



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA - CAV

AYRTON AGRIPINO DE SOUZA SILVA

**CONFECÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS PARA O PROCESSO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM SOBRE A ESTRUTURA DOS CROMOSSOMOS E A MEIOSE**

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO
2018

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA - CAV
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

AYRTON AGRIPINO DE SOUZA SILVA

**PROPOSTA DE MODELOS DIDÁTICOS PARA O PROCESSO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM SOBRE A ESTRUTURA DOS CROMOSSOMOS E A MEIOSE**

Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura apresentado ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, como requisito para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cristina Lauer Garcia

**VITÓRIA DE SANTO ANTÃO
2018**

Catálogo na fonte
Sistema de Bibliotecas da UFPE - Biblioteca Setorial do CAV.
Bibliotecária Jaciane Freire Santana, CRB4-2018

S586c Silva, Ayrton Agripino de Souza.
Confecção de modelos didáticos para o processo de ensino-aprendizagem sobre a estrutura dos cromossomos e a meiose / Ayrton Agripino de Souza Silva.
- Vitória de Santo Antão, 2018.
36 folhas; il.: color.

Orientadora: Ana Cristina Lauer Garcia.
TCC (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, CAV, Licenciatura em Ciências Biológicas, 2018.

1. Genética - Estudo e ensino. 2. Divisão celular. I. Garcia, Ana Cristina Lauer (Orientadora). II. Título.

576.507 CDD (23.ed.)

BIBCAV/UFPE-151/2018

AYRTON AGRIPINO DE SOUZA SILVA

**CONFECÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS PARA O PROCESSO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM SOBRE A ESTRUTURA DOS CROMOSSOMOS E A MEIOSE**

Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura apresentado ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, como requisito para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 29/11/2018.

BANCA EXAMINADORA

Professora Dra. Ana Cristina Lauer Garcia
Universidade Federal de Pernambuco
Centro Acadêmico de Vitória

Professor Dr. Ricardo Ferreira das Neves
Universidade Federal de Pernambuco
Centro Acadêmico de Vitória

Professor Dr. Martín Alejandro Montes
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Biologia

AGRADECIMENTOS

O meu interesse na área da Genética se deu desde o ensino médio e só aumentou após meu ingresso no ensino superior, principalmente depois de cursar uma disciplina eletiva ofertada ao curso de Ciências Biológicas da UFPE, Centro acadêmico de Vitória de Santo Antão (CAV), chamada de Introdução à Citogenética, ministrada pela profa. Dra. Ana Cristina Lauer Garcia. Professora que me forneceu a oportunidade de crescer dentro do meio acadêmico através de trabalhos e cobranças, sendo com ela o meu primeiro trabalho apresentado em congresso. Mais tarde, se tornando minha orientadora do Trabalho de Conclusão de Cursos (TCC), por meio do qual promoveu meu amadurecimento pessoal tanto como pessoa como futuro profissional a cada orientação recebida.

Gostaria também de agradecer grandemente aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando e cobrando de mim, vendo o potencial que muitas vezes eu mesmo não conseguia enxergar. Exigindo boas notas e servindo de alicerce para o meu desenvolvimento pessoal e profissional. Sempre me incentivando a participar de todas as atividades acadêmicas e a agarrar as oportunidades que a vida oferecesse. Também gostaria de agradecer aos meus amigos, por aguentarem meus momentos de estresse, não foram poucos, e me aturar por todo esse tempo, me dando apoio e me motivando sempre.

RESUMO

A genética é considerada uma das áreas da biologia mais difíceis para compreensão e assimilação de conteúdos pelos estudantes, e isso em partes se deve ao emprego de conceitos abstratos e ao fato da disciplina trabalhar com aspectos microscópicos, o que distancia seus assuntos da realidade dos educandos. Embora os livros didáticos sejam ferramentas importantes no processo de ensino e de aprendizagem, os modelos didáticos são alternativas valiosas para facilitar a compreensão de conceitos complexos, especialmente na área das Ciências. Assim, o presente trabalho teve como objetivo confeccionar dois modelos didáticos com a utilização de materiais duráveis e de baixo custo, sendo um com a finalidade de representar os diferentes níveis de compactação do DNA e outro para demonstrar o comportamento cromossômico durante a meiose. Os modelos construídos podem permitir que o professor aborde assuntos que alicerçam o ensino da genética, tais como a constituição química dos cromossomos e a importância do *crossing-over* e da segregação aleatória dos cromossomos homólogos para a variabilidade genética. Conceitos como alelos, *locus*, homocigoto e heterocigoto também podem ser explorados com a utilização dos modelos propostos. Os benefícios da utilização dos modelos didáticos têm sido amplamente reconhecidos e diversos autores apontam a contribuição dessa metodologia para a facilitação do aprendizado de assuntos relacionados à genética. Desta forma, esperamos que os modelos aqui apresentados sirvam de estímulo e auxiliem na melhoria das aulas de Ciências.

Palavras-chave: Divisão celular. Nucleossomo. Solenóide.

ABSTRACT

Genetics is considered one of the most difficult areas of biology for students to understand and assimilate, and this is partly due to the use of abstract concepts and to the fact that the discipline works with microscopic aspects, which distances its subjects from the reality of the students. Although textbooks are important tools in the teaching and learning process, didactic models are valuable alternatives to facilitate the understanding of complex concepts, especially in the area of science. Thus, the present work had as objective to make two didactic models with the use of durable and low-cost materials, one with the purpose to represent the different levels of DNA compaction and another to demonstrate the chromosomal behavior during the meiosis. The constructed models can allow the professor to address issues that underlie the teaching of genetics, such as understanding the chemical constitution of chromosomes and the importance of crossing-over and random segregation of homologous chromosomes for genetic variability. Concepts such as alleles, *locus*, homozygous and heterozygous can be also explored using the proposed models. The benefits of the use of didactic models have been widely recognized and several authors point out the contribution of this methodology to the facilitation of learning about subjects related to genetics. In this way, we hope that the models presented serve as stimulus and help in the improvement of science classes.

Keywords: Cell division. Nucleosome. Solenoid.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 JUSTIFICATIVA	10
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
3.1 A importância do ensino de genética	11
3.2 Dificuldades no aprendizado da genética	12
3.3 Importância do uso de modelos didáticos no ensino de genética	14
4 OBJETIVOS	Erro! Indicador não definido.
4.1 Objetivo geral:	Erro! Indicador não definido.
4.1 Objetivos específicos:	Erro! Indicador não definido.
5 METODOLOGIA.....	17
5.1 Elaboração do modelo didático sobre os níveis de compactação do DNA	18
5.2 Elaboração do modelo didático sobre meiose.....	19
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
7 CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

A Genética é o ramo das Ciências Biológicas que estuda a transmissão, as alterações e a expressão dos genes que determinam as características fenotípicas dos organismos bem como a investigação da diversidade genética nas populações e nas espécies e seu destino ao longo das gerações, ou seja, a evolução (CASAGRANDE, 2006). Embora as bases da Genética tenham sido estabelecidas com o trabalho de Gregor Mendel e redescobertas há mais de um século, os assuntos referentes a esta área de estudo estão cada vez mais presentes em nossas vidas, sendo fundamental que os estudantes de Ensino Médio compreendam os conceitos básicos desta disciplina (BADZINSKI; HERMEL, 2015).

Exemplificando o quanto a genética está presente nas discussões científico-contemporâneas merecem destaque as notícias sobre casos de investigações criminalistas e de paternidade, envolvendo análises de Ácido Desoxirribonucleico (DNA). Algumas reportagens mencionando a necessidade de compatibilidade genética em casos de transplantes, terapias para cura de doenças hereditárias, produção de alimentos geneticamente melhorados, espécies com genomas sequenciados, clonagem de animais e os recentes avanços na área da biologia reprodutiva, também que ilustram o quanto a genética se insere em nosso cotidiano (PAIVA; MARTINS, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2012). Embora o DNA seja a molécula-chave para a compreensão destas questões o conhecimento sobre sua estrutura e a relação com os cromossomos e genes e, ainda, o comportamento dos cromossomos durante o ciclo celular, são temas considerados de difícil compreensão para os estudantes do Ensino Médio no Brasil (BRAGA; FERREIRA; GASTAL, 2009; TEMP; SANTOS, 2013), uma vez que são abstratos e estão fora do campo de visão do aluno.

Para que a população possa entender as aplicações da genética no nosso cotidiano são necessários conhecimentos básicos que devem ser adquiridos na escola. No entanto, o emprego de conceitos abstratos e o fato desta área de ensino trabalhar com aspectos microscópicos, acaba por distanciar seus conteúdos da realidade dos alunos, os quais muitas vezes apenas decoram termos ao invés de verdadeiramente aprendê-los e relacioná-los com questões do seu dia a dia (CARBONI; SOARES, 2001; TEMP, 2011). Assim, nem sempre o ensino promovido no âmbito escolar permite que os discentes se apropriem dos conhecimentos científicos de modo a compreendê-los, questioná-los e utilizá-los como ferramentas do pensamento, que vão além das situações de ensino e aprendizagem eminentemente escolares (PEDRANCINI *et al.*, 2007).

Existem diversas alternativas pedagógicas que podem ser utilizadas para o ensino da Genética, como o uso do livro didático, por ser de fácil acesso, e distribuído gratuitamente pelo governo, acaba sendo a única ferramenta utilizada em sala de aula (BADZINSKI; HERMEL, 2015). Contudo, existe a necessidade de ir além dessa realidade, buscando facilitar o caminho que leva a efetivação do saber, a partir dos modelos didáticos, que surgem como alternativas complementares para o processo de ensino-aprendizagem (JUSTINA; FERLA, 2006). Através do uso de modelos didáticos, os estudantes podem ser estimulados a refletir acerca das estruturas e formas, levando-os a se aprofundar na compreensão tridimensional dos objetos de estudo, especialmente no caso de estruturas microscópicas. A utilização de tais modelos no Ensino de Genética pode torna conceitos tido como abstratos em algo mais concreto e significativo para os estudantes, facilitando a apropriação dos conhecimentos pelos discentes (CECCANTINI, 2006).

Partindo das dificuldades que os estudantes apresentam para a compreensão significativa dos conteúdos relacionados à área de genética, mais especificamente sobre a relação do DNA e dos cromossomos (LIMA; PINTON; CHAVES, 2007) e do comportamentos dos cromossomos durante os ciclos celulares (BRAGA *et al.*, 2009), apresentamos aqui dois modelos didáticos que visam auxiliar os professores de biologia a tornar alguns conteúdos de genética menos abstratos e mais fáceis de serem assimilados pelos estudantes.

2 JUSTIFICATIVA

Para tanto, a genética está presente em diversos assuntos do nosso dia a dia e é considerada uma área de difícil compreensão dentro da biologia. O grande número de conceitos abordados e a natureza microscópica e, por vezes, abstrata dos temas estudados leva os alunos a decorarem termos ao invés de verdadeiramente compreendê-los e relacioná-los com seu cotidiano (KREUZER; MASSEY, 2002, ARAÚJO; SOUSA; SOUSA, 2011). Dentre os assuntos de difícil compreensão na Área da Genética está à assimilação de termos relacionados à compactação do DNA, tais como “cromossomos” e “cromatina”, a relação entre DNA, cromossomo e gene, bem como o entendimento do comportamento dos cromossomos durante o ciclo celular (LIMA; PINTON; CHAVES, 2007; BRAGA; FERREIRA; GASTAL, 2009; SCHNEIDER; JUSTINA; MEGLHIORATTI, 2013; TEMP; SANTOS, 2013). Embora os livros didáticos sejam as ferramentas predominantes no processo de ensino e aprendizagem nas escolas, os modelos didáticos podem ser alternativas valiosas para facilitar a compreensão de conceitos complexos e microscópicos, tornando a aprendizagem mais significativa para os estudantes (CAVALCANTE; SILVA, 2008). Os benefícios da utilização dos modelos didáticos são amplamente reconhecidos e diversos autores apontam a contribuição dessa metodologia para a facilitação do aprendizado de assuntos relacionados à Genética (JUSTINA; FERLA, 2006; GUILHERME; SILVA; GUIMARÃES, 2012; PEREIRA *et al.*, 2014; MADUREIRA *et al.*, 2016; FONTENELE; CAMPOS, 2017). Com base nesse cenário, foi executado o presente trabalho de conclusão de curso, o qual se propôs a criar dois modelos didáticos para facilitar a compreensão de assuntos relacionados à área da genética, propondo tornar a aprendizagem mais concreta, atrativa e significativa para os estudantes.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A importância do Ensino de Genética

A Genética é o ramo da biologia que se destina a estudar o DNA. A Ciência da hereditariedade, a área que investiga os mecanismos de transmissão das características ao longo das gerações e das variações que garantem a formação de novas espécies durante os processos evolutivos (ALVAREZ, 2010). Através dela, entendemos porque possuímos características similares a dos nossos pais, porque temos maior risco de desenvolvermos algumas doenças, porque casamentos entre primos não são aconselhados, dentre tantos outros assuntos. A Genética diz respeito a nossa existência e isso explica o fascínio de muitos estudantes por esta área da biologia.

A sua importância no âmbito social pode ser percebida na veiculação de notícias envolvendo análises de DNA em testes de paternidade e elucidação de crimes, a clonagem da ovelha Dolly, a produção de alimentos geneticamente melhorados e em doenças e síndromes causadas por alterações nos genes e cromossomos, as quais têm popularizado a genética e tornado essa área atrativa para os estudantes, que encontram estes assuntos não apenas nos livros didáticos, mas também no seu cotidiano (SILVEIRA, 2008; BARNI, 2010).

Nos últimos anos as aplicações da Área da Genética no nosso dia a dia vêm crescendo exponencialmente, sendo inúmeras as promessas que as técnicas de manipulação do DNA oferecem voltadas a solução de problemas em benefício da sociedade. Os estudos genéticos vêm contribuindo imensamente para questões relacionadas à sobrevivência humana, como a produção de alimentos transgênicos, diagnóstico de doenças hereditárias, clonagem de animais voltada a questões médicas, entre tantos outros exemplos (LA LUNA, 2014). No entanto, esses incríveis avanços das pesquisas genéticas, que nossos avós certamente não vivenciaram, não só tem popularizado esta área de ensino, mas também, têm gerado muitas discussões éticas.

Nisso, os alimentos transgênicos oferecem algum risco para a nossa saúde? Esses alimentos são realmente necessários para suprir a demanda nutricional no mundo? Os homens têm o direito de selecionar apenas embriões geneticamente saudáveis nas técnicas de reprodução assistida? Até que ponto é vantajoso o diagnóstico precoce de doenças hereditárias tardias através de testes genéticos? Não seria essa uma informação perigosa de posse dos donos de seguradoras de saúde? Há alguns anos atrás, essas eram questões inimagináveis. Mas hoje, essas e outras tantas perguntas provenientes dos avanços de estudos

genéticos são parte das discussões científicas contemporâneas (PEDRANCINI, 2007; ZATZ, 2013).

Diante do exposto, a ideia de que os conhecimentos científicos e tecnológicos devam fazer parte da formação do cidadão se acentua, na medida em que a Ciência, e de modo especial a Genética, perde seu caráter de neutralidade e passa a ser debatida pela sociedade (CASAGRANDE, 2006). Nesse contexto, a escola é reconhecida como o ambiente fundamental, não apenas para a partilha e produção de conhecimentos, mas para o preparo do cidadão crítico. Para a formação deste tipo de cidadão, preparado para debater os assuntos relacionados à área da genética na atualidade, o primeiro passo é, sem dúvida, preparar os alunos nos conceitos básicos que alicerçam esta área de ensino (JUSTINA, 2001), tal como a relação entre DNA, cromatina e cromossomo e o comportamento do material genético durante o ciclo celular, para que de posse destes conhecimentos os estudantes entendam a aplicação da genética na sociedade. Conforme enfatizado por Temp, Nicoletti e Bartholomei-Santos (2014), os conceitos de cromossomos, sua localização e suas funções precisam ser bem compreendidos, pois estão relacionados a outras definições como genes, cromossomos homólogos, hereditariedade entre outros.

A falta de compreensão sobre esses termos impossibilita o entendimento de temas atuais e às vezes polêmicos, como clonagem, organismos transgênicos, terapia gênica, teste de DNA, entre outros. Outras questões tão fascinantes da genética, tal como o fato dos filhos serem tão parecidos com seus pais e irmãos, e de organismos com reprodução sexuada apresentar tanta diversidade de fenótipos, também só podem ser verdadeiramente compreendidas diante da elucidação de conceitos básicos de genética, como o comportamento dos cromossomos durante a formação dos gametas (BRAGA; FERREIRA; GASTAL, 2009).

3.2 Dificuldades no aprendizado da genética

A genética é considerada por grande parte dos educandos de Ensino Médio como uma área de difícil compreensão, uma vez que aborda questões complexas e estruturas microscópicas, como a composição química dos ácidos nucleicos e sua relação com os mecanismos de transmissão das características ao longo das gerações (SILVEIRA, 2008; ORLANDO *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2014; ARAUJO; GUSMÃO, 2017). Como consequência desta situação, os assuntos desta área de ensino, muitas vezes não são assimilados pelos estudantes devido à alta necessidade de abstração para a aprendizagem dos

termos utilizados, fazendo com que os alunos sintam muita dificuldade em estudar genética (EL-HANI, 2007; CATARINACHO, 2011).

É vasta a lista de estudos que tem demonstrado a dificuldade que os estudantes têm de compreender os assuntos relacionados a esta área de ensino e tal problema se estende de Norte a Sul do Brasil. Na Região Sudeste do país, Lima, Pinton e Chaves (2007), em uma pesquisa envolvendo análises de questionários e desenhos, realizada com 280 estudantes de ensino médio em escolas particulares e estaduais de Minas Gerais, verificaram que grande parte dos educandos apresentam concepções equivocadas sobre termos como DNA, gene e cromossomo, não sabendo defini-los e relacioná-los. Em outra pesquisa realizada neste mesmo estado, Belmiro e Barros (2017) avaliaram 208 estudantes de um cursinho pré-vestibular, através da aplicação de questionários, evidenciando que a grande maioria das respostas apresentavam conceitos errôneos do ponto de vista científico, principalmente relacionado aos níveis de condensação do DNA, para o qual apenas um terço dos estudantes apresentou conhecimentos satisfatórios.

Na Região Sul do Brasil, no estado do Paraná, Pedrancini *et al* (2007), constataram, através de entrevistas realizadas com educandos de Ensino Médio de escolas estaduais e particulares da Região Noroeste do Estado, que muitos dos discentes apresentavam ideias equivocadas a respeito da composição química e da função do material genético, não sabendo relacioná-lo como um dos principais constituintes dos cromossomos. No mesmo estado, na cidade de Cascavel, Souza (2015), avaliou 63 estudantes de uma escola de ensino médio da rede privada, evidenciando que mais da metade dos alunos investigados apresentavam dificuldade em conceitos básicos sobre mecanismos de hereditariedade, principalmente em temas como núcleo celular interfásico e a sua relação com a informação genética.

Na Região Nordeste, no Estado de Pernambuco, Fabrício *et al*. (2006), avaliaram 136 alunos do Ensino Médio de escolas públicas estaduais da região metropolitana da cidade de Recife sobre seus conhecimentos em relação às leis de Mendel. Os autores observaram que a maioria dos entrevistados não soube definir gene e tampouco associar este conceito com os mecanismos de herança. Além das pesquisas citadas, muitas outras investigações revelam que os estudantes não apresentam conhecimentos básicos de genética, como a relação genes-cromossomos-DNA e a capacidade de relacionar os processos de divisão celular com hereditariedade (SANTOS, 2005; SCHEID; FERRARI, 2006; TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2013).

Assim, muitas vezes essas dificuldades na compreensão de conceitos essenciais na área da genética persistem até mesmo entre os alunos que ingressam nas universidades em

cursos da área de Ciências Biológicas. Temp, Nicoletti e Bartholomei-santos (2014) entrevistaram 64 calouros, matriculados nos primeiros semestres dos cursos de Ciências Biológicas, Fisioterapia e Fonoaudiologia, em uma Universidade pública no estado do Rio Grande do Sul, a fim de verificar se os estudantes apresentavam conhecimentos sobre genética compatíveis com o esperado para os egressos do Ensino Médio. A análise dos questionários revelou que os estudantes apresentaram concepções errôneas com relação a diferentes temas, como a relação entre genes, cromossomos e DNA; diferença entre célula somática e célula gamética; presença de cromossomos sexuais em todos os tipos celulares; interpretação de genealogias e cálculos de probabilidade.

Dessa forma, é preocupante identificarmos que os alunos apresentam tantas deficiências no aprendizado dos conceitos da área da genética. A detecção desta lacuna conceitual na aprendizagem dos estudantes é um sinal de alerta para o fato de que os métodos, as estratégias e outros aspectos do ensino não têm sido satisfatórios para promover uma aprendizagem significativa entre eles (MARTINS; VERDEAUX; SOUZA, 2009). Alguns autores salientam que os esquemas presentes nos livros didáticos, frequentemente, são insuficientes para esclarecer relações conceituais nesta área de ensino (SOARES *et al.*, 2002).

Muitas vezes a dificuldade de aprendizagem em sala de aula pode estar relacionada com a falta do uso de recursos didáticos alternativos que facilitem a mediação dos conceitos para a estrutura cognitiva dos alunos, de modo que os termos ensinados sejam realmente assimilados (MOREIRA, 2012). Assim, é necessário repensar as metodologias de ensino e incentivar o aluno a querer aprender, o que é fundamental para a consolidação da aprendizagem significativa.

3.3 Importância do uso de modelos didáticos no ensino de genética

A concretização efetiva do processo de aprendizagem é uma tarefa extremamente complexa e não gera resultados imediatos. Os modelos didáticos podem ser considerados como elementos facilitadores neste processo, sendo recursos que os professores podem empregar para superar os obstáculos conceituais fundamentais nas diversas áreas do saber e, de modo tão especial, no Ensino das Ciências Biológicas. Um modelo didático é uma construção, uma estrutura que pode ser utilizada como referência, uma imagem analógica que permita materializar uma ideia ou um conceito, tornando-os assim, diretamente assimiláveis pelos estudantes (GIORDAN; VECCHI, 1996).

Assim, estes recursos podem simplificar o aprendizado de temas considerados complexos no contexto escolar (PÉREZ, 2000) facilitando o processo de ensino e aprendizagem e melhorando o desenvolvimento cognitivo do educando (OLIVEIRA *et al.*, 2014). No Ensino de Genética diversas pesquisas têm demonstrado a eficiência do uso de modelos didáticos como elementos facilitadores e eficientes no aprendizado de diversos conceitos desta área. A seguir, são mencionados alguns estudos com esta abordagem.

Temp (2011) investigou a eficiência de um modelo didático voltado ao Ensino de Genética em uma escola pública de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Através do uso de questionários, a autora avaliou comparativamente as respostas de 73 estudantes de ensino médio sobre conteúdos da área da genética antes e após a utilização de um modelo didático produzido com materiais simples e voltado à representação dos cromossomos e seus alelos. Foi verificado que no pré-testes os estudantes apresentavam muitas dificuldades de compreensão para diversos conceitos utilizados na área da genética. Após a utilização do modelo didático, o pós-teste revelou que houve grande melhoria, principalmente no entendimento dos aspectos relacionados à estrutura cromossômica.

Nesta mesma linha de estudo, Fontenele e Campos (2017), também avaliaram positivamente a aplicação de um modelo didático sobre a estrutura do DNA utilizado para 64 estudantes de Ensino Médio de uma escola pública do Piauí. Os autores constaram a eficácia do modelo empregado, uma vez que as respostas obtidas nos questionários pós-utilização do modelo mostraram melhorias consideráveis em relação às respostas obtidas nos questionários aplicados anteriormente a esta prática.

Ainda corroborando estes resultados Moul e Silva (2017), avaliaram o aprendizado de 20 estudantes do Ensino Médio de uma escola da rede particular em Recife, Pernambuco, antes e após o uso de um modelo didático focado no ensino da mitose. Através da aplicação de questionários pré-teste foi possível constatar que a grande maioria dos alunos não conseguia definir corretamente termos como genes, cromossomos e DNA, não sabendo sua relação com os processos de divisão celular. Em seguida a aplicação do modelo, o pós-teste revelou que cerca de 90% dos educandos conseguiu responder de modo satisfatório às perguntas, constatando a eficiência da utilização do modelo.

Os resultados satisfatórios obtidos por estes e tantos outros estudos que tem investigado a eficiência de modelos didáticos para o ensino de genética (MEDEIROS; RODRIGUES, 2012; TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2013; KLAUBERG, 2015; LIMA *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2017), demonstram como são necessárias pesquisas que procurem

desenvolver novos materiais didáticos que visem facilitar e tornar mais dinâmico e prazeroso o processo de ensino-aprendizagem desta importante área da biologia.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral:

Elaborar modelos didáticos para serem utilizados pelos professores do Ensino Médio na abordagem de conteúdos da Genética.

4.1 Objetivos específicos:

- Criar dois modelos didáticos de baixo custo sobre para representar os diferentes níveis de compactação do DNA e a meiose.
- Descrever a produção e a elaboração dos modelos didáticos para propiciar a sua reprodutibilidade e o seu uso pelos docentes de Ensino Médio nas aulas de Genética.

5. METODOLOGIA

O percurso metodológico é de abordagem qualitativa, do tipo descritiva, em que se deu a produção e a elaboração dos dois modelos didáticos. A seguir são descritos os materiais utilizados para a confecção de ambos os modelos (quadros 1 e 4), bem como os materiais utilizados para representar cada parte da estrutura no modelo didático (quadros 2 e 3).

5.1 Elaboração do modelo didático sobre os níveis de compactação do DNA

Quadro 1. Lista dos materiais utilizados para a confecção do modelo didático acerca dos níveis de compactação do DNA.

Materiais utilizados	
Arame liso	Imãs
Bastões de cola quente	Massa de biscoito azul
Bolas de isopor 35mm	Pacotes de miçangas azuis
Bolas de isopor 25mm	Palitos de dentes
Canudos coloridos	Tinta guache vermelha, verde e azul
Fios de lã	Zíper
Garrafas plásticas de 500ml	

Fonte: SILVA, A. A. S., 2018.

Quadro 2. Materiais utilizado para representar os componentes da molécula de DNA.

<i>Processo de confecção da molécula de DNA</i>	
<i>Elementos constituintes do DNA</i>	<i>Sugestão de materiais</i>
Grupamentos fosfatos	Bolinhas de isopor de 25 mm coloridas com tinta guache.
Açúcares (desoxirribose)	Bolinhas de isopor de 35 mm coloridas com tinta guache.
Bases nitrogenadas	Canudos coloridos
Pontes de hidrogênio	Palitos de dentes

Fonte: SILVA, A. A. S., 2018

Também utilizamos no processo de construção da molécula de DNA fios de arames, para sustentar as estruturas supracitadas e conferir o formato tridimensional da dupla hélice da molécula de DNA.

Quadro 3. Materiais utilizado para representar os componentes dos nucleossomos.

<i>Processo de confecção dos nucleossomos</i>	
<i>Elementos constituintes dos nucleossomos</i>	<i>Sugestão de materiais</i>
Proteínas do octâmero de histonas:	Oito miçangas cilíndricas azuis.
Histona H1:	Pedaço de canudo azul.
Molécula de DNA	Fios de lã azuis.

Fonte: SILVA, A. A. S., 2018

Os nucleossomos foram agrupados de quatro em quatro para representar o próximo nível de compactação, os solenóides. Estes foram agrupados e colocados dentro de uma estrutura representando o cromossomo, o mais alto grau de compactação. A estrutura do cromossomo foi confeccionada com duas garrafas plásticas de 500 ml, zíper, cola quente e biscuit azul.

5.2 Elaboração do modelo didático sobre meiose

Quadro 4. Lista dos materiais utilizados para a confecção do modelo didático sobre a meiose.

Materiais utilizados:	
Biscuit	Parafusos com porcas
Isopor	Tintas guache azul claro, azul escuro, amarela e laranja;
Imãs	Verniz de artesanato
Papel Adesivo	

Fonte: SILVA, A. A. S., 2018

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Modelo sobre os níveis de compactação do DNA

A confecção deste modelo foi realizada em quatro etapas, as quais são descritas a seguir:

Etapa 1: Elaboração da molécula de DNA

O primeiro passo para a montagem da molécula foi pintar as bolinhas de isopor. Em uma parte da molécula de DNA as bolas maiores (açúcar) foram pintadas de verde e as bolas menores (grupos de fosfatos) de vermelho. No restante da molécula de DNA todas as bolinhas (maiores e menores), assim como os demais componentes da molécula, foram representados em azul. A cor azul nesta porção da molécula foi utilizada para facilitar a associação do DNA com fios de lã azuis, posteriormente utilizados neste mesmo modelo para representar o DNA em diferentes níveis de compactação.

Depois de secas as bolinhas de isopor foram espetadas em um arame liso de forma alternada, uma maior e outra menor. Sendo uma porção da molécula composta por uma bolinha vermelha e em seguida uma verde, até chegar em uma porção da molécula, onde as bolinhas utilizadas foram todas azuis, sendo alternadas apenas pelo tamanho. O processo foi repetido para representar a outra fita de DNA, formando os dois “corrimões” da molécula.

As bases nitrogenadas (adenina, timina, citosina e guanina) e as pontes de hidrogênio, foram representadas aderindo pedaços de canudos coloridos a extremidades de palitos de dentes agrupados em duplas ou trios (representando, respectivamente, uma ou duas pontes de hidrogênio). Essas estruturas foram unidas às bolinhas de isopor representando os açúcares. Pedaços de canudos amarelos e verdes claro, representando, respectivamente, a adenina e a timina, foram aderidas com cola quente às extremidades opostas dos palitos agrupados em duplas.

Pedaços de canudos rosas e roxos, representando, respectivamente, a guanina e citosina, foram unidos às extremidades opostas dos palitos agrupados em trios. Apenas as extremidades dos palitos foram ocupadas pelos canudos, deixando evidente a visualização das pontes de hidrogênio (duas entre adenina e timina e três entre citosina e guanina). Na porção da molécula de DNA em que os açúcares e os fosfatos foram pintados de azul, essa mesma cor foi também utilizada para a representar todas as bases nitrogenadas.

Para dar o aspecto de “escada de caracol” que caracteriza a dupla hélice da molécula de DNA, as estruturas de arame, sustendo as bolas de isopor maiores e menores (respectivamente, açúcares e grupamentos fosfato), foram retorcidas, possibilitando a representação da conformação tridimensional da molécula. Na porção final da molécula de DNA, representada por estruturas em azul, foi aderido em cada uma das fitas um fio de lã azul, utilizado para representar essa molécula na sequência do modelo, no qual foram representados os outros níveis de compactação do DNA descritos a seguir.

Etapa 2: Elaboração da estrutura dos nucleossomos

Para formação desta estrutura primeiramente as miçangas foram separadas em pares, e, em seguida, foi colocado em um orifício dessas missangas cola quente, sendo estas, posteriormente, encaixadas uma em cima da outra com um palito de dente, para garantir uma boa fixação. A parte do palito de dente que não foi recoberta pelas miçangas foi cortada, formando, assim, um par de miçangas.

Na sequência dois desses pares foram unidos também com cola quente, formando um quadrado, com quatro miçangas cada. Por fim, para formar o octâmero histonas, foram colados, também com cola quente, dois quadrados, um em cima do outro, formando um cubo, com oito miçangas. Estes cubos foram posteriormente envolvidos por duas voltas de fios de lã azul, e com cola quente foi adicionada a esta estrutura um segmento de canudo azul (histona H1) em uma das faces laterais, estando assim representado o nucleossomo. Pedacos de imãs pequenos foram aderidos a paredes laterais dos cubos dos octâmero de histonas (em lados opostos ao que foi aderido o canudo), a fim de possibilitar a representação do outro nível de compactação do DNA, a formação dos solenóides. Como no presente modelo os imãs tiveram função unicamente de permitir a união de nucleossomos e não representam nenhuma estrutura química, estes foram colocados na estrutura dos nucleossomos de modo a ficar pouco evidentes.

Etapa 3: Elaboração da estrutura dos solenóides

Para a confecção deste modelo os solenóides foram representados de duas formas: 1) pela junção de quatro nucleossomos (confeccionados como descrito na etapa anterior), os quais podem se unir e se separar graças aos imãs implantados na sua estrutura e 2) pela junção de quatro nucleossomos (confeccionados conforme descrito na etapa anterior, porém sem os imãs), sendo esses nucleossomos unidos permanentemente por cola quente.

Etapa 4: Elaboração da estrutura do cromossomo

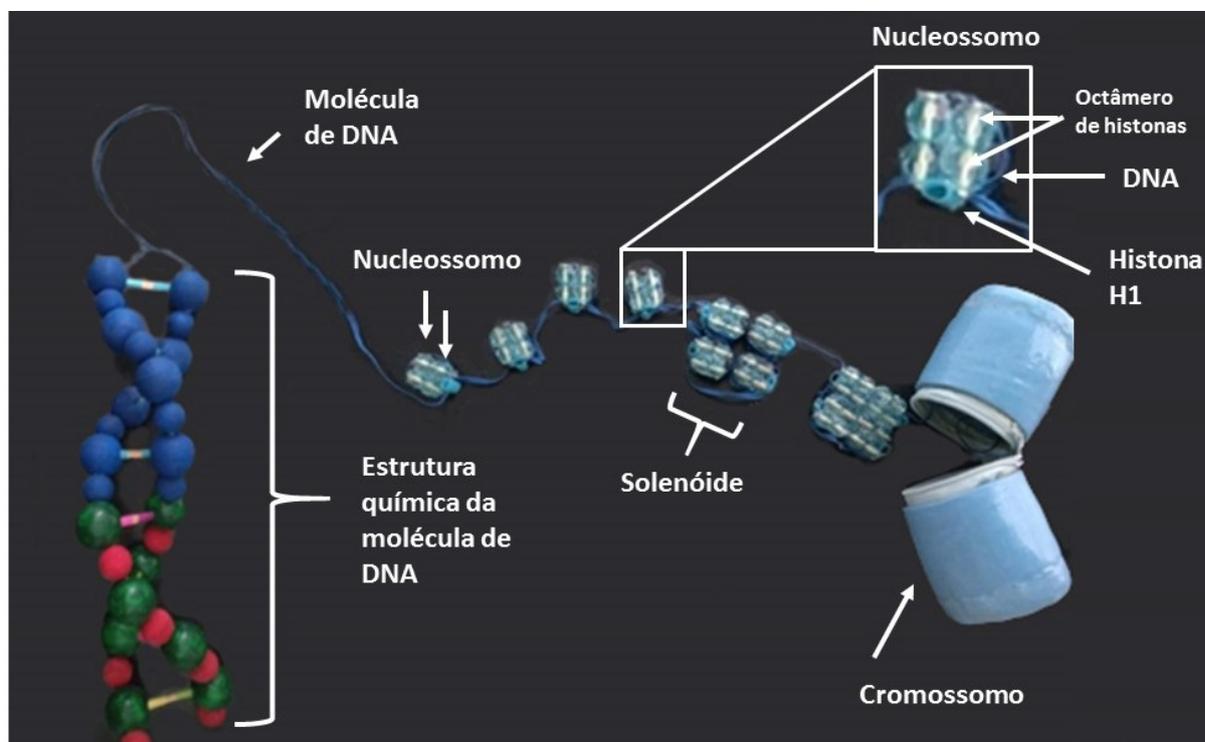
As garrafas plásticas foram primeiramente cortadas ao meio e apenas a parte inferior (fundo) foi utilizada. Com o auxílio da cola quente um zíper foi colado nas bases das garrafas plásticas, de modo a uni-las e permitir que estas se abram ou se fechem. Dentro destas garrafas é possível colocar os solenoides, de modo a demonstrar que o cromossomo nada mais é do que um nível maior de compactação do DNA. Para auxiliar nessa compreensão as garrafas plásticas foram recobertas com biscoito azul, visando demonstrar que o cromossomo é formado pelos mesmos componentes citados nas etapas 1, 2 e 3.

O modelo construído pelas etapas descritas acima está apresentado na Figura 1. Espera-se que o modelo possibilite ao aluno compreender que o DNA de eucariotos está associado a proteínas, criando a cromatina. Esta é uma estrutura complexa com vários níveis de organização. O nível mais simples da estrutura é a dupla hélice do DNA. Em outro nível de organização temos os nucleossomos que representam a unidade fundamental da cromatina. Cada nucleossomo consiste de proteínas histônicas em íntima ligação com o DNA.

Um nucleossomo é formado por um octâmero de histonas (sendo duas unidades de H2A, duas de H2B, duas de H3 e duas de H4) enrolado por cerca de 150 pares de bases do DNA, o que representa aproximadamente duas voltas da molécula sobre o octâmero. Uma outra histona, denominada H1, também faz parte da estrutura do nucleossomo, atuando como uma presilha ao redor do octâmero de histonas. Um outro estágio de compactação do material genético é atingido pelo empacotamento de nucleossomos, formando o solenóide e o grau mais alto deste processo é observado no nível de cromossomo (PIERCE, 2016). No modelo confeccionado representamos estas diferentes etapas (Figura 1).

Os cromossomos eucarióticos individuais contêm uma quantidade enorme de DNA. Cada cromátide de um cromossomo de eucarioto consiste de uma molécula única e extremamente longa de DNA. Assim, para que todo o DNA caiba no núcleo é necessário haver uma grande compactação. Mesmo no estágio de interfase quando o DNA dos cromossomos está menos compactado que o DNA dos cromossomos mitóticos, ainda assim ele está intensamente condensado. Durante o ciclo celular, os níveis de compactação do DNA mudam, os cromossomos passam de um estado altamente compactado para um estado de extrema condensação. A compactação do DNA também muda durante a replicação e a transcrição, a fim de permitir que sequências de bases sejam expostas. Assim, a compactação do DNA de eucariotos não é estática, mas muda em resposta a processos celulares. Vale destacar também a importância da remodelagem da cromatina para a regulação gênica de eucariotos (PIERCE, 2016).

Figura 1. Modelo didático confeccionado para representar os diferentes níveis de compactação do DNA.

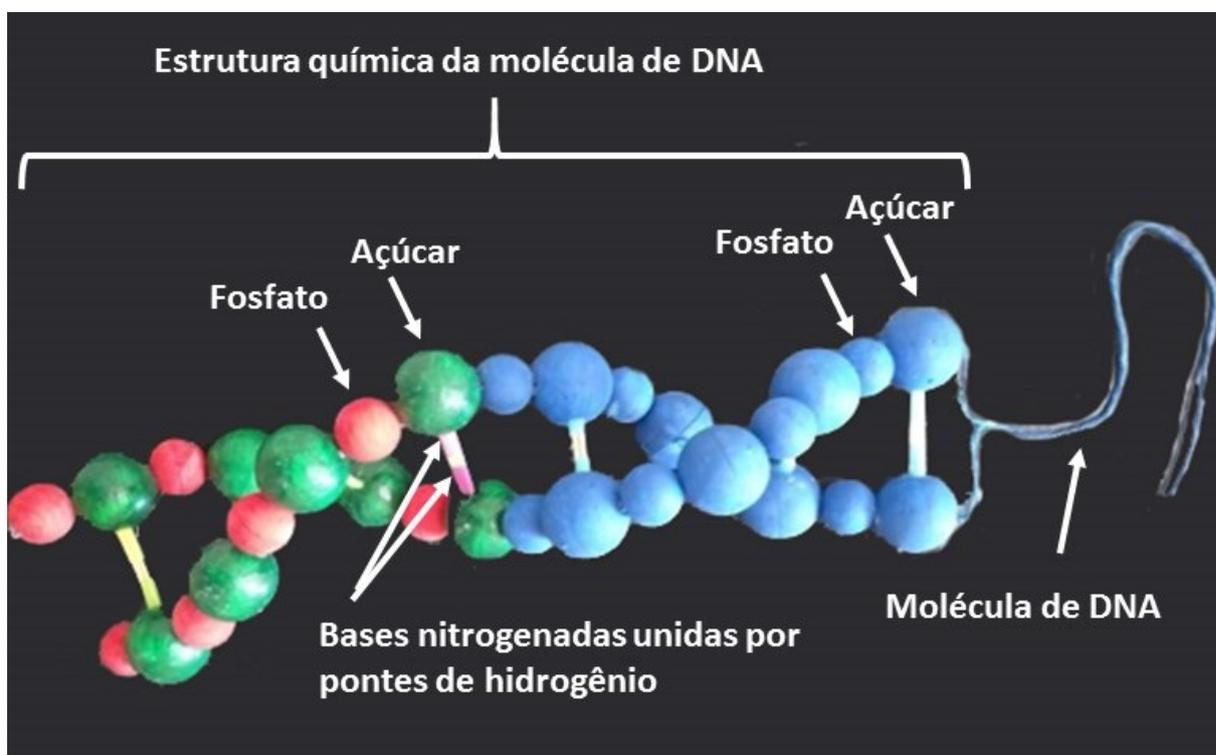


Fonte: SILVA, A. A. S., 2018.

Alguns estudos têm enfatizado, através de respostas obtidas pela aplicação de questionários, a dificuldade que os estudantes de ensino médio e cursinhos pré-vestibulares apresentam para a compreensão dos níveis de compactação do DNA, não sabendo identificar a relação do DNA com os cromossomos (LIMA; PINTON; CHAVES, 2007; BELMIRO; BARROS, 2017). Desta forma, o modelo aqui apresentado visa conduzir o educando por uma linha de raciocínio que o leve a compreender desde a estrutura química da molécula do DNA, até o seu mais alto grau de compactação, o cromossomo. Espera-se que o modelo proporcione aos estudantes uma melhor compreensão sobre este assunto, demonstrando a associação do DNA com as proteínas histônicas e a relação desta molécula com o cromossomo.

O modelo construído também representa os principais constituintes da estrutura química da molécula do DNA (Figura 2). Uma vez que esta é uma molécula formada por elementos microscópicos como açúcares, fosfatos e bases nitrogenadas, alguns estudos têm salientado a dificuldade que os alunos apresentam para a sua compreensão (SILVEIRA, 2008; ORLANDO *et al.*, 2009). Assim, o uso de elementos macroscópicos no modelo para representar os elementos microscópicos pode auxiliar neste processo de aprendizagem.

Figura 2. Representação da estrutura química da molécula de DNA com a indicação dos principais constituintes estruturais da molécula.



Fonte: SILVA, A. A. S., 2018.

Todos os materiais escolhidos para a representação deste modelo didático são de baixo custo e de fácil aquisição, o que viabiliza sua construção pelo professor ou pelos próprios alunos. Como alternativas para tornar a confecção do modelo ainda mais barata sugerimos a substituição das bolas de isopor utilizadas para a confecção da estrutura química da molécula de DNA por bolinhas confeccionadas com massa de modelar. As miçangas utilizadas para compor o octâmero de histonas poderiam ser substituídas por tampas de garrafas plásticas.

Em vista das dificuldades apresentadas pelos estudantes para a compreensão da estrutura do DNA e de seus níveis de compactação o modelo construído apresenta-se como uma alternativa para facilitar ensino deste conteúdo. Por ser confeccionado com materiais de baixo custo e duráveis pode ser empregado em diversas escolas e tornar a aprendizagem de genética mais prazerosa e mais fácil de ser assimilada pelos estudantes.

6.2 Modelo sobre o comportamento dos cromossomos durante a meiose

O modelo confeccionado para representar a meiose foi realizado em um processo de três etapas as quais são descritas a seguir:

Etapa 1: Construção dos cromossomos

Em um isopor espesso, foram desenhados a lápis grafite dois pares de cromossomos homólogos. Para distingui-los com facilidade cada par de homólogos foi desenhado com tamanho, forma e posição do centrômero diferentes. O centrômero foi representado por uma leve inclinação na cromátide (construção). Posteriormente, com o auxílio de um estilete, cada cromátide dos cromossomos foi cortada e recoberta por biscuit tingido de tinta guache. O biscuit foi utilizado para deixar a estrutura mais firme e resistente.

Cada homólogo foi pintado com cores contrastantes. Para um dos pares foi escolhido a cor azul, sendo um dos homólogos pintado de azul claro e outro de azul escuro. Para o outro par foram escolhidos tons de amarelo, sendo um deles pintado de amarelo e o seu homólogo pintado de laranja. Em cada homólogo foram cortados dois segmentos de uma das cromátides irmãs, a fim de possibilitar a representação do *crossing over*.

Etapa 2: Inserção das estruturas para o funcionamento do modelo

Depois de esperar cerca de um dia para garantir a secagem dos cromossomos, foram feitos pequenos orifícios na região centrômero para que com o auxílio de biscuit fossem fixados ímãs nestas aberturas. Desta forma foi possível unir as cromátides irmãs do par de homólogos, com a versatilidade de representá-las antes da fase S da interfase (com apenas uma cromátide) e depois desta fase (com as duas cromátides irmãs).

Nas porções dos cromossomos que foram cortadas para a representação do *crossing over* foram realizadas raspagens no interior do isopor, formando buracos onde foi implantado em um dos pedaços do cromossomo um parafuso e no outro pedaço do cromossomo uma porca, permitindo o encaixe. A adesão dos parafusos e das porcas ao cromossomo foi realizada com biscuit branco.

Etapa 3: Inserção das letras, representando os genes.

Por fim, foram impressas letras maiúsculas e minúsculas, em papel adesivo, para representar os genes e suas formas alélicas nos cromossomos. Para melhor representação do *crossing over* em cada par de homólogos um dos cromossomos foi representado com letras maiúsculas e o outro com letras minúsculas. As letras foram coladas na superfície dos cromossomos e para garantir maior durabilidade ao modelo o mesmo foi recoberto com verniz de artesanato.

O modelo didático elaborado a partir destas etapas é apresentado na Figura 3. Este modelo permite demonstrar aos estudantes as diferentes etapas da meiose, processo responsável pela formação dos gametas. Dentre outros aspectos o modelo facilita a compreensão da fase S da interfase, período em que ocorre a duplicação do DNA e no qual cada cromossomo passa a ter sua cromátide irmã. Este é um dos pontos de difícil assimilação pelos estudantes em relação à interfase. Muitos alunos compreendem que depois da fase S ocorre a duplicação dos cromossomos e não das cromátides dos cromossomos (JUSTINA, 2001).

O modelo didático construído também permite demonstrar os eventos que ocorrem na meiose e que promovem a variabilidade genética, como o *crossing over* (Figura 4) e a segregação independente dos cromossomos homólogos. A utilização de letras sobre os cromossomos permite também que sejam abordados conceitos como genes, alelos, locus, homocigoto e heterocigoto. Os quais são de fundamental importância para a compreensão das bases da genética, embora sejam considerados complexos e abstratos pelos estudantes (TEMP 2011).

Cabe salientar aqui a versatilidade do modelo apresentado, uma vez que também pode ser utilizado para o ensino da mitose. Por ser produzido com material leve, durável e fácil de ser transportado pelo professor é possível tê-lo sempre disponível para aplicação nas aulas de divisão celular. Em relação aos custos para sua produção embora não seja alto, ainda pode ser reduzido pelo uso de materiais mais acessíveis, como massinha de modelar em substituição ao isopor e ao biscoito para representação dos cromossomos. Essa substituição, no entanto, acarretaria em menor durabilidade do modelo produzido, o que teria que ser avaliado pelo professor.

Muitos estudos têm enfatizado que os eventos que ocorrem durante a divisão celular são considerados de difícil abstração pelos alunos, de forma especial a compreensão do comportamento dos cromossomos durante a mitose e a meiose. No cotidiano escolar os conteúdos de divisão celular são muitas vezes abordados de forma isolada, fragmentada e totalmente baseada em livros, levando os estudantes a decorarem termos ao invés de verdadeiramente compreendê-los e associa-los com situações do seu dia a dia (BRAGA, 2010; MOUL; SILVA, 2017; PEREIRA; MIRANDA, 2017; TATSCH; SEPEL, 2017). Dessa forma, este conteúdo tão importante para que saibamos porque crescemos, como nos reproduzimos e porque ocorre diferenças genéticas entre os indivíduos (PIERCE, 2016) é visto de forma muito superficial e pouco significativa para os nossos estudantes.

Diversas pesquisas têm enfatizado a importância dos modelos didáticos nas aulas de genética, como forma de facilitar a compreensão de estruturas microscópicas e de conceitos tidos como abstratos e complexos pelos estudantes (PÉREZ, 2000; CECCANTINI, 2006; JUSTINA; FERLA, 2006; TEMP, 2011, GUILHERME; SILVA; GUIMARÃES, 2012; MEDEIROS; RODRIGUES, 2012; TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2014; PEREIRA *et al.*, 2014; KLAUBERG, 2015; MADUREIRA *et al.*, 2016; FONTENELE; CAMPOS, 2017; LIMA *et al.*, 2017; MOUL; SILVA, 2017; SOUZA *et al.*, 2017). A utilização de modelos didáticos permite a visualização dos processos microscópicos por meio de suas estruturas tridimensionais e coloridas (ORLANDO *et al.*, 2009).

Em escolas onde não há laboratórios, ou onde estes não se encontram adequadamente equipados, os modelos didáticos são também materiais eficientes para possibilitar a observação de estruturas e fenômenos biológicos (ORLANDO *et al.*, 2009), permitindo a manipulação, observação e análise dos conteúdos conceituais apresentados no livro didático (MOUL; SILVA, 2017). Os resultados satisfatórios obtidos por diversos estudos que tem investigado a eficiência de modelos didáticos para o ensino de genética, demonstram como são necessárias propostas alternativas visem desenvolver novos materiais didáticos que tornem mais dinâmico e prazeroso o processo de ensino-aprendizagem desta área de ensino.

Figura 3. Representação de diferentes etapas da divisão meiótica através da utilização do modelo didático construído no presente estudo.

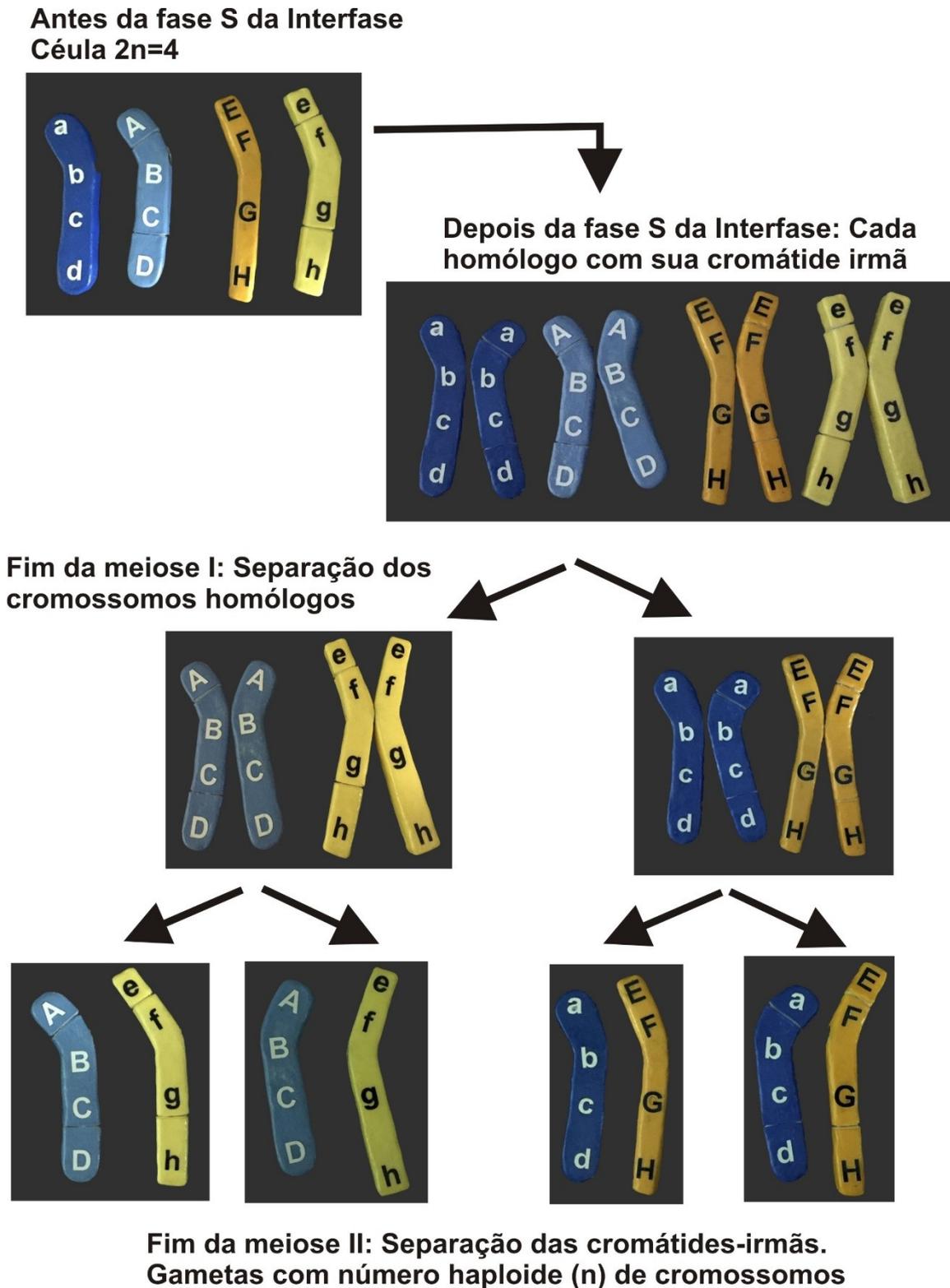
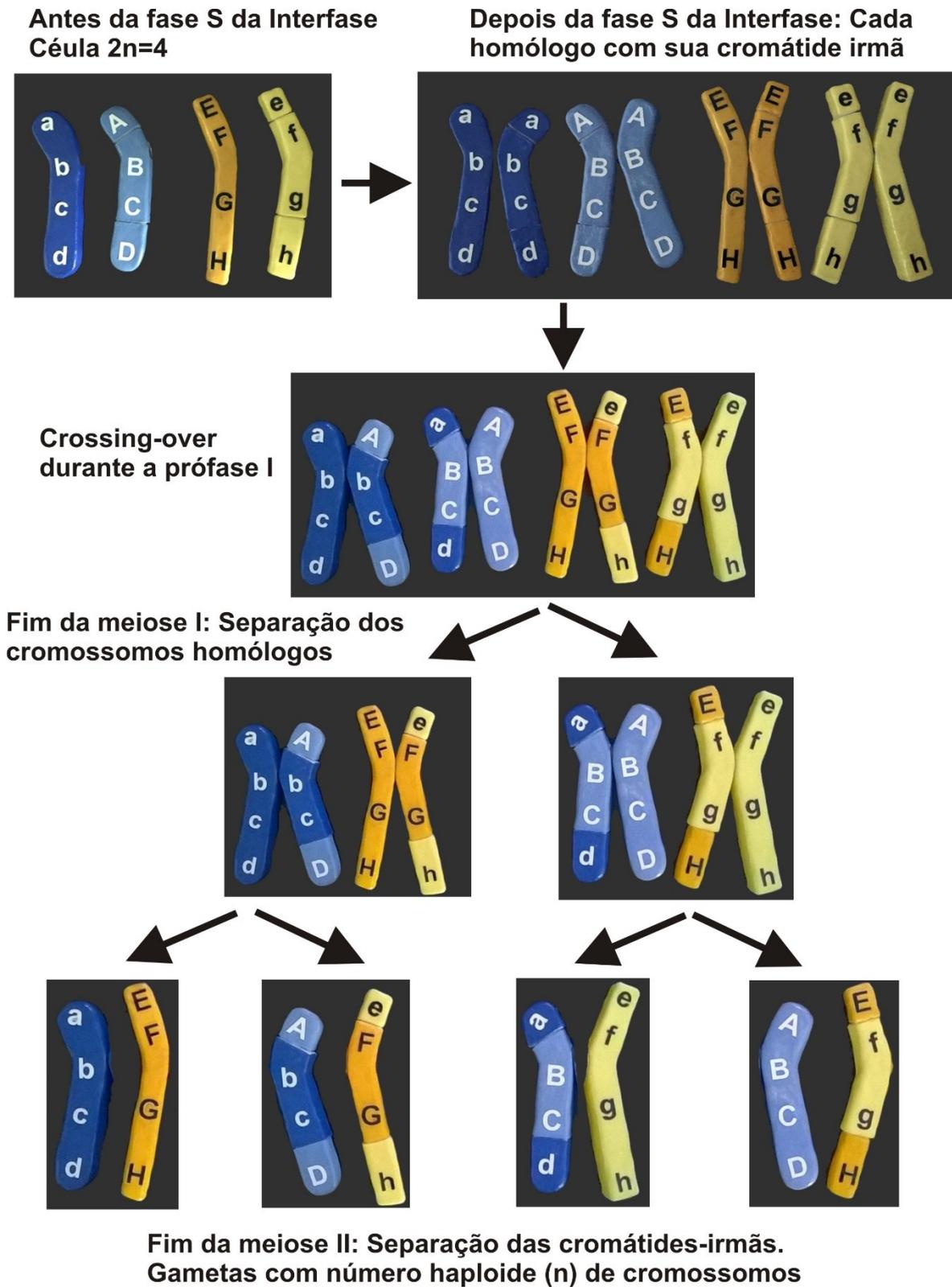


Figura 4. Representação de diferentes etapas da divisão meiótica, incluindo a representação do *crossing-over* a partir da utilização do modelo didático construído no presente estudo.



7 CONCLUSÃO

Partindo-se das dificuldades apresentadas pelos educandos no aprendizado da genética, a utilização de metodologias alternativas no processo de ensino-aprendizagem mostra-se cada vez mais importante.

Os modelos didáticos são considerados elementos facilitadores neste processo, sendo ferramentas que os professores podem empregar em suas aulas para superar os obstáculos que se apresentam no difícil caminho da definição de conceitos fundamentais nas diversas áreas do saber e, de modo tão especial, no Ensino das Ciências.

Os modelos apresentados neste trabalho são fáceis de serem construídos e são alternativas para o ensino de temas importantes na área da genética. Por utilizar materiais de baixo custo, o professor pode propor que os próprios alunos desenvolvam os modelos aqui apresentados, podendo tornar as aulas de genética mais agradáveis e participativas e, ao mesmo tempo, aproximando os objetos de estudo a realidade dos educandos, e deste modo, facilitando a assimilação de conteúdos complexos e abstratos pelos estudantes.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, M. O contributo da genética para a evolução do pensamento evolutivo. **Antropologia Portuguesa**, Portugal, p. 121-135, 2010. Disponível em: <<https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/21457/1/AP26.27.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2018.
- ARAÚJO, A. B.; GUSMÃO, F. A. F. As principais dificuldades encontradas no ensino de genética na educação básica brasileira. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES, 10., Aracajú. **Anais eletrônicos...** Sergipe: Unit Farolândia, 2017. Disponível em: <<https://eventos.set.edu.br/index.php/enfope/article/view/4710>>. Acesso em: 4 maio 2018.
- ARAÚJO, M. F. F.; SOUSA, R. A.; SOUSA, I. C. **Instrumentação para o Ensino de Biologia I**. 2. ed. Rio Grande do Norte: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011. 180 p. Disponível em: <http://sedis.ufrn.br/bibliotecadigital/site/pdf/biologia/Inst_En_Bio_I_LIVRO_WEB.pdf>. Acesso em: 28 maio 2018.
- BADZINSKI, K.; HERMEL, E. E. S. A Representação da Genética e da Evolução Através de Imagens Utilizadas em Livros Didáticos De Biologia **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. 2, p. 434-454, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v17n2/1983-2117-epec-17-02-00434.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2018.
- BARNI, G. S. **A importância e o sentido de estudar genética para estudantes do terceiro ano do ensino médio em uma escola da rede estadual de ensino em Gaspar (SC)**. 2010. 184 f. Dissertação (Mestrado em ciências naturais e matemática) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2010. Disponível em: <<http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2013/10/Graziela-dos-Santos-Barni.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2018.
- BELMIRO, M. S.; BARROS, M. D. M. Ensino de genética no ensino médio: uma análise estatística das concepções prévias de estudantes pré-universitários. **Revista Práxis**, Belo Horizonte, v. 9, n. 17, p. 95-102, 2017. Disponível em: <<http://revistas.unifoa.edu.br/index.php/praxis/article/viewFile/771/1169>>. Acesso em: 13 maio 2018.
- BRAGA, C. M. D. S.; FERREIRA, L. B. M.; GASTAL, M. L. A. O Uso de Modelos no Ensino da Divisão Celular na Perspectiva da Aprendizagem Significativa. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: Universidade de Brasília, 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpec/pdfs/1463.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2018.
- BRAGA, C. M. D. S. **O uso de modelos didáticos no ensino de divisão celular na perspectiva da aprendizagem significativa**. 2010. 173 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: M <[Http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9069/1/2010_CleoniceMiguezDiasdaSilvaBraga.p](Http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9069/1/2010_CleoniceMiguezDiasdaSilvaBraga.pdf)df>. Acesso em: 20 nov. 2018.

CARBONI, P. B.; SOARES, M. A. Genética Molecular no Ensino Médio. In: PARANÁ. Secretaria da Educação. **[Gestão escolar] Dia a Dia Educação**. Curitiba: CELEPAR, [2001]. Disponível em:

<http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/producoes_pde/artigo_patricia_bericelli_carboni.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2018.

CASAGRANDE, G. L. **A genética humana no livro didático de biologia**. 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/88524/232762.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

CATARINACHO, R. L. **O Ensino de Genética com Super-Heróis: Uma Abordagem Mutante na Sala de Aula**. 2011. 32 f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2011. Disponível em:

<http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCBS/Cursos/Ciencias_Biologicas/1o_2012/Biblioteca_TCC_Lic/2011/2o_2011/Renata_Lobato.pdf>. Acesso em: 13 maio 2018.

CAVALCANTE, D. D.; SILVA, A. F. A. Modelos didáticos e professores: concepções de ensino-aprendizagem e experimentações. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008. Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: UFRP, 2008. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0519-1.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

CECCANTINI, G. Os tecidos vegetais têm três dimensões. **Revista Brasileira. Bot.**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 335-337, 2006. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbb/v29n2/a15v29n2.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

EL-HANI, C. N. Between the cross and the sword: the crisis of the gene concept. **Genetics and Molecular Biology**, São Paulo, v. 30, n.2, p. 297-307, 2007.

FABRÍCIO, M. F. L. *et al.* A compreensão das leis de Mendel por alunos de biologia na educação básica e na licenciatura. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 8, n. 1, p. 83-103, 2006.

Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v8n1/1983-2117-epec-8-01-00083.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2018.

FONTENELE, M. S.; CAMPOS, F. L. Proposal of a didactic model as a facilitator of the teaching of the DNA structure in a public school in the northern middle region of Piauí, Brazil. **Espacios**, Piauí, v. 38, n. 45, p. 21-31, 2017. Disponível em:

<<http://www.revistaespacios.com/a17v38n45/a17v38n45p21.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GUILHERME, B. C.; SILVA, A. M. P. M.; GUIMARÃES, W. N. R. Análise de propostas de ensino de genética através do uso de modelos didáticos. In: CÓLOQUIO INTERNACIONAL EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE, 6., 2012, São Cristóvão. **Anais eletrônicos...**

Sergipe: UFS, 2012. Disponível em: <http://educonse.com.br/2012/eixo_06/PDF/108.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2018.

JUSTINA, L. A. D. **Ensino de genética e história de conceitos relativos à genética**. 2001. 145 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Florianópolis, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/81922>>. Acesso em: 28 maio 2018.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de Genética - exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. **Arq Mudi**, Maringá, p. 35-40, 2006. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/19993/10846>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

KLAUBERG, S. D. W. **O Lúdico no Ensino da Biologia Uso de um modelo didático para ensino da divisão celular mitótica**. 2015. 21 f. Monografia (Curso de Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio) – Universidade Federal do Paraná, Nova Londrina, 2015. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/42694/R%20-%20E%20-%20SELMA%20DERODEA%20WEISS%20KLAUBERG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 28 maio 2018.

KREUZER, H.; MASSEY, A. **Engenharia genética e biotecnologia**. 2. ed. São Paulo: Artmed, 2002. 436 p.

LA LUNA, A. Importância do Ensino e Aprendizagem de Genética para o Mundo Atual. **Revista de educação**, São Paulo, v. 17, n. 23, p. 44-53, 2014. Disponível em: <<http://www.pgsskroton.com.br/seer/index.php/educ/article/view/3080/2891>>. Acesso em 28 maio 2018.

LIMA, A. C.; PINTON, M. R. G.; CHAVES, A. C. L. O Entendimento e a Imagem de Três Conceitos: DNA, Gene e Cromossomo no Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007. Florianópolis. **Anais Eletrônicos...** Florianópolis: UFSC, 2007. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p464.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

LIMA, C. S. L. *et al.* A importância da aplicação do material didático com conteúdos de genética no aprendizado do aluno. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 4., 2017, João Pessoa, PB. **Anais eletrônicos...** Paraíba: CONEDU, 2017. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV056_MD4_SA18_ID9354_09082016110603.pdf>. Acesso em: 12 maio 2018.

MADUREIRA, H. C. *et al.* O uso de modelagens representativas como estratégia didática no ensino da biologia molecular: entendendo a transcrição do DNA. **Linkscienceplace: Revista Científica Interdisciplinar**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 17-25, 2016. Disponível em: <<http://revista.srvroot.com/linkscienceplace/index.php/linkscienceplace/article/view/219/131>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

MARTINS, R. L. C.; VERDEAUX, M. F. S.; SOUZA, C. M. S. G. A utilização de diagramas conceituais no ensino de física em nível médio: um estudo em conteúdos de ondulatória, acústica e óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 3, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v31n3/070811.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2018.

MEDEIROS, K. C. R.; RODRIGUES, F. M. Análise da eficiência do uso de um modelo didático para o ensino de citogenética. **Estudos**, Goiana, v. 39, n. 3, p. 311-319, 2012. Disponível em: <<http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/estudos/article/viewFile/2644/1611>>. Acesso em: 28 maio 2018.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editorial, 2012.

MOUL, R. A. T. M.; SILVA, F. C. L. A modelização em genética e biologia molecular: ensino de mitose com massa de modelar. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v.12, n. 2, p. 118-128, 2017. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID352/v12_n2_a2017.pdf>. Acesso em: 12 maio 2018.

OLIVEIRA, A. M. V. *et al.* Produção de material didático para o ensino de biologia: uma estratégia desenvolvida pelo PIBID/Biologia/FECLI. **Revista da SBenBio**, Niterói, v. 7, p. 682-691, 2014. Disponível em: <<http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/R0405-2.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

OLIVEIRA, M. L. *et al.* T. Genética Na Tv: O Vídeo Educativo como Recurso Facilitador do Processo de Ensino-Aprendizagem. **Experiências em ensino de ciências**, Cuiabá, v. 7, n. 1, p. 27-42, 2012. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID172/v7_n1_a2012.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2018.

ORLANDO, T. C. *et al.* Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de ciências biológicas. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, Butantã, n. 1, artigo A, p. A1-A17, 2009. Disponível em: <<https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/viewFile/33/29>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

PAIVA, A. L. B.; MARTINS, C. M. C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 7, n. 3, p. 27-42, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v7n3/1983-2117-epec-7-03-00182.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

PEDRANCINI, V. D.; *et al.* A. C. Ensino e aprendizagem de biologia no ensino e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Maringá, v. 6, n. 2, p. 299-399, 2007. Disponível em: <https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N2.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2018.

PEREIRA, A. J. *et al.* Modelos didáticos de DNA, RNA, ribossomos e processos moleculares para o ensino de genética do ensino médio. **Revista da SBenBio**, Niterói, v. 7, p. 564-571, 2014. Disponível em: <<http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/R0084-1.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

PEREIRA, M. B.; MIRANDA, A. F. O ensino de mitose para a geração Z: uma análise entre dois métodos. **Revista Prática Docente (RPD)**, v. 2, n. 2, p. 255-269, 2017. Disponível em: <

https://www.researchgate.net/publication/322017856_O_ENSINO_DE_MITOSE_PARA_A_GERACAO_Z_UMA_ANALISE_ENTRE_DOIS_METODOS>. Acesso em: 20 nov. 2018.

PÉREZ, F. F. G. Los modelos didácticos como instrumento de análisis y de intervención en la realidad educativa. **Revista Electrónica de la Universidad de Barcelona**, Barcelona, n. 207, 2000. Disponível em: <<http://www.ub.edu/geocrit/b3w-207.htm>>. Acesso em: 28 maio 2018.

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

SANTOS, S. **Para geneticistas e educadores: o conhecimento cotidiano sobre a herança biológica**. São Paulo: Annablume, 2005.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N. A história da ciência como aliada no ensino de genética. **Genética na escola**, Ribeirão Preto, São Paulo, v. 1, n. 1. p. 17-18, 2006. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/fevereiro2013/ciencias_artigos/historia_ciencia_genetica.pdf>. Acesso em: 28 maio 2018.

SCHNEIDER, E. M.; JUSTINA, L. A. D.; MEGLHIORATTI, F. A. Investigação do Desenvolvimento de um Módulo Didático Sobre o Conceito de Gene na Licenciatura Em Ciências Biológicas. **Experiências em Ensino de Ciências**, UNIOEST, Paraná, v. 8, n. 3, p. 1-21, 2013. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID223/v8_n3_a2013.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2018.

SILVA, A. A. S.; PEREIRA, M. G.; GARCIA, A. C. L. Proposta de um modelo didático para facilitar a compreensão da meiose e conceitos de genética. In: IV CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 4., 2017, João Pessoa, PB. **Anais eletrônicos...** Paraíba: CONEDU, 2017. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV073_MD4_SA16_ID5650_07092017205933.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2018.

SILVEIRA, L. S. F. **Uma contribuição para o ensino de genética**. 2008. 116 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática) – Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/3036/1/000401333-Texto%2bCompleto-0.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

SOARES, J. F. *et al.* **Escola Eficaz**: um estudo de caso em três escolas da rede pública de ensino do Estado de Minas Gerais. 2002. 114 f. Trabalho Acadêmico (Grupo de Avaliação e Medidas Educacionais) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, Belo Horizonte, 2002. Disponível em: <http://www.ccv.ufc.br/newpage/conc/seduc2010/seduc_dir/download/gestao1.pdf>. Acesso em: 28 maio 2018.

SOUZA, M. A. E. *et al.* Modelos cromossômicos auxiliam o estudo da mitose e da meiose. **PECIBES**, Campo Grande, p. 77-83, 2017. Disponível em: <<http://seer.ufms.br/index.php/pecibes/article/download/5266/3988>>. Acesso em: 28 maio 2018.

SOUZA, M. **Dificuldades de alunos do ensino médio na aprendizagem de genética**. 2015. 27 f. Monografia (Especialização em Genética para Professores e Ensino Médio) –

Universidade Federal do Paraná, Foz Do Iguaçu, 2015. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/42247/R%20-%20E%20-%20MARINEZ%20DE%20SOUZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 13 maio 2018.

TATSCH, H. M.; SEPEL, L. M. N. Baralho mitótico. **Genética na escola**, v. 12, n. 2, p. 160-175, 2017. Disponível em: <http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_76770183d43747298a605cde36d46e8b.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.

TEMP, D. S. **Genética e suas aplicações: identificando o conhecimento presente entre concluintes do ensino médio**. 2011. 85 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da vida e Saúde) - UFSM, Santa Maria, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/6656/TEMP%2C%20DAIANA%20SONEGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

TEMP, D. S.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. Desenvolvimento e uso de um modelo didático para facilitar a correlação genótipo-fenótipo. **Revista Electrónica De Investigación En Educación En Ciencias**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 13-20, 2013. Disponível em: <<http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/reiec/article/view/7529/6765>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

TEMP, D. S.; NICOLETTI, E. R.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. Identificando o conhecimento de genética entre calouros universitários. **Revista SBEnBIO**, [São Paulo], n. 7, p. 1441-1451, 2014. Disponível em: <<http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/R0425-1.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2018.

ZATZ, M. **Genética: escolhas que nossos avós não faziam**. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2013.