

PROPOSTA DE MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO DE GENÉTICA: CROMOSSOMOS DE TECIDO

Lucas Trentin Larentis 

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos
llarentis@alunos.utfpr.edu.br

Lucimara Ascari Barboza 

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos
luascaribarboza@gmail.com

Ana Paula da Silva 

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos
anna-p-17@hotmail.com

Nédia de Castilhos Ghisi 

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos
nediaghisi@gmail.com

Resumo

Apesar dos processos complicados que envolvam o material genético dos seres vivos serem bem conhecidos, sensibilizar os estudantes e tornar esse conteúdo acessível ao seu conhecimento, nem sempre é tão fácil quanto parece. Especialmente, quando se trata de Genética, em geral, os estudantes apresentam duas visões: muito agradáveis ou muito detestáveis. Isso se deve ao caráter complexo e abstrato dessa área. Como uma forma de aproximar os educandos desse assunto, preconiza-se pela utilização de modelos didáticos. Estes materiais são essenciais na superação de certos desafios inerentes ao processo de ensino-aprendizagem. Nesse trabalho, objetiva-se a construção de um modelo didático para a promoção de uma ampla perspectiva sobre a organização cariotípica humana normal e suas variações mais frequentes. O material didático proposto consiste em 66 cromossomos de tecido, produzidos a partir de moldes em papel, e preenchidos com espuma sintética. Os moldes dos cromossomos foram desenhados de modo consonante às representações esquemáticas convencionais, para cromossomos humanos, estabelecidas pela comunidade científica. Com essa abordagem, pretende-se proporcionar aos docentes uma maneira fácil, simples e barata de representação dos cromossomos humanos. Além disso, pretende-se possibilitar aos educandos um melhor entendimento da organização do material genético na sua forma condensada, a compreensão da forma dos cromossomos metafásicos, a assimilação da montagem de cariótipos e a possibilidade de ocorrência de anomalias cromossômicas numéricas. A aplicação deste modelo didático junto a um grupo de estudantes para que seja verificada a sua eficácia é recomendada.

Palavras-chave: Modelo didático; aprendizado; Citogenética; cariótipo humano; mutações cromossômicas.

PROPOSAL OF A DIDACTIC MATERIAL FOR TEACHING GENETICS: FABRIC CHROMOSOMES

Abstract

Although the complicated processes involving the genetic material of living beings are well known, stimulating students, and making this content accessible to their knowledge, is not always as easy as it seems. Especially when it comes to Genetics, in general, students present two point of views: very pleasant or very detestable. This is due to the complex and abstract character of this area. As a way to bring students closer to this subject, it is recommended to use didactic models. These materials are essential in overcoming certain challenges inherent in the teaching-learning process. In this article, the objective is to build a didactic model to promote a wide perspective on the normal human karyotype organization and its most frequent variations. The proposed teaching material consists of 66 fabric chromosomes, produced from paper templates, and filled with synthetic foam. We designed the chromosome templates in line with conventional schematic representations, for human chromosomes, established by the scientific community. With this approach, we intended to provide teachers with an easy, simple and inexpensive way of representing human chromosomes. In addition, it is intended to enable students to better understand the organization of genetic material in its condensed form, the understanding of the shape of metaphasic chromosomes, the assimilation of karyotype assembly and the possibility of occurrence of numerical chromosomal abnormalities. We recommend the application of this didactic model with a group of students to verify its effectiveness.

Keywords: Didactic model; learning; Cytogenetics; human karyotype; chromosomal mutations.

1. INTRODUÇÃO

O genoma pode ser entendido como o conjunto total do material genético de um organismo (GRIFFITHS et al., 2009). Em organismos eucariotos, a maior parte do genoma está no núcleo das células, onde o material genético se organiza no formato de cromossomos, compondo o DNA nuclear; outra parte do genoma está no interior de organelas chamadas mitocôndrias e cloroplastos – sendo os cloroplastos exclusivos de células vegetais (SNUSTAD; SIMMONS, 2013). A estrutura conhecida como cromossomo é uma forma de manter o DNA condensado no interior do núcleo das células e, para fazê-lo, o DNA é envolvido em proteínas chamadas histonas. A máxima condensação do material genético é observada durante a mitose ou meiose, na fase chamada de metáfase (ALBERTS et al., 2011). Porções especiais do DNA, que possuem uma função específica definida, recebem o nome de genes. Nos genes estão gravadas as mensagens usadas na produção de todas as nossas proteínas e esse fenômeno é chamado de expressão gênica. Assim, os genes conferem os diferentes fenótipos dos seres vivos – as características observáveis – que podem ser modificados por influências ambientais (PIERCE, 2016).

Nós, seres humanos, possuímos 23 pares de cromossomos, 1 par deles é responsável pela determinação cromossômica do sexo de cada indivíduo – os cromossomos sexuais; e os outros 22 são os pares autossômicos, ou seja, determinam quase todas as nossas características (SNUSTAD; SIMMONS, 2013). A estrutura básica de um

cromossomo é formada por: (i) um centrômero; (ii) braços cromossômicos; e (iii) cromátides (Figura 1). Destaca-se que os cromossomos possuem algumas diferenças morfológicas e uma delas, o tamanho, é usada como parâmetro para ordená-los (e.g. em exames citogenéticos), de forma decrescente, do par 1 ao 22; e, ao final, os cromossomos sexuais X e Y. Outra típica diferença morfológica entre eles é a posição do centrômero. Dessa forma, como mostrado na Figura 2, eles podem ser classificados em: (i) metacêntricos: os braços cromossômicos possuem quase o mesmo tamanho; (ii) submetacêntricos: o centrômero está levemente deslocado para uma das extremidades, criando braços com tamanho desigual; (iii) acrocêntricos: o centrômero está localizado próximo a uma das extremidades do cromossomo, criando um “satélite”; e (iv) telocêntricos: o centrômero está na extremidade do cromossomo (PIERCE, 2016).

Embora os importantes processos envolvendo o nosso material genético serem bem conhecidos atualmente, o trabalho do professor, atuando como mediador, de forma a sensibilizar os estudantes sobre esse conhecimento, nem sempre é tão fácil quanto parece. Como argumentam Rocha e Silva (2016), os maiores desafios à compreensão conceitual de temas envolvendo Genética está na natureza abstrata dos conteúdos. Pode-se perceber esse desafio através de tópicos como a localização dos genes, a conformação do DNA e dos cromossomos, a divisão celular e a expressão gênica. Em parte, isso se deve ao quão minuciosos são esses processos ou quão

pequenas são as estruturas associadas. Uma das maneiras de promover a aproximação entre esse tipo de conteúdo complexo e os educandos, possibilitando o seu aprendizado e contribuindo com o trabalho do professor, é através do uso de modelos didáticos.

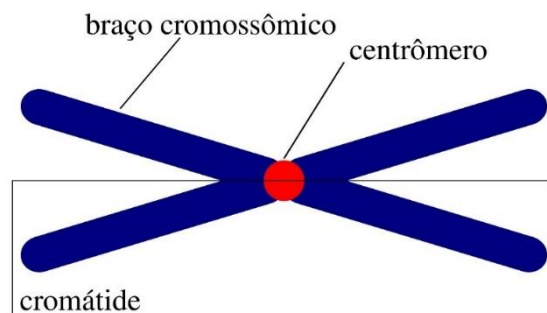


Figura 1. Desenho esquemático da estrutura básica de um cromossomo metafásico.

Apesar do número de cromossomos se manter constante entre os indivíduos de uma mesma espécie, podem ocorrer falhas durante alguns processos importantes como a divisão celular. Essas alterações no número de cromossomos de determinado organismo (através de mutações cromossômicas, por exemplo) podem desencadear quadros patológicos. Além disso, essas alterações numéricas podem ser classificadas em aneuploidias (alteração de um ou de alguns cromossomos) ou poliploidias (alteração do número de cromossomos do conjunto inteiro). Em seres humanos, as poliploidias são fatais, ou seja, incompatíveis com a vida. Nesse contexto, seres humanos com aneuploidias têm maiores chances de nascer e se desenvolver do que aqueles com poliploidias. As trissomias ($2n+1$) mais comuns são as síndromes de Down (+21); de Edwards (+18); e de Patau (+13). Podem ocorrer aneuploidias também nos cromossomos

sexuais X e Y. As principais patologias, nesse caso, decorrentes dessas alterações são as síndromes de Turner ($X0$) – uma monossomia ($2n-1$); de Klinefelter (XXY); de Jacobs (XYY) e a trissomia do X (XXX) (SNUSTAD; SIMMONS, 2013).

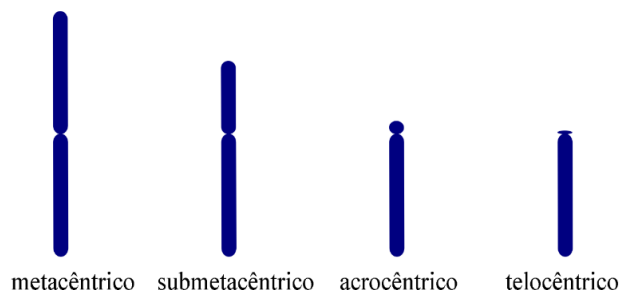


Figura 2. Classificação dos cromossomos quanto a posição do centrômero.

O objetivo principal deste material é proporcionar uma visão geral da organização do cariótipo humano. Através do modelo, além de demonstrar a configuração cariotípica mais comum, pode-se, da mesma maneira, possibilitar demonstrações visuais de possíveis anomalias que possam ocorrer. Por conta de partir de um princípio muito simples de demonstração, o modelo pode ser utilizado nas aulas de Biologia do Ensino Médio ou, inclusive, durante a disciplina de Genética para o Ensino Superior.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O modelo didático é composto por um conjunto de 66 cromossomos em tecido listrado. Ressalta-se a importância do uso de um tecido que seja listrado, pois isso permite reproduzir o padrão de bandeamento dos cromossomos, visto nas aplicações de técnicas citogenéticas. Apesar de os seres humanos possuírem 23 pares de cromossomos,

totalizando 46 cromossomos ao todo, o presente modelo didático possui 20 cromossomos adicionais para permitir a demonstração de cariótipos com possíveis alterações cromossômicas numéricas.

Os materiais utilizados na confecção foram: tecido listrado (de qualquer cor), linha para costura e espuma sintética para preenchimento. Os cromossomos foram construídos a partir de moldes em papel. Suas dimensões aproximadas e representações são apresentados nos Apêndices A e B, respectivamente. Os moldes foram desenhados de acordo com a representação esquemática e nas proporções mais próximas possíveis dos cromossomos humanos, como foi definido pela Conferência de Paris em 1971 (PARIS..., 1972).

Para a montagem das pranchas de figuras foi usado o editor de imagens Adobe® Photoshop® CS3, versão 10.0 (KNOLL et al., 2007); e para a criação das imagens ilustrativas o software livre de editoração de imagens Inkscape, versão 0.92.4 (ALBERT et al., 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao professor que aplicar o modelo didático e suas atividades, recomenda-se que tenha uma conversa com os alunos, antes de iniciar, sobre o respeito que se deve ter para com colegas que possam ter algumas das anomalias cromossômicas citadas. Ressalta-se que a inclusão desses alunos é indispensável, sempre tomando os devidos cuidados durante a fala e as demonstrações. Cabe ao professor explicar aos educandos que as pessoas que

convivem com quadros clínicos derivados de mutações cromossômicas não devem ser discriminadas ou excluídas das atividades. Mcinnes, Nussbaum e Willard (2002, p. 139) afirmam que, em referência a crianças com síndrome de Down, muitas delas desenvolvem-se em pessoas alegres, responsivas e autoconfiantes, a despeito das limitações.

De acordo com Rando et al. (2020, p. 116), o emprego de materiais didáticos “não é apenas significativo como necessário para contribuir para a melhoria na qualidade do ensino e aprendizado coletivo e individual dos alunos”. Isso exprime o que também afirmam Justina e Ferla (2006), dizendo que, como forma de facilitar a compreensão de conceitos essenciais em Genética, os modelos didáticos devem ser inseridos no processo de ensino-aprendizagem. Também como sugerem Johan et al. (2014, p. 801) as “representações mentais” criadas pelas pessoas para entender o mundo exterior são de extrema importâncias na assimilação de conceitos. Dessa maneira, também cabe ao professor ter o entendimento necessário das concepções dos alunos para poder usar os modelos didáticos adequadamente. Na Figura 3 está demonstrado um cariótipo normal com os cromossomos de tecido confeccionados conforme a descrição constante neste trabalho. Destaca-se que este será um material durável que o professor poderá usar em várias turmas e por muitos semestres, podendo inclusive ser armazenado no laboratório de Ciências da instituição de ensino para uso posterior e por outros colegas professores em suas aulas. O modelo é

composto por um número suficiente de cromossomos que permite representar diferentes configurações cariotípicas, possibilitando o estudo de várias anomalias cromossômicas numéricas, em especial as aneuploidias, como trissomias e monossomias

(Figura 4). Como exemplo de aplicação, são propostas quatro atividades abaixo. Isso permitirá aos alunos conhecerem as diferentes possibilidades de arranjos cromossômicos e suas implicações fenotípicas e patológicas.

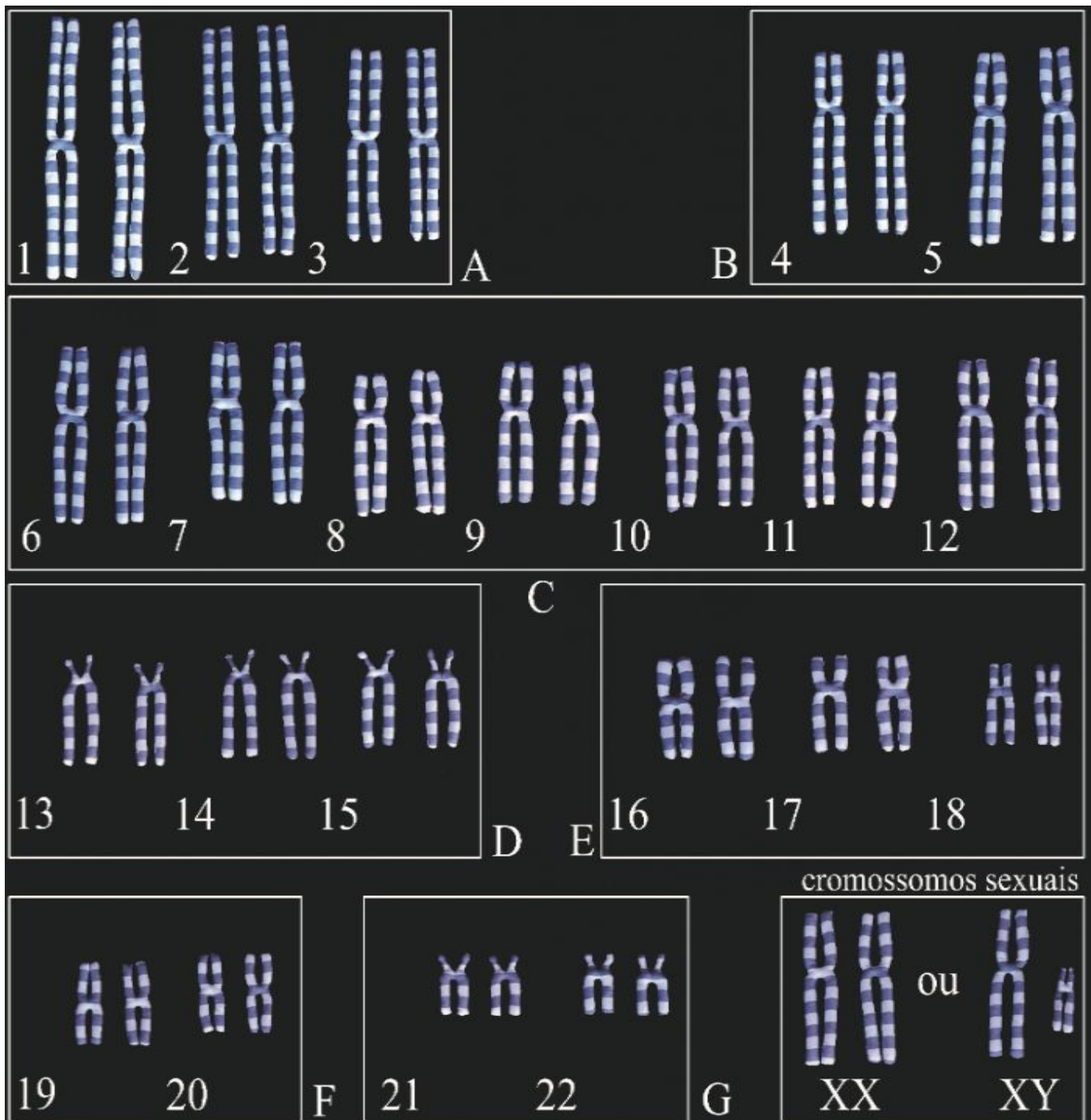


Figura 3. Demonstração da disposição de um cariótipo humano normal (de ambos os sexos) através dos cromossomos de tecido. Estão representados os grupos de cromossomos segundo a Conferência de Londres sobre Cariótipo Humano Normal de 1963. Grupo A: cromossomos meta e submetacêntricos 1, 2 e 3; Grupo B: cromossomos submetacêntricos 4 e 5; Grupo C: cromossomos submetacêntricos 7, 8, 9, 10, 11, 12 – esse grupo inclui o cromossomo sexual X; Grupo D: cromossomos acrocêntricos 13, 14 e 15; Grupo E: cromossomos submetacêntricos 16, 17 e 18; Grupo F: cromossomos metacêntricos 19 e 20; e Grupo G: cromossomos acrocêntricos 21, 22 – esse grupo inclui o cromossomo sexual Y (LONDON..., 1963).

Outra importante vantagem desse modelo didático é a possibilidade do seu uso para com alunos portadores de deficiência. Como apontam Delou et al. (2016), o ensino para alunos com necessidades educacionais especiais pode ser facilitado através do uso de materiais didáticos. Rocha e Silva (2016) alegam que, mesmo em referência à Genética, o ensino tende a ser percebido e apoiado com recursos visuais. No caso de estudantes com baixa visão ou deficiência visual, entretanto, o processo de ensino-aprendizagem não pode se limitar somente a meios visuais, correndo o risco de prejudicá-los.

A abordagem aqui apresentada, contudo, pode ser eficientemente aplicada a estudantes com deficiência visual, viabilizando, dessa forma, um aprendizado significativo

dessa temática. Por meio desse modelo, os alunos poderão (i) compreender a organização do material genético na sua forma condensada; (ii) tatear os cromossomos de tecido e perceber o formato dos cromossomos metafásicos – o que compreende conhecimentos sobre divisão celular; e (iii) assimilar a montagem de cariótipos e a ocorrência de anomalias cromossômicas numéricas.

O modelo também se apresenta muito dinâmico, haja visto que através dos moldes disponibilizados no Apêndice B, o professor pode fazer quantas cópias dos cromossomos forem necessárias e, dessa forma, abordar alterações cromossômicas menos comentadas, como as trissomias dos cromossomos 8, 9, 16 e 22. O dinamismo do modelo didático é percebido como algo muito positivo, estando

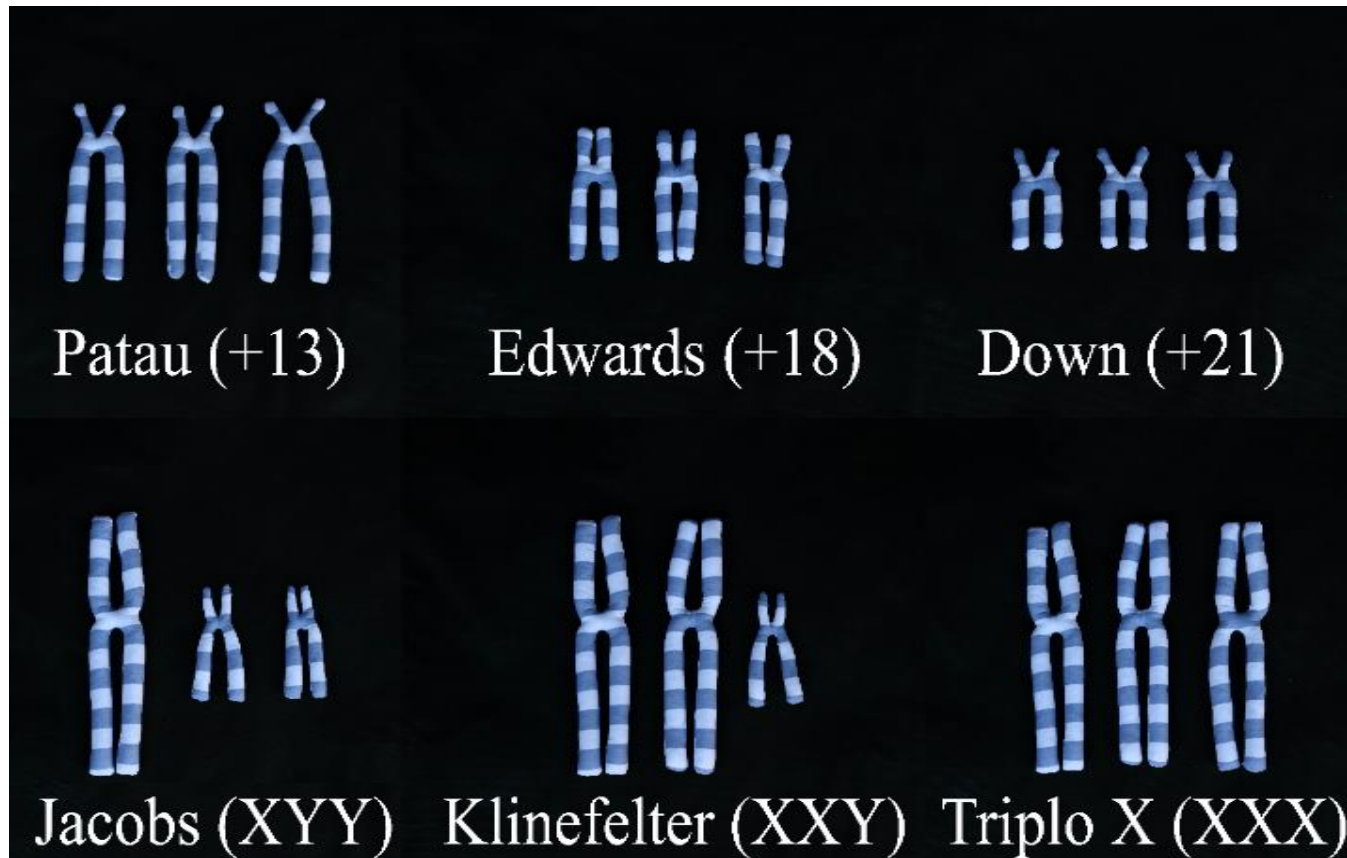


Figura 4. Demonstração de algumas configurações cromossômicas anômalas com o material didático proposto, com as respectivas denominações das síndromes decorrentes.

relacionado a fixação dos conhecimentos e ao desenvolvimento da autonomia do estudante (SETÚVAL; BEJARANO, 2009).

Assim como proposto por Pinho, Rivas e Campelo (2012), algumas atividades são sugeridas aos docentes que providenciarem a confecção dos cromossomos de tecido, objetivando que os alunos compreendam a organização do cariótipo humano. Em sala de aula, o professor organiza os alunos em uma roda, no meio da sala, em volta de uma manta com os cromossomos de tecido sobre ela. A partir desse momento, o professor pode desenvolver várias atividades diferentes envolvendo poucos alunos por vez, enquanto os outros observam e auxiliam na resolução dos exercícios pensados.

Abaixo são propostas quatro diferentes atividades envolvendo este modelo didático. Através dessas atividades sugeridas, o professor poderá trabalhar com os estudantes temas relacionados a ordenação dos cromossomos na montagem de cariótipos, as distinções cromossômicas sexuais e algumas anomalias cromossômicas comuns. Essas atividades propostas, assim como outras inúmeras possibilidades que possam ser posteriormente desenvolvidas pelo docente, permitirão a interação dos alunos. O professor deverá planejar as atividades previamente de acordo com a realidade de aprendizagem de cada turma e escola.

Atividade 1

O professor espalha os 46 cromossomos sobre a manta. A indicação nesta primeira

atividade é para que os alunos determinem a organização por pares e com ordem correta dos cromossomos (do maior para o menor), assim como um especialista na área de Citogenética faria para um exame de cariótipo, organizando-os por tamanho do cromossomo 1 ao 22, além dos cromossomos sexuais. O objetivo desta atividade inicial é que os alunos se familiarizem com os cromossomos e a organização correta deles em um cariótipo.

Atividade 2

Sobre a manta são espalhados novamente todos os cromossomos. O professor pede aos alunos que arranjem de modo correto, num primeiro momento, o cariótipo normal feminino e, em seguida, o masculino. O objetivo desta atividade é que os alunos consigam diferenciar os cariótipos masculino e feminino, definidos através dos cromossomos sexuais X e Y.

Atividade 3

Sobre a manta, com um dos cariótipos da Atividade 2 montado, o professor adiciona um cromossomo 21 a mais. Na sequência, o professor mostra o fenótipo de um indivíduo que possui síndrome de Down, causada pela presença de um cromossomo 21 adicional, e explica algumas características. O objetivo desta atividade é compreender que o cariótipo pode apresentar mutações, exemplificada pela adição de um cromossomo 21.

Atividade 4

O professor dispõe os cromossomos sobre a manta de forma que os alunos devam identificar possíveis anomalias no cariótipo. Por exemplo, incluir três cromossomos 21 ao conjunto e instigar os alunos a descobrir o que há de diferente. Nesse caso, o esperado é que os alunos identifiquem a trissomia do cromossomo 21, causadora da síndrome de Down. Essa atividade pode envolver outras anomalias cromossômicas, como as síndromes de Edwards e Patau, bem como algumas aneuploidias dos cromossomos sexuais, como as síndromes de Klinefelter, de Turner e de Jacobs. O objetivo desta atividade é instigar os alunos a montarem os cariótipos, buscando as alterações de cromossomos excedentes ou faltantes e associando estas mutações às características fenotípicas decorrentes.

4. CONCLUSÃO

Tendo em vista que a nova geração de professores, incluindo os docentes em formação, são estimulados constante a desenvolver e aplicar diferentes métodos de ensino, os modelos didáticos e outros recursos são essenciais. Além disso, o professor, atuando como mediador no processo de aprendizado, deve constantemente incentivar seus alunos a buscarem os conhecimentos por si, tendo por base conhecimentos previamente adquiridos.

Para o professor, variar as formas de ensinar é uma tarefa árdua, considerando, por vezes, os recursos limitados. Dessa maneira, espera-se que este material oportunize uma visão geral da organização cariotípica humana normal e suas variações mais comuns, de modo

lúdico e prático, despertando o interesse dos estudantes. Recomenda-se a aplicação do modelo didático junto a um grupo de estudantes para que seja verificada a sua eficácia.

REFERÊNCIAS

ALBERT, M. et al. **Inkscape**: Draw Freely. Versão 0.92.4. Inkscape Inc., 2019. Disponível em: <<https://inkscape.org/pt-br/>>. Acesso em: 25 ago. 2020.

ALBERTS, B. et al. **Fundamentos da biologia celular**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

DELOU, C. et al. É possível ensinar a genética para alunos cegos? **Conhecimento & Diversidade**, v. 8, n. 16, p. 84-99, jul./dez. 2016.

GRIFFITHS, A. J. F. et al. **Introdução à Genética**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

JOHAN, C. S. et al. Promovendo a aprendizagem sobre fungos por meio de atividades práticas. **Ciência e Natura**, v. 36, ed. Especial II, p. 798-805, 2014.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de Genética - exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. **Arquivos do Mudi**, v. 10, n. 2, p. 35-40, 2006.

KNOLL, T. et al. **Adobe Photoshop CS3**. Versão 10.0. Adobe Inc., 2007.

LONDON Conference on the Normal Human Karyotype, The. **Cytogenetics**, v. 2, n. 4-5, p. 264-268, 1963. Disponível em: <<https://www.karger.com/Article/Pdf/129783>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

MCINNES, R. R.; NUSSBAUM, R. L.; WILLARD, H. F. **Thompson & Thompson: genética médica**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

PARIS Conference (1971): Standardization in Human Cytogenetics. **Birth Defects: Original Article Series**, v. 8, n. 7, 1972. Disponível em: <<https://www.karger.com/Article/Pdf/130202>> . Acesso em: 13 abr. 2020.

PIERCE, B. A. **Genética: um enfoque conceitual**. 5. ed. reimpr. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

PINHO, J. D.; RIVAS, P. M. S.; CAMPELO, D. D. Montagem de cariótipo humano: uma atividade didática alternativa e de fácil aplicação. **Genética na Escola**, v. 7, n. 2, p. 74-77, 2012.

RANDO, A. L. B. et al. A importância do uso de material didático como prática pedagógica. **Arquivos do Mudi**, v. 24, n. 1, p. 107-119, 2020.

ROCHA, S. J. M.; SILVA, E. P. Cegos e aprendizagem de genética em sala de aula: percepções de professores e alunos. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 22, n. 4, p. 589-604, 2016.

SETÚVAL, F. A. R.; BEJARANO, N. R. R. Os modelos didáticos com conteúdos de Genética e a sua importância na formação inicial de professores para o ensino de Ciências e Biologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., Florianópolis, SC, 08-13 nov. 2009. **Atas...**, Florianópolis, SC: ABRAPEC, 2009. Disponível em: <<https://bit.ly/2EBgFI3>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

SNUSTAD, D. P.; SIMMONS, M. J. **Fundamentos de genética**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

APÊNDICES**APÊNDICE A**

A Tabela 1 contém a indicação das dimensões de cada molde.

Tabela 1. Indicação das dimensões de cada molde. Braço p: braço cromossômico curto; Braço q: braço cromossômico longo.

Cromossomo	Comprimento (cm)	Braço p (cm)	Braço q (cm)
1	52,8	25,2	27,6
2	49,2	20,4	28,8
3	42	20,4	21,6
4	38,4	12	26,4
5	37,2	10,8	26,4
6	36	12	24
7	33,6	13,2	20,4
8	30	12	18
9	30	10,8	19,2
10	28,8	9,6	19,2
11	28,8	9,6	19,2
12	28,8	8,4	20,4
13	25,2	4,8	20,4
14	22,8	4,8	18
15	21,6	4,8	16,8
16	20,4	8,4	12
17	20,4	7,2	13,2
18	18	6	12
19	16,8	7,2	9,6
20	15,6	8,4	7,2
21	12	3,6	8,4
22	12	3,6	8,4
X	31,2	13,2	18
Y	13,2	3,6	9,6

APÊNDICE B

Desenhos dos cromossomos (moldes) em tamanho real aproximado

