamanho (do maior para o menor) e a identificação dos cromossomos que determinam o sexo. Ver exemplo do cariótipo na figura 1.

2. Morfologia dos cromossomos

O baralho também pode ser utilizado para abordar as diferentes morfologias dos cromossomos. Para isso os alunos devem observar o quadro abaixo e classificar as morfologias de acordo com a posição do centrômero (metacêntrico, submetacêntrico, acrocêntrico e telocêntrico) conforme demonstrado na figura 7. O professor deve explicar as diferenças entre os braços cromossômicos (longo e curto) e como é identificado o centrômero.

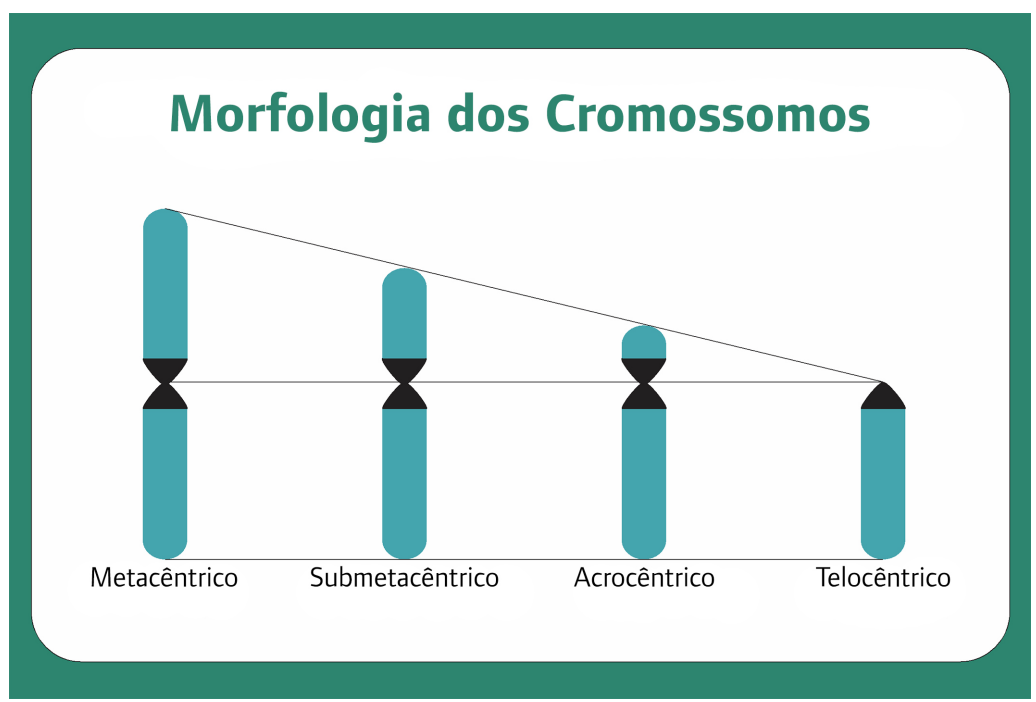


FIGURA 7.

Guia para classificação das morfologias cromossômicas de acordo com a posição do centrômero.

3. Meiose e gametogênese

Os cariótipos montados durante os jogos (tanto os normais ou com Aneuploidias) podem ser utilizados para abordar a meiose e gametogênese, identificando os gametas progenitores. Para isso, o pro-

fessor poderá solicitar aos alunos que, após montarem o cariótipo, separem cada membro de um par cromossômico (carta) aleatoriamente em dois grupos. Assim, serão formados os gametas progenitores do cariótipo montado.

ANEXO

ALTERAÇÕES CROMOSSÔMICAS NUMÉRICAS

As alterações ou mutações cromossômicas numéricas são variações observadas em indivíduos em relação ao número diploide padrão da espécie. Estas alterações são classificadas como Euploidia, quando a variação envolve o conjunto completo de cromossomos ou Aneuploidia quando afetam parcialmente o conjunto de cromossomos, ou seja, afetam pares cromossômicos.

ANEUPLOIDIAS

As aneuploidias podem envolver tanto a perda, quanto o acréscimo de cromossomos no complemento cariotípico. Elas são classificadas como:

- Nulissomia, quando ocorre a perda de um par de cromossomos homólogos ($2n-2$);
- Monossomia resulta da perda de um cromossomo em um par de cromossomos homólogos ($2n-1$);
- Trissomia, é o acréscimo de um cromossomo em um par de cromossomos homólogos ($2n+1$);

- Tetrassomia ocorre quando existem quatro cópias de um mesmo cromossomo ($2n+2$).

Além destas, as aneuploidias também podem afetar os cromossomos determinantes do sexo, ocorrendo tanto o excesso quanto à perda de cromossomos.

As aneuploidias podem surgir por não ocorrer disjunção de cromossomos durante as divisões mitótica e/ou meiótica, seja no momento da separação de cromossomos homólogos na meiose ou de cromátides irmãs, neste caso, podendo ocorrer tanto na mitose quanto na meiose II. A meiose tem especial importância, pois durante a formação dos gametas (Gametogênese) uma célula diploide ($2n$) é reduzida ao estado haploide (n), podendo eventualmente originar gametas Aneuploides. Assim, o gameta portador de uma Aneuploidia, quando fertilizado, resultará em um zigoto com o número de cromossomos diferente do valor diploide padrão para a espécie.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem especialmente aos alunos da disciplina de Citogenética Animal, do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná pela participação no desenvolvimento deste trabalho.

