



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

Faculdade UnB Planaltina

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

O Uso de Modelos no Ensino da Divisão Celular na Perspectiva da Aprendizagem Significativa

Cleonice Miguez Dias da Silva Braga

Brasília, DF
2010



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

Faculdade UnB Planaltina

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

O Uso de Modelos no Ensino da Divisão Celular na Perspectiva da Aprendizagem Significativa

Cleonice Miguez Dias da Silva Braga

Dissertação realizada sob orientação da Prof.^a Dr.^a Maria Luiza de Araújo Gastal e co-orientação da Prof.^a Dr.^a Louise Brandes Moura Ferreira e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Biologia”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília, DF

2010

Dedicatória

**Dedico este trabalho à minha
querida filha e futura
professora Helena.**

Agradecimentos

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências pelos ensinamentos, alicerce deste trabalho.

Às professoras Maria Luiza de Araújo Gastal e Louise Brandes Moura Ferreira por todo conhecimento e auxílio dedicados à orientação desta pesquisa.

Às professoras Célia Maria Soares Gomes de Sousa e Maria de Nazaré Klautau por suas valiosas contribuições na etapa da qualificação.

Aos funcionários do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, em especial à Carolina Okawachi pela forma atenciosa e eficiente com que sempre atendeu minhas dúvidas.

Aos amigos que fiz durante o curso, em especial ao Roni, companheiro nos momentos alegres e difíceis.

Aos meus pais pela dedicação e pelo amor com que me criaram permitindo a realização dos meus passos futuros.

Ao meu marido Alberto pelo carinho e apoio incondicional.

Aos meus filhos, Vitor, André e Helena pela compreensão e ajuda nos momentos difíceis.

À minha querida tia Tereza que sempre vibra com as minhas vitórias.

Aos amigos de sempre, Ana, Marcos, Lílian e Joicy pelas palavras de incentivo.

Aos alunos que participaram dessa pesquisa pelo entusiasmo e pela dedicação com que se envolveram neste trabalho.

FOLHA DE APROVAÇÃO

CLEONICE MIGUEZ DIAS DA SILVA

O uso de modelos no ensino da divisão celular na perspectiva da Aprendizagem Significativa

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Biologia”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em _____ de _____ de 2010

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Maria Luiza de Araújo Gastal
(Presidente)

Prof^a. Dr^a. Vivian Leyser da Rosa
(Membro externo não vinculado ao programa – UFSC)

Prof^a. Dr^a. Célia Maria Soares Gomes de Sousa
(Membro interno vinculado ao programa – IF/UnB)

Prof^a. Dr^a. Maria de Nazaré Klautau
(Suplente – IB/UnB)

Resumo

A preocupação com as dificuldades no ensino e na aprendizagem da divisão celular encontra-se refletida na literatura da área, com maior frequência, em trabalhos sobre o ensino e a aprendizagem dos conteúdos da genética. Considerando o caráter abstrato de muitos conceitos envolvidos na compreensão desses conteúdos como o motivo de tais dificuldades, muitos desses trabalhos sugerem a aplicação de metodologias e práticas didáticas especialmente pensadas para o seu ensino. Nesta perspectiva, com a intenção de somar contribuições nessa área, este trabalho teve como objetivo investigar o potencial dos modelos e da modelagem como metodologia para o ensino dos processos da divisão celular. Tal investigação se deu com a aplicação de uma sequência didática fundamentada na teoria da aprendizagem significativa e teve como objeto de modelagem os cromossomos. A sequência didática, composta por quatro unidades, foi desenvolvida durante um período de três semanas, com duas aulas de 50 minutos cada, com dezessete alunos (n=17) de uma turma de 1ª série do ensino médio noturno em uma escola pública localizada a aproximadamente 20Km de Brasília. O grupo de participantes, bastante heterogêneo, era composto por alunos de baixa renda com diversas idades e diferentes histórias de vida escolar. As análises dos dados obtidos a partir das filmagens das aulas feitas pela pesquisadora, das aplicações de um pré e de um pós-teste e da realização de entrevistas semi-estruturadas com alunos do grupo de foco mostraram uma melhora na compreensão dos conteúdos propostos. Sob o ponto de vista da aprendizagem significativa, considerando em particular as condições para a sua ocorrência, o uso desta metodologia permitiu um maior engajamento dos alunos em atividades que propiciaram a reflexão crítica sobre o objeto em estudo, aumentando o potencial significativo dos conteúdos tratados.

Palavras-Chave: Divisão celular. Aprendizagem significativa. Modelos e modelagem.

Abstract

This study was an application of meaningful learning theory to the teaching and learning of cell division. There is a large body of empirical research on the difficulties students face in learning the contents of cell division due to the abstract nature of many of its concepts. Many studies also suggest the need of an innovative approach specially designed to the teaching and learning of cell division. From this perspective, and aiming at adding new contributions to this area, this study investigated the potential of models and modeling as a methodology for teaching the processes of cell division. A teaching unit focused on modeling chromosomes was first developed and then implemented for a period of 3 weeks, with two classes of 50 minutes a week, with sophomores at a public school approximately 20Km from Brasília. Seventeenth students (n=17) participated in the study. Participants came from an economically disadvantaged neighborhood, were mixed aged and had compensatory educational experiences. Data were collected through the videotape of all classes, semi-student interviews with a focus group, and a pre- and post-test. Some key findings were that the use of modeling helped the majority of the students to understand the processes of cell division on a meaningful way as well as enabled them to critically reflect on the subject under study.

Keywords: Cell division. Meaningful learning. Models and modeling.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
1.1 Os Processos da Divisão Celular e a Genética	16
1.2 A Transposição Didática dos Processos da Divisão Celular	18
1.3 O Ensino da Divisão Celular e a Teoria da Aprendizagem Significativa	19
1.4 O Ensino dos Processos da Divisão Celular	20
2. REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa	23
2.1.1 A Dinâmica da Aprendizagem Significativa	27
2.1.2 Condições para a Ocorrência da Aprendizagem Significativa	30
2.1.3 A Organização do Ensino à Luz da Teoria da Aprendizagem Significativa.	31
2.2.1 Classificação dos Modelos	35
2.2.2 A Modelagem no Ensino de Ciências	37
2.2.3 Modelando os Cromossomos.....	39
3. PLANEJANDO A INTERVENÇÃO	41
3.1.1 Identificação da Estrutura Conceitual da Matéria de Ensino.....	42
3.1.2 Identificação dos Subsúncios Relevantes	43
3.1.3 Sondagem da Estrutura Cognitiva do Aluno	43
3.1.4 A Organização do Conteúdo e Determinação da Metodologia	44
3.2 O Desenho Metodológico e as Dificuldades Associadas	45
3.2.1 O Sítio de Pesquisa e a Amostra	46
3.2.2 A Preparação da Professora	48
3.2.3 Preparação do Trabalho de Campo	49
3.2.4 Procedimentos para Análise de Resultados	49
3.2.4.1 Manejo dos Dados.....	49
3.2.4.2 Análise dos Questionários	50
3.2.4.3 Análise das Entrevistas Semi-Estruturadas.....	51
3.2.4.4 Análise da Transcrição dos Dados Obtidos na Vídeogravação das Aulas	52
3.2.5 Considerações Éticas	52
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1. O Cronograma da Intervenção	54
4.2 Conhecendo o Grupo.....	55
4.3 A Aplicação do Pré-Teste.....	56
4.4. A Sequência Didática	56
4.4.1 Aula 1: Definindo genoma, cromossomos homólogos, genes, células haplóides e células diplóides.	56
4.4.2 Aula 2:A Duplicação do DNA: Cromossomos simples X Cromossomos duplicados....	67
4.4.3 Aula 3: Aplicação de exercícios.....	74
4.4.4 Aula 4: A Divisão Celular: Mitose.....	74
4.4.5 Aula 5: A Divisão Celular: Meiose.....	80
4.5. Análise Qualitativa.....	85
4.6 Análise dos Questionários	90

4.6.1 Análise do Questionário 1: Termos Biológicos.....	90
4.6.1.1 Cromossomo x DNA x Gene – a organização e a localização do material genético ...	90
4.6.1.2 Cromossomo x DNA x Gene: a importância e o significado do material genético	92
4.6.2 Análise do Questionário 2: Reprodução e Herança	94
4.6.2.1 Gametas e Fecundação	94
4.6.2.2 Reprodução e Herança.....	95
4.6.2.2.1 Quanto às Células Somáticas	96
4.6.2.2.2 Células Somáticas X Gametas	97
4.6.2.2.3 Quanto aos Gametas	98
4.7. Análise das Entrevistas Semi-Estruturadas	99

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
----------------------------------	------------

REFERÊNCIAS.....	107
-------------------------	------------

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário 1	111
APÊNDICE B – Questionário 2	114
APÊNDICE C – Roteiro da Entrevista Semi-Estruturada	117
APÊNDICE D – Respostas e Pontuação do Questionário 1	120
APÊNDICE E – Respostas do Questionário 2	123
APÊNDICE F – Respostas das Perguntas da Entrevista e os Conceitos Associados.....	125
APÊNDICE G – Carta de Aprovação	127
APÊNDICE H – Carta e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	129
APÊNDICE I – Carta de Aceite	132
APÊNDICE J – Ficha e Desenhos das Fases da Mitose.....	134
APÊNDICE K – Ficha Sobre a Atividade da Meiose.....	137
APÊNDICE L – A Proposição de Ensino	139

“O que eu ouço, esqueço. O que eu vejo, lembro. O que eu faço, aprendo.”
Confúcio

INTRODUÇÃO

Muito se tem escrito, na literatura em educação, sobre a importância da aquisição de conhecimentos como um elemento determinante para uma boa qualidade de vida. Segundo Justi (2006), a defesa da presença das ciências nos currículos escolares pelas propostas curriculares de muitos países ocidentais, evidencia a importância que o domínio de conhecimentos científicos tem na tomada de decisões e na análise de diversas questões de cunho científico, que cada vez mais se fazem presentes na vida dos cidadãos do séc. XXI. Sob essa perspectiva, em função dos avanços alcançados pela biologia nos últimos 50 anos, especialmente no campo da pesquisa molecular, o ensino da biologia, em especial o ensino da genética, adquire importância cada vez maior. Justina e Ferla (2006) também enfatizam a importância do conhecimento de noções de genética pela população:

A ignorância ou a rejeição de conhecimentos novos leva, freqüentemente, ao conservadorismo e à intolerância. A genética tem fornecido conceitos inovadores, como a terapia gênica, que têm mudado radicalmente a visão de si mesma e sua relação com o resto do universo. Para a não rejeição e/ou ignorância frente às novas descobertas em genética, as pessoas necessitam compreender o grande espectro de aplicações e implicações tanto da genética básica quanto da genética aplicada (JUSTINA e FERLA, 2006, p.36).

O Projeto Genoma Humano, as técnicas de clonagem e os organismos geneticamente modificados são apenas alguns exemplos dos avanços recentes nesta área cujos reflexos já se fazem sentir na medicina, na agricultura e na indústria, estabelecendo um estreito relacionamento entre a sociedade e a pesquisa. Assim, a compreensão dos princípios básicos da genética é fundamental para que nossos estudantes estejam preparados para opinar de modo consciente frente às inovações introduzidas por essa ciência na sociedade (BARROS, KUKLINSKY e LORETO, 2008).

Dentre os conceitos biológicos básicos para compreensão das novas tecnologias em genética estão: célula, mitose, meiose, gene, cromossomo, DNA e fluxo da informação gênica. A compreensão de fenômenos genéticos não é, no entanto, simples, pois envolve processos e entidades que não fazem parte das experiências do dia-a-dia dos estudantes (BARROS et. al., 2008), o que torna o ensino desse conteúdo um desafio para a grande maioria dos professores de biologia.

Em minha prática, a dificuldade imposta por tais desafios se manifesta em especial no ensino dos processos da divisão celular. E foi justamente na busca de melhores formas de ensinar este conteúdo que surgiu a proposta metodológica que será desenvolvida neste trabalho.

A busca por novas metodologias de ensino é guiada por critérios ligados à natureza do conteúdo que se pretende ensinar e às crenças sobre o significado e a forma como se dá a aprendizagem. Valorizando, portanto, o envolvimento do aluno como condição imprescindível para a aprendizagem, com o intuito de diminuir a dificuldade de compreensão resultante do caráter abstrato dos fenômenos e conceitos envolvidos no ensino da divisão celular, pedi aos alunos que trouxessem para a aula canudos de refrigerantes para representar os cromossomos de uma célula em divisão. O sucesso dessa representação fez com que eu a incorporasse para ensinar a divisão celular, de tal forma que, quando um ex-aluno encontra comigo nos corredores da escola e percebe entre os materiais que carrego a presença dos canudos é comum o comentário: “Lá vai a Cléo com os seus cromossomos”...

Apesar da “fama” obtida pelo uso dos canudos, nunca havia tido a preocupação de sistematizar tal metodologia, tampouco de buscar uma fundamentação teórica para validá-la. No entanto, a exigência de apresentar um pré-projeto para tentar uma vaga no Mestrado em Ensino de Ciências levou-me a elaborar um esboço da minha metodologia e, pela primeira vez, os meus canudinhos foram parar no papel.

Elaborado para atender às necessidades dos professores de ensino médio e fundamental, e das licenciaturas, o Mestrado Profissional em ensino de Ciências visa contribuir para a melhoria do ensino-aprendizagem de Ciências (Física, Química, Biologia e Matemática), devendo proporcionar uma atualização de conhecimentos de conteúdos e metodologias de ensino para uma urgente melhoria (ou mudança) da prática pedagógica dos professores-estudantes, contribuindo diretamente para a aprendizagem na sala de aula (FREIRE e GERMANO, 2009).

Seguindo os moldes da CAPES, órgão que regulamenta e normatiza as pós-graduações no Brasil, este mestrado tem como trabalho final uma pesquisa profissional, aplicada, descrevendo o desenvolvimento de processos ou produtos de natureza educacional, que visem a melhoria do ensino na área específica, sugerindo-se fortemente que, em forma e conteúdo, este trabalho se constitua em material que possa ser utilizado por outros profissionais (MOREIRA, 2004).

Considerando, portanto, o sucesso obtido com a utilização dos canudos relatada anteriormente, em consonância com o caráter de especificidade e aplicabilidade dos conhecimentos desenvolvidos no Mestrado Profissional, empenhei-me na sistematização da minha metodologia.

Durante o desenvolvimento do curso, as leituras e discussões de diversos artigos e trabalhos desenvolvidos na área de ensino de ciências, em especial sobre as concepções prévias dos alunos e o uso de analogias em educação, me fizeram perceber alguns limites e possibilidades da minha metodologia e a reconhecer, no uso de modelos, a sua base teórica. Percebi ainda que a forma de aplicá-la poderia variar em função do referencial teórico adotado e que defini-lo seria, portanto, passo importante para transformar meu pré-projeto em uma proposta metodológica viável para o uso de outros professores.

Na perspectiva de testar o potencial dos modelos em facilitar a aprendizagem, este trabalho teve como objetivo a aplicação e posterior avaliação de uma sequência didática elaborada à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa e do uso de modelos como metodologia para o ensino da divisão celular. De maneira específica, tal avaliação buscou verificar se a sequência aplicada, em função do embasamento teórico adotado, seria capaz de:

- a) facilitar a exposição do assunto pelo professor;
- b) facilitar para o aluno a compreensão de conceitos abstratos ligados ao conteúdo da divisão celular;
- c) facilitar ao aluno perceber e expor as suas dúvidas;
- d) estimular o diálogo e a troca de significados entre o professor e o aluno durante o processo de ensino-aprendizagem e;
- e) promover a aprendizagem significativa dos processos da divisão celular.

Para relatar a maneira como esta pesquisa foi desenvolvida e justificar as opções teóricas e metodológicas adotadas na sua elaboração e as dificuldades encontradas na sua aplicação, o texto deste trabalho foi organizado em quatro capítulos.

No primeiro capítulo, encontram-se relatados os resultados do levantamento bibliográfico acerca do ensino e da aprendizagem da divisão celular. O capítulo dois trata do embasamento teórico e aborda as teorias adotadas, detalhando, em cada uma delas, os princípios que serviram de base para o desenvolvimento deste trabalho. No capítulo três serão detalhados os procedimentos que levaram à elaboração da sequência didática que será a base do produto que se pretende desenvolver e o desenho metodológico que guiou as ações e as análises dos resultados que serão por fim expostos no capítulo quatro dessa dissertação.

No final deste trabalho será apresentada, no apêndice L, a proposta de ação profissional que foi elaborada na forma de um guia para o professor. Neste guia, encontram-se

descritas em detalhes, todas as aulas, seus objetivos, procedimentos e materiais utilizados, bem como uma breve apresentação do referencial teórico utilizado.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Os Processos da Divisão Celular e a Genética

A compreensão dos processos da divisão celular tem grande importância para o conhecimento básico da biologia, sendo necessária para o entendimento de diversos temas e áreas dessa disciplina. Referências acerca do ensino e aprendizagem destes processos são encontradas, com maior frequência, nas pesquisas relacionadas às dificuldades de se aprender e ensinar os conteúdos de genética (LEWIS e WOOD-ROBISON, 2000; BANET e AYUSO, 2000; WYNNE, STEWART e PASSMORE, 2001; BANET e AYUSO, 2002; KNIPPELS, WAARLO e BOERSMA, 2005; GIACÓIA, 2006).

Segundo registra Bugallo (1995), em sua revisão sobre a didática da genética, esta área da biologia foi apontada já nos anos de 1980, como a mais difícil de ensinar e aprender, tendo sido destacados de forma mais específica três de seus conteúdos: mitose e meiose, genética mendeliana e a teoria cromossômica. Pesquisas mais recentes continuam a evidenciar a persistência desta realidade até mesmo entre alunos que já finalizaram com sucesso o ensino médio e o ensino superior (LEWIS e WOOD-ROBISON, 2000; BANET e AYUSO, 2000; WYNNE et al., 2001; BANET e AYUSO, 2002; KNIPPELS et al., 2005; GIACÓIA, 2006).

A busca de explicações e soluções para tais dificuldades fomentou a realização de pesquisas que apontam diferentes aspectos como possíveis causas deste insucesso. Uma vez que o presente trabalho tem como foco principal o ensino da divisão celular, atenção maior foi dada àqueles aspectos que de alguma forma se relacionam com a compreensão dos processos a ela relacionados, apresentados a seguir:

- a) **Compreensão sobre a natureza da informação genética:** confusões envolvendo a compreensão dos conceitos de gene, cromossomos, DNA e informação genética são

comuns entre os estudantes. Muitos estudantes têm dificuldades em compreender o gene como uma entidade física localizada no cromossomo e demonstram incerteza sobre a relação existente entre genes e informação genética. Para alguns destes alunos, os genes são maiores que os cromossomos (LEWIS et al., 2000);

- b) **A presença de concepções alternativas:** muitos estudantes possuem concepções equivocadas acerca da localização da informação genética nas células de um organismo. Para muitos, os cromossomos sexuais estão presentes apenas nos gametas (óvulos e espermatozóides) e a informação genética carregada por diferentes células do organismo é diferente e específica para as funções que desempenha (LEWIS et al, 2000; BANET, AYUSO, 2000, 2002). Estes resultados indicam que a mitose não foi compreendida pelos alunos como um processo por meio do qual a mesma informação genética da célula mãe é transmitida para as células filhas e que as células de um organismo têm a mesma origem, ou seja, a mitose da célula ovo. Poucos estudantes distinguem claramente célula somática de gameta e muitos tem dúvidas sobre como diferenciar a mitose e a meiose. (LEWIS et al, 2000).
- c) **A estrutura do currículo de biologia:** a extensão e a forma descritiva como os assuntos são tratados é apontada por Lewis e colegas (2000) como um fator que dificulta uma atuação pedagógica adequada por parte do professor. Segundo esses autores, na distribuição curricular dos conteúdos, tópicos relacionados são ensinados em meses ou até mesmo em anos diferentes, dificultando uma abordagem holística do assunto. Sob a mesma perspectiva, para Knippels e colegas (2005), a estrutura do currículo de biologia no qual o estudo da meiose é isolado do estudo da hereditariedade, tem como efeito indesejável, o aumento do caráter abstrato da genética;

d) A abordagem da genética nos livros didáticos: de forma geral, muitos livros didáticos tendem a materializar na organização dos seus conteúdos, a mesma forma fragmentada e desconexa observada nos currículos da área. Segundo Knippels e colegas (2005), nos textos da maioria dos livros didáticos alemães analisados em seu estudo, as relações existentes entre os tópicos sobre reprodução sexuada, meiose e hereditariedade não são claramente estabelecidas. A constatação de que os estudantes são capazes de utilizar o quadrado de Punnett sem que nenhuma relação seja estabelecida com a meiose (WYNNE, STEWART e PASSMORE, 2001; KNIPPELS et al, 2005) e a forma mecânica e descontextualizada utilizada por muitos na resolução de problemas de genética mendeliana (BANET e AYUSO, 2000) podem ser interpretadas como resultados dessa fragmentação. “Quando os estudantes não relacionam a produção de gametas como produto da meiose, o quadrado de Punnett torna-se uma ferramenta biologicamente sem sentido.” (KNIPPELS et al, 2005, p.110);

1.2 A Transposição Didática dos Processos da Divisão Celular

Os estudos sobre a transposição didática têm em Yves Chevallard a principal referência. Em seu livro *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*, Chevallard parte do pressuposto de que o ensino de um determinado elemento do saber só será possível se esse elemento sofrer certas “deformações” para que esteja apto a ser ensinado (MARANDINO, 2000).

Segundo Brockington e Pietrocola (2005), a transposição didática funciona como um instrumento através do qual analisamos o movimento do saber sábio (aquele que os cientistas descobrem) para o saber a ensinar (aquele que está nos livros didáticos) e por meio deste, ao

saber ensinado (aquele que realmente acontece em sala de aula). Segundo esses autores, é importante lembrar que neste processo nem todos os saberes do domínio do saber sábio farão parte do cotidiano escolar.

A despeito de tal pressuposto, no entanto, as ilustrações dos processos da divisão celular, um clássico exemplo de representações abstratas que ocorre com grande frequência nos livros texto, tem origens nos livros universitários e são produto de uma transmissão vertical do conhecimento sem a devida adaptação ao conteúdo escolar (PRINOU e HALKIA, 2003). Dirigidas a pesquisadores e especialistas da área, tais ilustrações contém uma quantidade muito grande de informações para serem compreendidas resultando, segundo as autoras, na perda de interesse dos estudantes.

A valorização dos eventos e fases da mitose e da meiose advinda dessa transmissão vertical do conhecimento, e a representação desses processos como uma sucessão de quadros com diferentes posições de cromossomos, recheada de informações e particularidades a serem compreendidas não promove uma compreensão da natureza biológica desses processos. Tal fato pode ser observado em alunos que, embora capazes de diferenciar estes dois tipos de divisão e identificar suas funções, não conseguem, com base na informação genética, distinguir as células somáticas dos gametas (LEWIS et al., 2000).

1.3 O Ensino da Divisão Celular e a Teoria da Aprendizagem Significativa

Os trabalhos citados nessa revisão mostram a importância da presença de um conhecimento claro e significativo da mitose e da meiose para o sucesso do ensino da genética. Banet e Ayuso (2000), nos resultados de sua pesquisa indicam, de forma explícita, que o entendimento do significado dos processos da reprodução sexuada e da divisão celular são pré-requisitos essenciais para a compreensão dos mecanismos da herança biológica.

A análise de tal constatação à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel nos leva ao conceito de subsunçores. Segundo Moreira (2006, p.19) os subsunçores são ideias, conceitos ou proposições já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz que lhe permite dar significado lógico ao conteúdo que lhe é apresentado – condição primária para que a sua aprendizagem se dê de forma significativa.

Atribuir, portanto, aos processos da divisão celular a condição de conhecimentos subsunçores na perspectiva da TAS, significa buscar incorporá-los à estrutura cognitiva do aluno de maneira que estes se tornem pontos de ancoragem, capazes de fornecer significado lógico para a aprendizagem significativa de novos conteúdos afins, o que só será possível se a sua aprendizagem também se der de forma igualmente significativa.

No entanto, dificuldades na compreensão de conteúdos a ela relacionados, evidenciadas neste trabalho, de forma mais específica na área da genética, denunciam a sua ausência e nos impelem a uma urgente revisão nos materiais e métodos utilizados para o seu ensino, incluindo a proposta de novos recursos didáticos aliados à pesquisa educacional sobre seus usos e impacto na aprendizagem dos estudantes.

1.4 O Ensino dos Processos da Divisão Celular

A aprendizagem dos processos da divisão celular tem como pré-requisito uma compreensão clara das estruturas que caracterizam o núcleo das células eucariontes e envolve o entendimento de muitos conceitos que, devido a seu caráter abstrato, são motivo de angústia para muitos alunos. Alguns conceitos como genoma e, mais comumente, gene, não são caracterizados da mesma forma pelos diferentes livros didáticos e nem encontram um consenso entre os professores da área (VIDOTTO, BERNARDO, TROVÓ, TARGA,

POLACHINI, GALEGO, RUIZ, SOUZA, IANELLA, VILLAGRA, ARNONI, 2002; COELHO, BAO, CORRENTE, ROSSI, 2008).

A falta de compreensão clara e diferenciada de conceitos como DNA e gene, aliada a uma série de fenômenos e nomenclaturas pertinentes, dificulta a compreensão dos processos de divisão celular e também é causa das dificuldades relacionadas ao ensino de genética (BANET, AYUSO, 2000; LEWIS, et al, 2000; KNIPPELS, et al, 2005; PAULA, 2007). Conforme Bugallo (1995) assinala, tais dificuldades, responsáveis pelo caráter abstrato atribuído a esta disciplina, estiveram na raiz de muitas discussões acerca da pertinência de sua inclusão nos currículos destinados ao antigo ensino secundário hoje denominado ensino médio.

Os argumentos contrários a tal inclusão tinham como base estudos piagetianos que julgavam que os alunos do ensino médio não apresentavam maturidade cognitiva adequada para a compreensão dos conceitos de genética. Para aqueles que, no entanto, acreditavam na sua possibilidade, tais dificuldades cognitivas, apesar de reais, poderiam ser minimizadas por meio da aplicação de metodologias e práticas didáticas especialmente pensadas para o ensino destes conteúdos. Tal preocupação pode, inclusive, ser evidenciada na maioria dos trabalhos produzidos atualmente nessa área (BANET, AYUSO, 2000; KNIPPELS, et al, 2005; PAULA, 2007).

Um levantamento da produção nacional de pesquisas sobre o ensino da genética apresentadas nos espaços de socialização da Área de Ensino de Ciências e Biologia (EPEB, EREBIO/ENEBIO e ENPEC), realizada por Goldbach, Goulart e Machado (2008) revela que 43% dos trabalhos apresentados tinham como objetivo a proposição de atividades didáticas que buscam melhoras nas metodologias de ensino desta área. A respeito desses trabalhos tais autores comentam:

(...) A busca de inúmeras atividades didáticas diversificadas que visam a associação entre DNA e cromossomos, partindo de sua origem, localização e destino (diferenciando células somáticas e germinativas) e o dinamismo presente no núcleo das mesmas, durante seu funcionamento e divisão (cromatina e empacotamento em cromossomos), é fundamental para o estabelecimento dos “conhecimentos basilares”, necessários para o estudo. As confusões terminológicas podem ser minimizadas quando o processo de ensino-aprendizagem é realizado passo a passo, focalizando mais os processos que as estruturas, e quando enriquecidos com materiais de apoio visuais e concretos (fotografias, filmes, animações virtuais, modelos, aulas práticas, estudos dirigidos com situações-problemas etc.).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa

Ausubel é um representante do cognitivismo, e como tal, procura elucidar os mecanismos internos que ocorrem na estrutura cognitiva humana em relação ao processo de aprendizagem (MOREIRA, 1999). Sua teoria baseia-se na premissa de que a mente humana possui uma estrutura organizada e hierarquizada de conhecimentos que é continuamente diferenciada pela assimilação de novos conceitos, proposições e idéias que servirão, por sua vez, de pontos de ancoragem para a assimilação de outros novos conceitos, proposições e ideias, levando a um processo contínuo e dinâmico de mudanças na estrutura cognitiva, que é subsidiado pela **aprendizagem significativa**.

O princípio norteador da teoria de Ausubel é a ideia de que para que a aprendizagem ocorra é necessário partir de conhecimentos prévios que o aluno já possui. Segundo ele, descobrir o conteúdo e a organização das ideias dos alunos em determinada área particular de conhecimentos que se pretende ensinar, é o primeiro passo em direção ao sucesso da aprendizagem.

Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980) uma informação é aprendida de forma significativa quando se relaciona a outras ideias, conceitos ou proposições relevantes e inclusivos, que estejam suficientemente claros e disponíveis na mente para funcionarem como âncoras. Ausubel denomina as ideias que proporcionam ancoragem de **subordinadores, integradores ou subsunçores**.

A essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente

adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal) (AUSUBEL et.al., 1980, p.34).

Como relação não arbitrária se entende a existência de uma relação lógica e explícita entre a nova ideia e algum aspecto relevante (**um subsunçor**) existente na estrutura cognitiva do aluno, como, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição. Já a relação substantiva e não-literaI significa que o estudante é capaz de compreender o significado daquilo que se ensinou, e expressar tal conhecimento com palavras e construções diferentes daquelas que lhe foram apresentadas.

Muito mais pode ser aprendido e retido se ao aluno for exigido apenas a assimilação da essência das ideias, em lugar de saber empregar as palavras precisas para expressa-las (AUSUBEL et. al., 1980, p.54).

Para Ausubel, ideias, conceitos e proposições aprendidas de forma significativa são armazenadas de maneira estável por um longo tempo e podem ser utilizadas pelo aprendiz de forma independente e em contextos e situações diferentes daquelas em que foram primariamente aprendidas. Quando, no entanto, uma informação é adquirida sem interagir com nenhum **subsunçor**, esta é armazenada de maneira arbitrária e literal determinando a **aprendizagem mecânica** (AUSUBEL et. al.,1980). Aprendidas dessa maneira, tais informações, não adquirem significado e são apenas “decoradas” pelo aprendiz, perdendo a flexibilidade e tendo limitada a longevidade de seu uso.

Apesar da sua ênfase sobre a aprendizagem significativa, Ausubel reconhece que a aquisição de novos significados que a caracteriza, pode envolver circunstâncias, como no caso da aquisição de conceitos inteiramente novos para os alunos, em que a aprendizagem mecânica é inevitável e até mesmo desejável. “Na verdade, Ausubel não estabelece a distinção entre aprendizagem significativa e mecânica como sendo uma dicotomia, e sim

como um *continuum*” (MOREIRA, 2006, p. 17). O objetivo principal é a aquisição de significados que possam oferecer subsídios para a ocorrência posterior da aprendizagem significativa.

Segundo Ausubel e colegas (1980), a aquisição desses significados determina três formas diferentes de aprendizagem significativa: a representacional, a de conceitos e a proposicional.

Apresentando diferentes níveis de complexidade, **a aprendizagem representacional**, tipo mais básico de aprendizagem significativa, implica aprender o significado de símbolos particulares (em geral palavras) ou aprender o que eles representam. A aprendizagem representacional é um processo de equivalência, que muitas vezes se processa de forma literal, do qual dependem todos os outros aprendizados significativos (AUSUBEL et.al., 1980).

A **aprendizagem de conceitos** é de certa forma, uma aprendizagem representacional, no entanto, a equivalência por ela estabelecida não faz referência ao significado de palavras ou símbolos unitários, mas sim a atributos criteriosais comuns a múltiplos exemplos de referentes incluídos no conceito, que, segundo Ausubel e colegas (1980, p.89), é definido como “objetos, eventos, situações ou propriedades que possuem atributos criteriosais comuns e são designados, em uma dada cultura, por algum signo ou símbolo aceito”.

Na **aprendizagem proposicional**, a tarefa é aprender o significado de idéias em forma de proposição.

Na aprendizagem proposicional, em outras palavras, o objetivo não é aprender proposições de equivalência representacional, e sim aprender o significado de proposições verbais que expressam outras ideias diferentes daquelas da equivalência proposicional. Ou seja, o significado da proposição não é simplesmente a soma do significado das palavras componentes (AUSUBEL et. al., 1980, p. 40).

Obviamente, para que se possa aprender os significados de uma proposição verbal é preciso antes aprender os significados de seus termos componentes, ou o que esses termos representam. A aquisição de significados para signos ou símbolos de conceitos (aprendizagem representacional) ocorre de maneira gradual e idiossincrática para cada indivíduo (MOREIRA, 2006).

Na infância, a formação de conceitos, tipo de **aprendizagem por descoberta**, dá-se de maneira empírico-concreta, verbal e não verbal como em conceitos e proposições que vão sendo adquiridos durante a idade pré-escolar e nos primeiros anos do ensino fundamental. A **aprendizagem por recepção**, por outro lado, embora também ocorra precocemente, não se torna uma característica dominante do funcionamento intelectual até que a criança esteja suficientemente amadurecida cognitivamente para compreender proposições e conceitos apresentados verbalmente na ausência da experiência empírico-concreta (AUSUBEL et. al., 1980). Em tal estágio, a diferenciação dos conceitos adquiridos e a aquisição de outros novos ocorrem por meio da assimilação e envolvem a interação com conceitos preexistentes na estrutura cognitiva.

Uma vez que significados iniciais são estabelecidos para signos ou símbolos de conceitos, através do processo de formação de conceitos, novas aprendizagens significativas darão significados adicionais a esses signos ou símbolos, e novas relações, entre os conceitos anteriormente adquiridos, serão estabelecidas. (AUSUBEL et. al., 1980, p 38)

Considerando a forma como uma nova ideia, conceito ou proposição se relaciona com outros conhecimentos já estabelecidos na estrutura cognitiva do indivíduo, a aprendizagem pode se dar de três maneiras diferentes: por subordinação, por superordenação ou de forma combinatória.

A **aprendizagem por subordinação** acontece quando a nova informação liga-se a um conceito relevante mais inclusivo já estabelecido na estrutura cognitiva do indivíduo. Quando

a nova ideia é percebida como um exemplo e não modifica a ideia mais geral à qual está relacionada, a subordinação é dita **derivativa**. Quando, no entanto, a nova ideia que se aprende expande o sentido/significado do conceito original a subordinação é do tipo **correlativa**.

Diferente da aprendizagem subordinativa, a **aprendizagem por superordenação ou sobreordenada**, ocorre quando a nova ideia ou proposição que se aprende é mais geral do que uma ou um conjunto de ideias já estabelecido na estrutura cognitiva do indivíduo. Segundo Ausubel, a aquisição de significado superordenado ocorre mais comumente na aprendizagem conceitual do que na aprendizagem proposicional, quando o material apresentado é organizado indutivamente ou envolve a síntese de ideias compostas.

Por fim a **aprendizagem combinatória** acontece quando a nova informação não está hierarquicamente nem acima e nem abaixo da ideia já existente na estrutura cognitiva à qual ela se relacionou de forma não-arbitrária e lógica. Este tipo de aprendizagem é de grande importância, por exemplo, quando, para o ensino de um determinado conceito, se faz uso de analogias. Neste caso, a nova ideia não é exemplo nem generalização do conceito, proposição ou ideia que lhe serviu como âncora, muito embora esta seja necessária para lhe dar sentido (CRUZ).

2.1.1 A Dinâmica da Aprendizagem Significativa

Como definido anteriormente, aprendizagem, na teoria ausubeliana, está relacionada com a expansão da estrutura cognitiva do indivíduo através da internalização de novas ideias e conceitos. A dinamicidade desse processo pode ser melhor entendida quando, para tanto, consideramos dois princípios relacionados que, segundo Ausubel, ocorrem durante a aprendizagem significativa: a **diferenciação progressiva** e a **reconciliação integrativa**.

Na **diferenciação progressiva** os conceitos subsunçores são constantemente modificados adquirindo novos significados. Este fenômeno, mais relacionado à aprendizagem subordinada correlativa, traduz-se então, em um enriquecimento da estrutura cognitiva do indivíduo aumentando a possibilidade de aquisição cada vez maior de novos significados.

Quando submete-se uma nova informação a um determinado conceito ou proposição, a nova informação é aprendida e o conceito ou proposição inclusiva sofre modificações. Este processo de inclusão, que ocorre uma ou mais vezes motiva a diferenciação progressiva do conceito ou proposição que engloba novas informações. (AUSUBEL et. al., 1980, p 103)

A cadeia de relações que existe, ou que pode ser construída, não é, no entanto, simples, de maneira que uma ideia pode estar associada por subordinação, superordenação (sobreordenação) e de forma combinatória com uma ou com várias outras. Portanto, novas ideias e ideias já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, podem progressivamente ir se interconectando umas com as outras em um trabalho intelectual consciente do indivíduo que busca e estabelece essas relações (CRUZ). Este processo recebe o nome de **reconciliação integrativa**.

Na aprendizagem sobreordenada ou combinatória, as ideias estabelecidas na estrutura cognitiva podem tornar-se reconhecíveis enquanto relacionadas, no curso da nova aprendizagem. Conseqüentemente, adquire-se a nova informação e os elementos existentes da estrutura cognitiva podem assumir uma nova organização e portanto novo significado. Essa recombinação dos elementos existentes na estrutura cognitiva denomina-se reconciliação integrativa. (AUSUBEL et. al., 1980, p 104)

Outro fenômeno relacionado à dinâmica da aprendizagem significativa, diz respeito a um importante processo relacionado à organização hierárquica da estrutura cognitiva do indivíduo e à conseqüente acomodação de ideias.

De acordo com Ausubel, na estrutura cognitiva humana, com o tempo, as ideias mais específicas vão sendo progressivamente assimiladas pelas mais gerais às quais estão ligadas, sendo gradativamente esquecidas. Neste processo, denominado **assimilação obliteradora**, as novas informações tornam-se espontânea e progressivamente menos dissociáveis de suas ideias-âncora até que não mais estejam disponíveis, isto é, não sejam mais reproduzíveis como entidades individuais (MOREIRA, 2006).

O fenômeno da assimilação obliteradora integra o princípio da assimilação de Ausubel e pode ser compreendido mais facilmente através do esquema representativo da figura X.

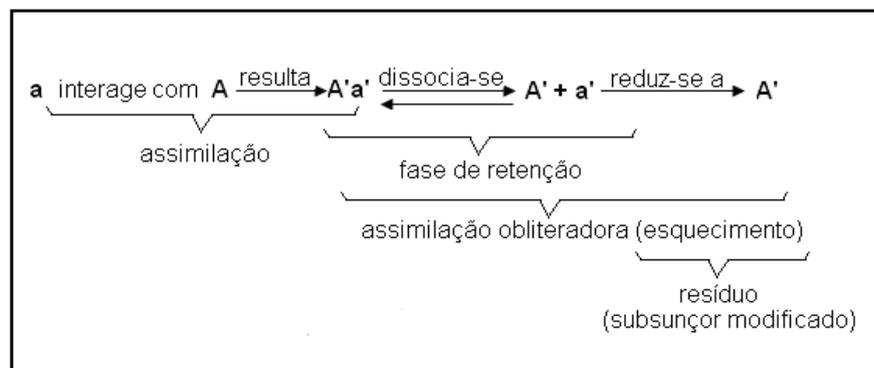


Figura 1 - Esquema do processo de assimilação incluindo a fase obliteradora (MOREIRA,2006, p.31)

O cerne da “teoria da assimilação” está na ideia de que novos significados são adquiridos pela interação do novo conhecimento **a** com conceitos ou proposições previamente aprendidos **A**. Essa interação resulta em um produto interacional **A'a'**, no qual não só a nova informação adquire significados **a'**, mas também o subsunçor **A** adquire significados adicionais **A'**. Durante a fase de retenção esse produto é dissociável em **a'** e **A'**, porém à medida que o processo de assimilação continua, e entra na fase obliteradora, **A'a'** reduz-se simplesmente a **A'**, ocorrendo, então, o esquecimento. Tal esquecimento não implica, portanto, perda de informação, visto que no processo de assimilação, que envolve especificamente a aprendizagem significativa, a nova ideia assimilada expande o sentido do conceito original a ponto de abarcar o novo significado que esta lhe agrega.

2.1.2 Condições para a Ocorrência da Aprendizagem Significativa

De acordo com a proposta de Ausubel, para que se possa ter aprendizagem significativa é necessário que novas ideias se relacionem de maneira não arbitrária e substantiva (não literal) com as ideias já existentes na estrutura cognitiva do aluno. O sucesso desse processo dependerá, no entanto, de diferentes fatores relacionados, que envolvem o aluno, o material e o ambiente utilizado.

(...) O conteúdo curricular, na melhor das hipóteses, pode ter significado lógico. A possibilidade de um indivíduo particular incorporar à sua estrutura cognitiva proposições logicamente significativas através de relações não arbitrárias e substantivas, tornando-as potencialmente significativas para ele e, portanto, criando possibilidade de transformar o significado lógico em psicológico depende não somente da apresentação do indivíduo ao material que evidencie “logicidade”, mas também da mais recente aquisição incorporada ao conteúdo ideacional do indivíduo. (AUSUBEL et. al., 1980, p.42)

Entende-se como significado lógico o significado inerente a certos tipos de materiais simbólicos em virtude da sua própria natureza. Neste sentido, deve-se garantir que este seja suficientemente não arbitrário e não aleatório de modo que possa ser relacionado à ideias que se situem no domínio da capacidade humana de aprender (MOREIRA, 2006). A presença de subsunçores específicos e a possibilidade de que tal associação se dê forma substantiva e não arbitrária, tornará potencialmente significativo o material que se pretende ensinar.

A aprendizagem é, portanto, uma experiência inteiramente idiossincrática, pois, depende fortemente não só da presença de subsunçores específicos na estrutura cognitiva do aluno como também do relacionamento, de maneira substantiva e não arbitrária, do novo material potencialmente significativo à estrutura cognitiva do estudante.

É importante considerar, no entanto, que nem sempre o aluno, sozinho, conseguirá fazer as relações necessárias (e possíveis) entre aquilo que está aprendendo e o que já sabe. Além disso, ele nem sempre satisfará a todos os pré-requisitos necessários para a aprendizagem significativa de um determinado material, sendo a questão motivacional um dos principais fatores envolvidos. Segundo Ausubel e colegas (1980), independentemente da potencialidade significativa de uma proposição, se a intenção do aluno for memorizá-la arbitrariamente e literalmente, tanto o processo da aprendizagem quanto o seu produto final serão automáticos.

Aulas e avaliações que exigem dos alunos respostas idênticas a um gabarito pouco flexível e alheio às suas características individuais (como maturidade matemática e estilo de redação), e a falta de tempo, estímulo ou material adequado para uma aprendizagem significativa, estão entre os motivos que podem levar o estudante a uma postura desinteressada (CRUZ). No entanto, alguns destes fatores, em especial aqueles que estão relacionados às condições que caracterizam o ambiente escolar e que incluem a dinâmica das aulas e o material instrucional utilizado, podem ser manipulados pelo professor de modo a propiciar as melhores condições possíveis para que os alunos possam aprender significativamente.

2.1.3 A Organização do Ensino à Luz da Teoria da Aprendizagem Significativa.

O sucesso de um planejamento de ensino que tem como objetivo a aprendizagem significativa nos termos determinados por Ausubel e colaboradores precisa levar em conta as premissas de sua teoria, sendo, portanto, imprescindível determinar a estrutura conceitual e proposicional do que vai ser ensinado, identificar os conceitos subsunçores relevantes

necessários à sua aprendizagem e, buscá-los na estrutura cognitiva do aluno (MOREIRA, 2006).

Segundo Ausubel (1980), é mais fácil para o ser humano aprender por subordinação do que por superordenação. Em razão disso, na organização conceitual e proposicional do que vai ser ensinado, o trabalho escolar sempre deve partir dos conceitos mais amplos (mais inclusivos) em direção aos mais específicos. Nesse sentido, seguindo o princípio da diferenciação progressiva, quando da seleção dos aspectos mais relevantes de um determinado conteúdo, devem ser privilegiados os conceitos/ideias mais gerais, que poderão servir como âncoras para futuras aprendizagens.

No entanto, é importante considerar que, como dito anteriormente, a cadeia de relações que existe, ou que pode ser construída, na estrutura cognitiva do aluno, é bastante complexa, desta forma, deve-se atentar que a organização do conteúdo a ser ensinado proporcione não só a diferenciação progressiva, mas também potencialize o estabelecimento (de forma lógica e não-arbitrária) das mais variadas conexões possíveis entre as novas ideias que estão sendo apresentadas, e entre elas e as ideias que o indivíduo já domina de forma a alcançar a reconciliação integrativa. Neste caso a preocupação de Ausubel diz respeito à forma com que se relacionam as ideias a serem apresentadas para o aluno, e como estas serão relacionadas por ele na sua estrutura cognitiva.

(...) na aprendizagem escolar não lidamos muito com transferência no sentido literal do termo, como influência de um conhecimento prévio sobre a nova aprendizagem num contexto seqüencial contínuo. Este último contexto também envolve tipicamente uma assimilação correlativa, superordenada ou combinatória. Dessa forma como assinalamos acima, o efeito de transferência relevante com o qual nos preocupamos comumente não é a capacidade de reconstruir detalhes esquecidos destes princípios (subordinação derivativa). Ao invés disso, o que nos preocupa é a capacidade aumentada de aprender e reter material correlativo, superordenado e combinatório. (AUSUBEL et. al., 1980, p.140)

No ensino de ciências, a TAS tem sido utilizada como referencial em diversos trabalhos que buscam analisar a aprendizagem de conceitos científicos (MARTINS, 2006; SILVA, 2009; GIANI, 2010). Na biologia, Cabrera (2006), tendo esta teoria como referencial, examinou o uso da ludicidade na aprendizagem de conceitos relacionados a esta disciplina.

Por fim a facilitação da aprendizagem significativa implica, então, o uso de métodos, técnicas e recursos instrucionais que, seguindo os pressupostos de Ausubel acima descritos, contribuam com a aprendizagem da matéria de ensino de modo que a mesma possa ser retida e transferida. Para tanto, este trabalho, considerando as características e dificuldades inerentes ao assunto que se pretende ensinar, no caso, os processos da divisão celular, propõe o uso de modelos e modelagem.

2.2 Os Modelos na Ciência e no Ensino de Ciências

A capacidade de modelar atividades e situações que possibilitem interpretar e explicar os fenômenos está entre os esforços intelectuais empreendidos pelos cientistas.

Na produção do conhecimento científico, os modelos são vistos como importantes ferramentas para a elaboração das teorias. Segundo Pietrocola (1999), numa concepção bungeana, a modelização seria o verdadeiro motor da atividade científica, sendo os modelos construídos pela ciência, elementos intermediários entre a teorização generalizante e ideal contida nos domínios mais abstratos do conhecimento científico e o empírico específico e concreto presente em toda experiência sensitiva.

De maneira semelhante, para Gilbert e Boulter (1998), um modelo pode ser visto como um intermediário entre as abstrações da teoria e as ações concretas do experimento, contribuindo para fazer previsões, guiar a pesquisa, justificar resultados e facilitar a comunicação. Segundo esses mesmos autores, as teorias e conceitos são de início, concebidos

na mente de um ou mais indivíduos como um **modelo mental** e traduzidos em **modelos expressos** (maquetes, formulas e equações matemáticas ou ainda descrições textuais), que, uma vez aceitos pela comunidade científica, passarão a ocupar o status de **modelos consensuais** científicos.

Um exemplo de modelização, na área da biologia pode ser encontrado no trabalho de James Watson e Francis Crick que, em 1953, sugeriram uma representação tridimensional para explicar a estrutura da dupla hélice da molécula de DNA. Neste caso particular, a construção de um modelo físico foi de grande ajuda para o trabalho empenhado por Watson e Crick em aplicar e testar suas hipóteses e certamente contribuiu para a aceitação, pela comunidade científica da época, da teoria formulada pelos mesmos (JUSTINA e FERLA, 2006).

No contexto do ensino de ciências, o uso de modelos e modelagem desempenha, entre outros, um papel importante na transposição didática dos modelos científicos consensuais, de maneira que hoje o modelo tridimensional do DNA e muitos outros modelos científicos são representados em sala de aula, de forma mais simplificada, como **modelos curriculares**, que não devem, no entanto, ser confundidos com os modelos para o ensino que chamarei aqui de **modelos didáticos ou modelos pedagógicos**. Estes são representações criadas com o objetivo específico de ajudar os alunos a compreender algum aspecto de um modelo curricular (JUSTI, 2006) e evidenciam a participação do professor no processo da transposição didática dos conteúdos da ciência. “De fato, o que os professores fazem quando percebem o olhar preocupado de seus estudantes no meio da explicação de um conceito abstrato? Eles procuram por uma analogia ou modelo” (HARRISON e TREAGUST, 1998, p. 421).

Segundo Borges (1997), o interesse educacional no uso de analogias e modelos se deve ao fato de aceitarmos que nós só podemos aprender o novo em termos daquilo que já conhecemos. A consideração de tal pressuposto é particularmente importante na

aprendizagem de modelos científicos e teorias abstratas para os quais não existem exemplos perceptíveis. Em situações de aprendizagem, um modelo pode representar, portanto, um objeto concreto como o coração, um processo, um algoritmo, ou até mesmo um método de resolução de problemas (HARRISON e TREAGUST, 1998).

Há uma infinidade de modelos em uso nas salas de aula de ciências. Este tem surgido em uma variedade de contextos (na história, na ciência, por parte dos professores) e desempenham diversos papéis no processo de aprendizagem. Estes modelos variam de acordo com o fenômeno que representam, com a percepção de sua utilidade e função, e com a forma como eles são utilizados por professores e alunos. (BOULTER e BUCKLEY, 2000, p.41).

2.2.1 Classificação dos Modelos

Para explicar melhor a natureza de um determinado modelo e compreender seu potencial de aplicação, recorreremos a tipologias. Por abranger de forma mais ampla os diferentes tipos de modelos de ensino (modelos didáticos) utilizados em sala de aula, para a realização deste trabalho, adotamos a tipologia construída por Boulter e Buckley (2000). Nela são consideradas duas categorias de classificação: o modo de representação e os atributos da representação.

Segundo as autoras, o **modo de representação** descreve o suporte em que o modelo é aplicado: a fala, a escrita, objetos concretos, animações entre outras. Considerando que os modelos frequentemente exigem múltiplos modos de representação para transmitir a informação sobre o fenômeno, modos mistos foram formulados para todas as categorias. Essas categorias foram então organizadas em uma tabela de duas dimensões facilitando a tarefa de classificação dos modelos.

MODOS DE REPRESENTAÇÃO	
SIMPLES	MISTOS
Concreto: modelos materiais em três dimensões (3D).	Concreto misto: modelos concretos com componentes visuais, verbais, e/ou numéricos.
Verbal: modelos que são ouvidos ou lidos, na forma de descrição, explicação, narrativa, argumento analógico e metáfora.	Verbal misto: texto com componentes visuais ou numéricos adicionados.
Visual: modelos que são vistos, por exemplo: diagramas, animações, algumas simulações, vídeos.	Visual mista: visual com componentes verbais e / ou numéricos
Matemática: modelos que são fórmulas, equações, e algumas simulações.	Matemática mista: equações e fórmulas com explicações verbais
Gestual: modelos que são movimentos do corpo ou as suas partes.	Gestual mista: representações com explicações verbais.

Tabela – 1 Modos de representação dos modelos (Boulter e Buckley,2000)

Os **atributos da representação** (Figura 2) levam em consideração se os modelos são estáticos ou dinâmicos e, em sendo dinâmicos, se possuem ou não um resultado previsível, o que os classifica respectivamente em duas categorias: determinístico e estatístico.

No caso deste trabalho, o caráter dinâmico da representação é expresso na possibilidade de modelar as diferentes fases que caracterizam a mitose e a meiose dando movimento aos modelos construídos com os canudos. Da mesma forma, eventos específicos como a separação dos cromossomos homólogos e o crossing-over que ocorrem na meiose I, são exemplos do caráter estatístico dessa modelagem, que contrasta com o resultado determinístico da mitose, onde, desconsiderando a possibilidade da ocorrência de mutações, as células filhas são idênticas à que lhes originou.

Um último atributo determina, por fim, se o modelo é relacionado qualitativa ou quantitativamente ao fenômeno.

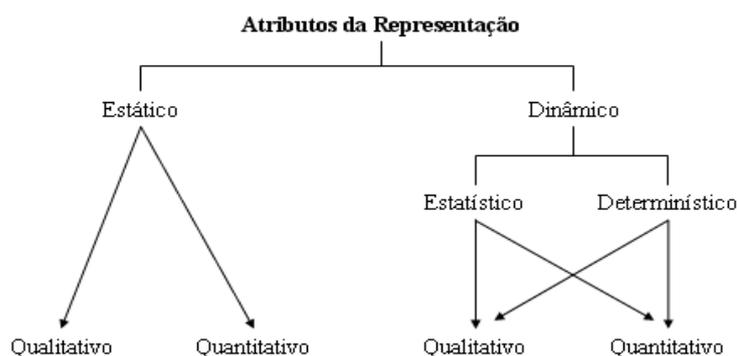


Figura 2 - Esquema sobre os atributos da representação.

2.2.2 A Modelagem no Ensino de Ciências

De forma semelhante aos modelos utilizados na ciência, os modelos pedagógicos como uma simplificação daqueles, permitem tornar concreto o conteúdo de conceitos abstratos, dar movimento a processos não observáveis no mundo real ou a olho nu, simular e prever situações futuras, entre outras. Embora representem uma espécie de “sistema experimental in vitro” sobre o qual se pode raciocinar, manipular, e observar, é importante ressaltar, em sala de aula, que os modelos não são a realidade em si (PAZ, ALVES, OLIVEIRA, ABEGG, 2006).

Concebidos com o intuito de promover o entendimento de entidades e fenômenos complexos que se manifestam no mundo real, os modelos, tanto na ciência quanto no ensino, são construções parciais que refletem os interesses de quem os constroem. No contexto escolar, no entanto, na maioria das vezes, esses modelos são apresentados de forma descontextualizada sem que nenhuma referência seja feita à sua natureza representacional, às suas falhas ou aos seus limites, levando os alunos a confundi-los com os próprios fenômenos que representam. Desta abordagem resulta, pois, sem espanto, a decepção quase que flagrante evidenciada no rosto de muitos estudantes ao descobrirem, por exemplo, que o DNA extraído dos seres vivos se mostra uma substância esbranquiçada e viscosa que nada lembra a dupla

hélice representada nos desenhos esquemáticos encontrados nos livros didáticos que tratam do assunto.

Fatos como esse revelam a visão pragmática de muitos professores que fazem uso dos modelos, tendo como único objetivo, ensinar o conteúdo aos alunos. Para Ferreira, Guimarães, Mendes e Franco (2007), no entanto, os modelos são ferramentas que, se bem utilizadas, propiciam não só o aprendizado de conhecimentos científicos, mas também a reflexão sobre as formas de representação e o desenvolvimento de tais conhecimentos.

Segundo Justi (2006), quando utilizamos um modelo, aprendemos sobre a situação representada por ele. Já quando o construímos, criamos um tipo de estrutura representativa e desenvolvemos uma forma científica de pensar semelhante àquela utilizada pelos cientistas na construção do conhecimento, pois, embora o contexto dessa comunidade não possa ser simulado na escola, é possível apreendê-lo, dando sentido ao produto a ele vinculado (PIETRECOLA, 1998).

A aprendizagem significativa dos conhecimentos teóricos é indissociável de uma familiarização com os objetivos, sistemas de valores, critérios metodológicos, estratégias cognitivas, concepções epistemológicas que intervêm na construção de tal conhecimento (PAZ et.al., 2006, p.144).

Na literatura sobre o assunto, muitos trabalhos sugerem a utilização e construção de modelos para o ensino de conhecimentos e teorias acrescentando, entre outros, os seguintes ganhos:

- a) engaja o aluno em atividades que propiciam a reflexão crítica sobre o objeto em estudo propiciando conseqüentemente, uma aprendizagem significativa (MAIA e JUSTI, 2005);
- b) apresenta um grande potencial para levar os estudantes a “fazer ciência”, “pensar sobre ciência” e a “desenvolver um pensamento científico crítico”(JUSTI, 2006);

- c) proporciona uma mudança de “qualidade” no conhecimento científico escolar (PIETRECOLA, 1999);
- d) permite a explicitação dos conceitos e teoremas-em-ação, estágio indispensável para a aquisição de conhecimentos científicos (GRECA e MOREIRA, 2002).

Considerando, portanto, os ganhos relatados nos trabalhos citados e minha crença pessoal no potencial dos modelos como estratégia de ensino, em especial para o ensino de conhecimentos de natureza abstrata, este trabalho teve como proposta uma série de atividades que tiveram como objetivo permitir aos estudantes modelar os cromossomos em diferentes situações envolvidas nos processos da divisão celular.

2.2.3 Modelando os Cromossomos

Os cromossomos são estruturas celulares de grande importância no processo que envolve a passagem da informação genética e são, nesse sentido, os principais atores no processo da divisão celular. A compreensão da estrutura cromossômica, pré-requisito necessário para o perfeito entendimento dos processos que envolvem a divisão de uma célula, não é, no entanto, tarefa fácil e envolve não só a compreensão da sua composição - sua relação com a molécula de DNA e os genes - mas também de toda a nomenclatura associada.

Na figura 3 temos representado o modelo de um cromossomo encontrado nos livros didáticos. A correspondência real desse modelo são estruturas microscópicas bem mais complexas que a sua representação, visíveis apenas em células que estão se dividindo. As cromátides representam as moléculas de DNA que compõem os cromossomos nessa fase e as regiões marcadas pelas letras “b” e “A”, genes nelas encontrados.

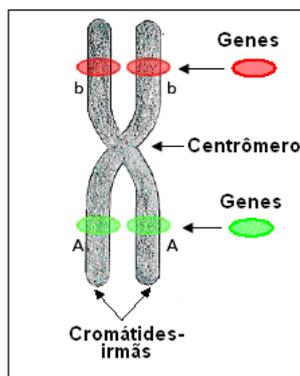


Figura 3 - Modelo de um cromossomo duplicado em livros didáticos (MARCOBUENO.NET)

Segundo a tipologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho, o modelo apresentado, em termos representacionais, considerando as legendas e possíveis explicações associadas, é classificado como visual misto. Para explicar os processos da divisão celular, este mesmo modelo foi utilizado. No entanto, com o objetivo de proporcionar maior participação dos alunos no processo da modelização, sua forma de representação foi modificada: em vez de um desenho (modelo visual) os cromossomos foram modelados com o auxílio de canudos de refrigerante sendo convertidos, portanto em um modelo concreto.

Para a elaboração desse modelo foram utilizados canudos de refrigerantes simples de cores azul e vermelha. As características físicas deste material, tamanho e flexibilidade, permitiram aos alunos simular o comportamento e o movimento dos cromossomos durante as diferentes fases da mitose e da meiose, modelar e comparar cromossomos simples e cromossomos duplicados, e determinar a posição dos genes alelos em diferentes situações de modelagem.

Tais possibilidades determinam uma mudança nos atributos do modelo original (visual) que, neste caso, deixa de ser apenas estático para refletir ora um comportamento **estático ora dinâmico, determinístico ou estatístico**, dependendo das diferentes formas de uso sugeridas na sequência didática elaborada neste trabalho.

3. PLANEJANDO A INTERVENÇÃO

3.1 A Elaboração da Sequência Didática

Para elaborar a sequência didática que foi aplicada nessa pesquisa foi utilizado o modelo de organização instrucional elaborado por Moreira (2006).

Em consonância com a Teoria de Ausubel, este modelo (Figura 4) preconiza que a organização do conteúdo a ser ensinado e a escolha da metodologia adequada para tanto devem ser precedidas pela determinação da estrutura conceitual e proposicional do que vai ser ensinado, seguida pela identificação dos conhecimentos subsunçores relevantes que irão por fim balizar a sondagem da estrutura cognitiva do aluno.

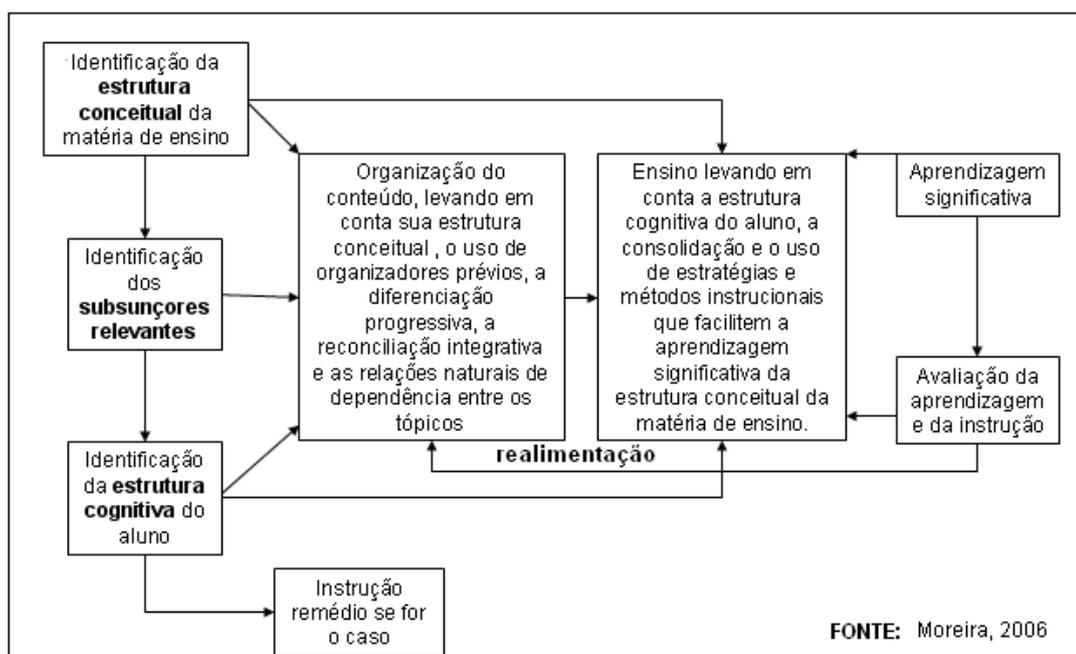


Figura 4 - Um modelo para organizar a instrução consistentemente com a Teoria de Ausubel (MOREIRA, 2006, p.181).

Considerando a hipótese inicial, sustentada pela literatura pesquisada, de que o uso de modelos se mostra uma boa metodologia para o ensino de conceitos abstratos, todos os passos

sugeridos por Moreira, explicados na figura 4, foram seguidos na elaboração da sequência didática que foi aplicada neste trabalho.

3.1.1 Identificação da Estrutura Conceitual da Matéria de Ensino

Para identificar a estrutura conceitual da divisão celular, foi utilizado o mapa de conceitos elaborado por Amabis e Martho (2001, p.63) representado na figura 5.

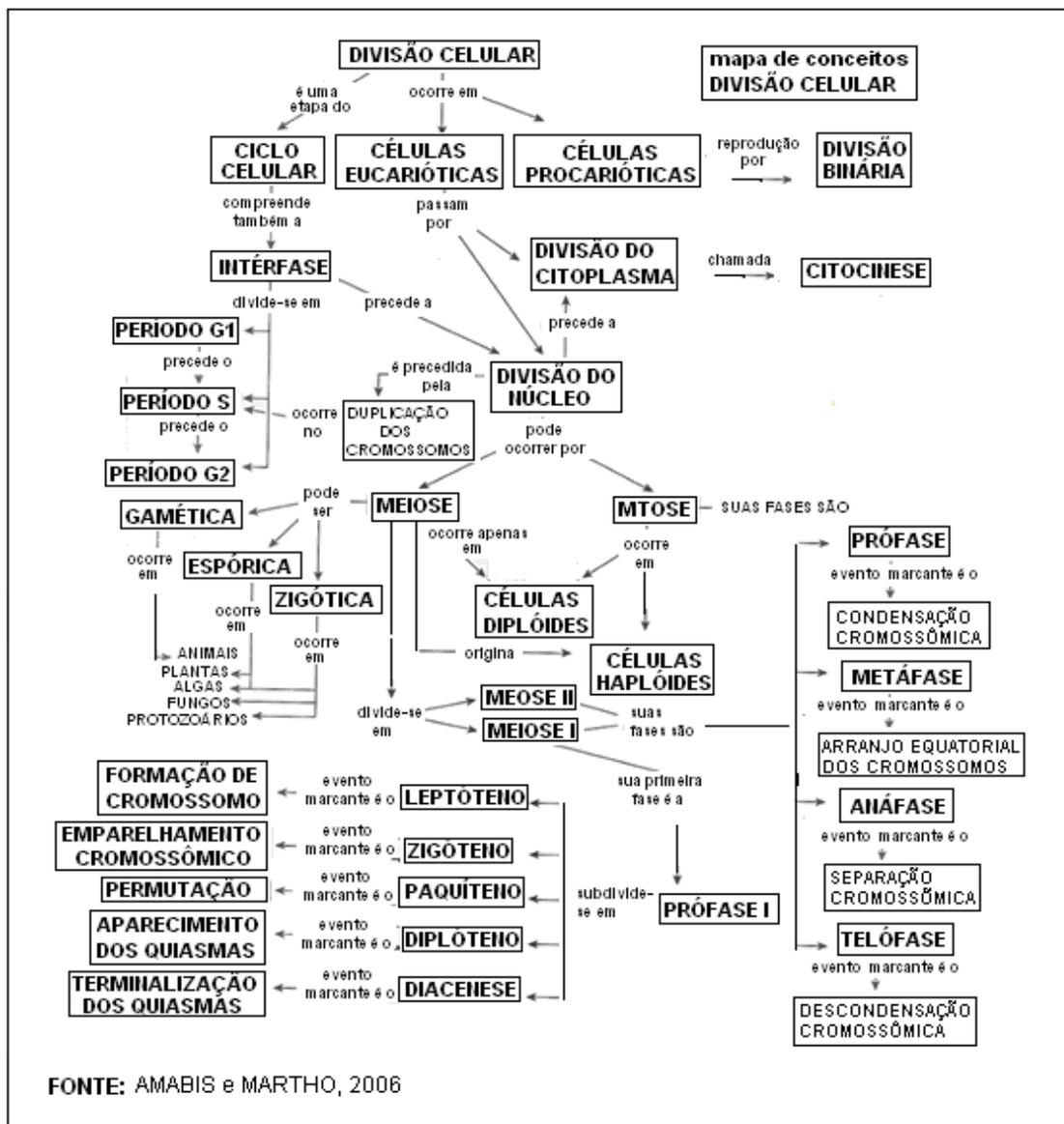


Figura 5 - Mapa conceitual para a divisão celular (AMABIS e MARTHO, 2001, p.63)

A utilização deste mapa para o cumprimento desse primeiro passo teve como justificativa o fato de seus idealizadores serem autores de livros didáticos de biologia sendo, portanto, utilizados por muitos professores como base conceitual para planejar o ensino deste fenômeno.

3.1.2 Identificação dos Subsúncos Relevantes

A análise do mapa conceitual do item 3.1.1 evidenciou como subsúncos necessários para a aprendizagem da divisão celular, conhecimentos (ideias, conceitos ou proposições) sobre a estrutura do núcleo das células eucariontes e sobre o ciclo celular, em especial, sobre os eventos da intérfase que condicionam a divisão da célula.

Embora os mecanismos envolvidos na reprodução e na transferência do material genético não estejam citados de forma explícita no mapa conceitual considerado, conhecimentos a eles relacionados estão intimamente ligados à compreensão dos processos da divisão celular, a saber, ideias e proposições relacionadas à hereditariedade, à fecundação, à reprodução e à caracterização dos gametas. Elas também foram consideradas na etapa que determinou a sondagem da estrutura cognitiva dos alunos que fizeram parte da amostra desta pesquisa.

3.1.3 Sondagem da Estrutura Cognitiva do Aluno

Segundo Moreira (2006) a sondagem da estrutura cognitiva do aluno deve ser realizada antes da instrução, seja por meio de pré-testes, entrevistas ou outros instrumentos. Considerando, portanto, os conhecimentos subsúncos necessários eleitos no passo anterior

para o cumprimento deste terceiro passo, foi elaborado um pré-teste que consistiu de dois questionários parcialmente abertos elaborados a partir de quatro dos seis questionários desenvolvidos por Lewis e colegas (2000).

O questionário 1 (ver apêndice A) teve como objetivo, avaliar o conhecimento dos alunos sobre: DNA, núcleo, cromossomos, alelos e informação genética. Já o questionário 2 (ver apêndice B) teve como objetivo conhecer as idéias dos estudantes acerca dos processos pelos quais a informação genética é transferida de uma célula para outra dentro do mesmo indivíduo e entre as gerações.

As dificuldades detectadas foram consideradas na determinação de algumas das atividades componentes da sequência didática que foi elaborada.

3.1.4 A Organização do Conteúdo e Determinação da Metodologia

Considerando, por fim, os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, postulados por Ausubel e discutidos no segundo capítulo dessa dissertação, o conteúdo abordado na sequência didática elaborada neste trabalho foi organizado em cinco aulas e seguiu a sequência de assuntos relacionadas na tabela 2.

Título da Aula	Conceitos e ou Processos Abordados
Definindo genoma, células haplóides e diplóides, cromossomos homólogos e genes alelos.	Genoma, ploidia (células haplóides e diplóides), gametas e fecundação, cromossomos homólogos e genes alelos.
A duplicação do DNA : cromossomos simples X cromossomos duplicados.	Cromossomos simples, cromossomos duplicados, cromátides irmãs e cromátides homólogas
A Divisão Celular: Mitose.	A caracterização das fases e das células filhas resultantes e a importância desse processo para as diferentes formas de vida que o realiza.
A Divisão Celular: Meiose.	A caracterização das fases e das células filhas resultantes e a importância desse processo para as diferentes formas de vida que o realiza.
A meiose e a variabilidade genética.	A separação aleatória dos cromossomos homólogos e o crossing-over.

Tabela 2 - Aulas componentes da sequência didática

3.2 O Desenho Metodológico e as Dificuldades Associadas

Esta pesquisa partiu de uma intervenção planejada, no caso, a aplicação de uma sequência didática baseada no uso de modelos para o ensino da divisão celular. O material foi aplicado pela professora regente e todas as aulas e as suas respectivas atividades foram observadas e filmadas pela pesquisadora.

Com o objetivo de determinar se o modelo sugerido neste trabalho se constitui em uma forma eficiente de aprender e ensinar o conteúdo ao qual ela se destina, essa pesquisa optou por um delineamento misto, buscando a aplicação de instrumentos de coleta de dados quantitativos e qualitativos.

Para a coleta de dados quantitativos optou-se pela aplicação de um pré e de um pós-teste. Para tanto, foram utilizados os questionários elaborados para sondar a estrutura cognitiva dos alunos detalhados na seção 3.1.3 dessa dissertação (ver apêndices A e B). Esses questionários foram então distribuídos a todos os participantes no primeiro e último dias da pesquisa e os dados daqueles que, por algum motivo, deixaram de responder a um dos dois testes foram desconsiderados.

Na análise qualitativa, para avaliar a maneira como o processo da aprendizagem foi conduzido, suas possibilidades e dificuldades associadas, foram considerados os dados contidos nas observações e nas videograções feitas pela pesquisadora.

Por fim, com o objetivo de buscar evidências de aprendizagem significativa foi realizada uma entrevista individual semi-estruturada sobre a síndrome de Down (apêndice C) com 10 integrantes do grupo de foco que foram selecionados por amostragem aleatória simples (WISEMAN, 1999), ao final da unidade de ensino.

Para distinguir os resultados da ação promovida da influência de outros fatores, pensou-se de início considerar, para o desenvolvimento dessa pesquisa, a participação de dois

grupos. O grupo experimental ao qual seria aplicada a metodologia e um segundo grupo, o grupo de controle, comparável àquele que está sendo submetido às ações previstas pela pesquisa, e que durante o mesmo período, deveria normalmente sofrer as mesmas influências. A decisão de qual das turmas consideradas corresponderia a um grupo ou ao outro dependeria da análise dos pré-testes que seriam aplicados a ambas no primeiro dia da pesquisa.

Situações diversas vividas em campo impediram, no entanto, o andamento simultâneo das aulas nas turmas consideradas. Episódios repentinos de falta de energia ocorridos na escola, a realização de atividades extraclasse e saídas de campo planejadas por outros professores promoveram um atraso significativo do conteúdo desenvolvido em uma das turmas impedindo a realização simultânea dos pré-testes.

Diante das dificuldades vividas, ciente de que tais fatos poderiam diminuir a credibilidade na comparação dos grupos, foi decidido não utilizar o grupo controle como um dos parâmetros para promoção das análises dos resultados. Dessa maneira esta pesquisa foi desenvolvida tendo como sujeitos os alunos de apenas uma das turmas inicialmente consideradas.

3.2.1 O Sítio de Pesquisa e a Amostra

Esta pesquisa foi desenvolvida com os alunos de uma turma de 1ª série do curso noturno de uma escola pública de em uma das regiões administrativas de Brasília localizada a aproximadamente 20 Km do Plano Piloto .

Voltada para a formação de alunos do ensino médio, esta escola conta com uma boa estrutura física e atende aproximadamente 2400 alunos distribuídos em três turnos com características bem diferenciadas.

O turno da noite, com um número menor de alunos, tem como característica principal a grande diversidade de sua clientela, pois não há empecilhos legais para que indivíduos maiores de 18 anos cursem o ensino regular neste período, sendo possível encontrar em uma mesma sala de aula alunos de diversas idades e com diferentes histórias de vida escolar.

Cientes desta diversidade e da importância de identificar tais diferenças no grupo de alunos que compunham a amostra, foi aplicado um teste de sondagem que revelou as seguintes características:

- a) Quanto à faixa etária: dos vinte e um alunos presentes no dia da aplicação do questionário, sete estavam entre 16 e 17 anos, dez entre os 18 e 19 anos, dois declararam ter respectivamente 31 e 70 anos de idade e um aluno não respondeu à questão;
- b) Quanto à vida escolar: dos vinte e um alunos, três declararam ter cursado todas as séries do ensino fundamental no ensino regular, dois cursaram pelo menos dois anos do ensino fundamental no EJA e dezesseis concluíram o ensino fundamental no programa de aceleração¹;
- c) Quanto ao histórico de repetência: dos vinte e um alunos, dezoito, aproximadamente 85% dos alunos que compõem a nossa amostra, declararam ter repetido, pelo menos uma vez, duas ou mais séries do ensino fundamental. Dentro deste grupo, dois alunos disseram estar cursando a 1ª série do ensino médio pela segunda vez. Apenas três alunos disseram não ter repetido nenhuma série do ensino fundamental;

¹ A aceleração de aprendizagem é um programa instituído em 1997 pelo Ministério da Educação (MEC) que visa corrigir a distorção do fluxo escolar, ou seja, a defasagem entre a idade e a série que os alunos deveriam estar cursando. A aceleração da aprendizagem é considerada uma estratégia pedagógica que parte da idéia de que o nível de maturidade dos alunos permite uma abordagem mais rápida dos conteúdos para ajudar-lhes a recuperar o tempo perdido. A referência de organização da proposta pedagógica não é, portanto, a seqüência de conteúdos já estabelecida para as diferentes séries. Assim, também o agrupamento dos alunos não se organiza por séries; forma-se um grupo heterogêneo de origem do 6º ao 9º ano, ao qual se oferece a oportunidade de retomar aprendizagens fundamentais nas diferentes áreas do currículo, ao longo de dois anos letivos.

- d) Quanto à continuidade da vida escolar: dos vinte e um alunos, quatorze, aproximadamente 67% dos integrantes da nossa amostra não tiveram a sua vida escolar interrompida. Os sete alunos que compõem os 33% restantes declararam ter parado de estudar por algum tempo. Três desses alunos declararam ter ficado até um ano sem estudar, dois ficaram pelo menos dois anos fora da escola e dois ficaram mais de dez anos afastados.
- e) Quanto à opção pelo curso noturno: a grande maioria dos estudantes, aproximadamente 80% deles, declarou freqüentar o curso noturno porque precisavam trabalhar no período do dia.

3.2.2 A Preparação da Professora

A professora responsável pela aplicação do material proposto por esta pesquisa possui aproximadamente quinze anos de magistério vivenciados nos ensinos fundamental e médio, exercidos tanto no ensino público quanto em uma escola particular onde trabalhamos juntas por aproximadamente oito anos.

Em três reuniões realizadas antes da aplicação da pesquisa, a professora foi apresentada à sequência didática e às atividades de modelagem propostas, contribuindo com sugestões que foram acrescentadas à sequência original. Como a professora não tinha conhecimentos teóricos sobre o trabalho com modelos, sua preparação envolveu também a leitura e discussão de alguns textos sobre o assunto.

3.2.3 Preparação do Trabalho de Campo

Segundo Bogdan e Biklen (1994) para a coleta dos dados qualitativos, o pesquisador deve observar participativamente, de dentro do ambiente estudado, imerso no fenômeno de interesse anotando cuidadosamente tudo o que nele acontece. Contudo, seguindo as orientações desse autores, para que os alunos e a professora regente pudessem se acostumar não só com a presença da pesquisadora, mas também com o material de filmagem usado no registro das aulas, passo importante preconizado na literatura (PINHEIRO, KAKEHASHI, ANGELO, 2005; BELEI, GIMENEZ-PASCHOAL, NASCIMENTO, MATSUMOTO, 2008), a pesquisadora entrou em campo antes da aplicação da sequência didática observando e filmando quatro aulas que a precederam.

3.2.4 Procedimentos para Análise de Resultados

3.2.4.1 Manejo dos Dados

Os dados coletados foram transcritos e duas cópias foram feitas e guardadas como segurança.

Seguindo regras estabelecidas (CARVALHO, 2006), as transcrições das videogravações foram feitas em tabelas de três colunas. A primeira coluna identifica, em forma numérica, as falas produzidas. A segunda, o conteúdo das falas e a terceira, as ações e/ou gestos relacionados. Para registrar a simultaneidade das diversas formas de linguagem (verbal, gestos e ações) as falas e ações correspondentes tiveram a sua formatação alterada (negrito ou itálico) ou foram sublinhados.

Seguindo a regra adotada, no registro das falas, no lugar dos sinais típicos da língua escrita, como ponto final, vírgula, ponto de exclamação, dois pontos e ponto-e-vírgula, foi usado reticências e, o único sinal de pontuação considerado foi o ponto de interrogação.

Os demais sinais utilizados nas transcrições presentes nessa pesquisa foram:

- a) () quando o pesquisador registra hipóteses do que se ouviu;
- b) (()) para a inserção de comentários do pesquisador;
- c) :: para indicar prolongamento de vogal ou consoante, por exemplo: “eh::”.
- d) Letras maiúsculas são utilizadas para marcar entonações enfáticas.

3.2.4.2 Análise dos Questionários

Para facilitar a análise, a mensuração e a comparação dos dados obtidos com a aplicação dos questionários, adotando como referencia o trabalho realizado por Paula (2008), foi estabelecido um determinado número de pontos para cada resposta. Desta maneira, as respostas dos estudantes para as questões que constam da primeira parte do questionário sobre termos biológicos foram classificadas segundo a sua aproximação com o conhecimento científico vigente e receberam a pontuação estabelecida na tabela que se encontra anexa no final deste trabalho (ver apêndice D)

A segunda parte deste instrumento possuía uma única questão que avaliava o conhecimento dos alunos acerca das relações de tamanho existentes entre organismo, célula, núcleo, cromossomos, DNA e genes. Essa questão foi corrigida levando em consideração o número de posições determinadas de maneira correta pelos alunos. Desta maneira, para quem acertou todas as posições foi atribuída a pontuação máxima de seis pontos, para quem acertou cinco posições, cinco pontos e assim sucessivamente. Os alunos que não acertaram nenhuma das posições ou deixaram em branco receberam nota zero.

O questionário sobre reprodução era composto por seis questões de múltipla escolha, que deveriam ser respondidas e justificadas pelos alunos. Para cada opção correta, porém não justificada foram atribuídos dois pontos. Quando presentes, as justificativas poderiam aumentar a pontuação da questão em até dois pontos. É importante salientar, que mesmo quando o aluno respondeu de forma errada uma determinada questão, a justificativa foi lida e avaliada, a fim de determinar as razões do erro cometido (ver apêndice E).

3.2.4.3 Análise das Entrevistas Semi-Estruturadas

Segundo Moreira (2006), para Ausubel, a melhor maneira de se evitar a “simulação da aprendizagem significativa” é formular questões e problemas de maneira nova e não familiar que requeiram máxima transformação do conceito adquirido. Por esta razão, a entrevista semi-estruturada (apêndice C) constava de quatro perguntas sobre a Síndrome de Down e teve como objetivo investigar como os alunos aplicavam os conhecimentos sobre a divisão celular ensinados na sequência didática desenvolvida para explicar os fatores que resultam nessa síndrome cromossômica.

Para avaliar o desempenho dos alunos foi observada não só a adequação das respostas dadas, mas a prontidão com que elas foram fornecidas. As perguntas feitas nessas entrevistas com as respectivas respostas esperadas e conceitos associados podem ser conferidas no apêndice F no final dessa dissertação.

3.2.4.4 Análise da Transcrição dos Dados Obtidos na Videogravação das Aulas

A transcrição das gravações e filmagens das aulas ministradas durante a pesquisa gerou uma grande quantidade de dados, de maneira que, no capítulo referente aos resultados, foram registrados apenas os momentos que foram considerados importantes, seja por sua possível influência no processo de aprendizagem dos indivíduos envolvidos, ou pelo fato de permitirem fazer inferências sobre a influência dos modelos nas interações que se estabeleceram entre os alunos e entre estes e o professor.

Para caracterizar essas interações, com base no trabalho de Mortimer e Scott (2002), foi feita uma análise da abordagem comunicativa evidenciada nas falas da professora regente.

3.2.5 Considerações éticas

Em respeito aos princípios éticos de não dano e consentimento livre e esclarecido para a pesquisa com seres humanos (BRASIL, 2009), esta pesquisa foi submetida à avaliação do Comitê de Ética e Pesquisa do Instituto de Ciências Humanas da Universidade de Brasília, instância subordinada à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do Ministério da Saúde. A carta da aprovação emitida por este comitê após a avaliação dos métodos e procedimentos sugeridos para o desenvolvimento dessa pesquisa pode ser verificada no apêndice G deste trabalho.

Considerando, pois, os procedimentos a serem seguidos, em respeito aos princípios enunciados na Resolução CNS 196/96, antes do início da pesquisa, todos os alunos receberam uma carta de esclarecimento seguida do termo de consentimento livre e esclarecido. Na carta oferecida aos alunos (apêndice H), lida e explicada pela pesquisadora, encontravam-se esclarecidos os objetivos do estudo que se pretendia desenvolver e a garantia de que todos os

participantes teriam seus nomes substituídos por pseudônimos e seus dados mantidos confidenciais.

De forma semelhante, para obter a autorização necessária para desenvolver a pesquisa nessa escola, seus objetivos e procedimentos adotados foram também comunicados à diretora da instituição. A autorização por ela concedida pode ser observada na carta de aceite contida no apêndice I ao final deste trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo encontram-se relatadas, em maiores detalhes, as atividades desenvolvidas durante a sequência didática aplicada, as dificuldades encontradas e as interações que se estabeleceram entre o grupo de alunos e a professora durante o desenvolvimento das mesmas.

Os momentos da sequência didática selecionados para a análise qualitativa da intervenção promovida foram apresentados na forma de episódios e nomeados de acordo com o conteúdo tratado e com a intenção pedagógica do professor.

4.1. O Cronograma da Intervenção

A sequência didática, composta por cinco aulas, foi programada para ser desenvolvida em quatro semanas, em aulas duplas semanais de 50 minutos cada. Considerando o tempo de observação programado para ser realizado antes do seu início e o total de aulas necessárias para a aplicação dos instrumentos de coleta de dados especificados no desenho metodológico dessa pesquisa, foi elaborado um cronograma de atividades para ser cumprido no espaço de tempo aproximado de dois meses e duas semanas.

Demandas específicas do contexto escolar relacionadas à semana de provas, conselhos de classe entre outras, somadas a eventos naturais do dia a dia impossíveis de serem previstos ou programados, como falta de energia na escola ou até mesmo a ocorrência de chuvas intensas, acabaram por alterar o cronograma planejado. Por fim, um problema de saúde da professora regente acabou por afastá-la sem que pudessemos aplicar a última aula da sequência inicialmente planejada.

Considerando, portanto, todos os fatos acima relatados, essa pesquisa foi desenvolvida nos meses de agosto, setembro e outubro do ano de 2009 cumprindo o cronograma especificado na tabela 3

Data	Atividades
19/08/2009	Leitura da carta de apresentação da pesquisa e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido
26/08/2009	Observação da aula
02/09/2009	Observação da aula
09/09/2009	Observação da aula
16/09/2009	Aplicação do pré-teste
23/09/2009	1ª aula da sequência didática
30/09/2009	Dia de conselho de classe na escola
07/10/2009	2ª aula da sequência didática
14/10/2009	Aplicação de lista de exercícios
20/10/2009	3ª aula da sequência didática
22/10/2009	4ª aula da sequência didática
27/10/2009	Aplicação do pós-teste
28/10/2009	Entrevista semi-estruturada

Tabela 3 – Cronograma de atividades

4.2 Conhecendo o Grupo

A presença da professora pesquisadora nas aulas que precederam a aplicação da sequência didática proporcionou o estabelecimento de um clima de comprometimento e confiança entre todos os indivíduos envolvidos nessa pesquisa. Durante esse período inicial de observação, a turma se mostrou um grupo participativo e entrosado, e o bom relacionamento com a professora regente pode também ser evidenciado.

Durante as aulas observadas, todas elas expositivas, a interação professor-aluno se deu no sentido de estimular a participação do grupo, manifesta, na maioria das vezes, pelos mesmos alunos na forma de perguntas sobre o assunto que estava sendo explicado ou de respostas a perguntas que eram feitas pela professora com a clara intenção de perceber se os mesmos estavam acompanhando o seu raciocínio.

4.3 A Aplicação do Pré-Teste

A aplicação do pré-teste seguiu a seguinte dinâmica: primeiro os alunos foram convidados a responder o questionário um e, em seguida, o questionário dois. O tempo utilizado para a resolução de cada um dos questionários ficou a critério de cada aluno e o tempo total disponibilizado para tanto foi de cinquenta minutos.

Durante a resolução do pré-teste, muitos alunos se mostraram inseguros. A maioria teve dificuldade em compreender o comando das questões e, apesar de saberem que o instrumento que estava sendo aplicado não valia nota, muitos se mostraram ansiosos ao respondê-lo. Essas dificuldades foram consideradas e discutidas nas análises dos questionários, no item 4.6.

4.4. A Sequência Didática

4.4.1 Aula 1: Definindo genoma, cromossomos homólogos, genes, células haplóides e células diplóides.

A modelagem proposta para essa aula tinha originalmente como objetivos: trabalhar o conceito de genoma, conceituar célula haplóide e célula diplóide; identificar os gametas como células haplóides; relacionar o fenômeno da fecundação com a ploidia da célula resultante, e compreender o conceito de cromossomos homólogos. Durante a preparação das atividades, a professora regente sugeriu que representássemos os genes com etiquetas e usássemos essa representação para explicar aos alunos o que são genes alelos, acrescentando mais um objetivo à aula que lhe foi originalmente apresentada.

No início da atividade, a professora demonstrou um pouco de dificuldade em usar os modelos e implementar a atividade proposta. Com o decorrer da aula, no entanto, tais dificuldades foram minimizadas e ela tornou-se visivelmente mais participativa.

A melhora do desempenho da professora foi mais notável na modelagem dos genes, o que pode ser explicado por sua participação na elaboração dessa atividade. Curiosamente, no entanto, a professora não trabalhou de forma explícita o conceito de genes alelos nem de nenhum dos demais conceitos propostos.

A Atividade

Episódio 1: Iniciando a atividade – apresentando o modelo de cromossomo

No início dessa atividade, os canudos foram apresentados aos alunos como cromossomos. No entanto, atentando para o fato de que os modelos são representações da estrutura original que representam, antes de iniciar a atividade, o conceito de cromossomo² foi lembrado com os alunos, deixando claro que, no modelo proposto, o canudo representava apenas a molécula de DNA que o compõe.

Inicialmente os canudos foram utilizados para modelar cromossomos metacêntrico, submetacêntrico, acrocêntrico e telocêntrico. Tal classificação tem como critério a posição do centrômero, que, no modelo, foi representado, como indica a figura 6, por um nó no corpo do canudo.

² Estrutura composta por uma única molécula de DNA associada à proteínas.

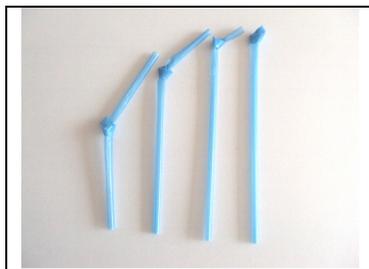


Figura 6 – Representação de tipos de cromossomos

A professora então, entregou quatro canudos vermelhos para cada aluno e deu início à demonstração da modelagem dos cromossomos. Ela tomou um canudo e fez um nó, que o dividiu em duas partes do mesmo tamanho, pedindo aos alunos que fizessem o mesmo. Depois solicitou que repetissem o mesmo procedimento com os demais canudos, atentando para que, em cada um deles, o nó fosse feito em alturas diferentes.

T	Verbal	Ações/Gestos
10	<p>P: pessoal é o seguinte... a gente vai dar esse nozinho... é porque eu vou marcar 4 canudos... agora esses 4 canudos seriam 4 cromossomos.... OK? só que são cromossomos com receitas diferentes... determinado cromossomo tem receitas que determinam o grupo do sangue... no outro cromossomo não tem essa receita... contém outras receitas... pra eu marcar a diferença de um cromossomo pro outro... a gente vai fazer estes nós... esse nó aqui ficou no meio do cromossomo... então... por favor ...dêem um nozinho aí... não pode ser um nó apertado.</p>	
11	<p>P: agora vocês vão pegar outro cromossomo e vão fazer um nozinho um pouquinho mais acima do que o outro que vocês fizeram... é por que eu vou querer... olha só eu quero 4 canudinhos com nozinhos em alturas diferentes... tá?</p>	<p>Figura 7 – A professora apresenta o modelo aos alunos.</p>

Embora a professora tenha deixado claro, em sua fala, que os nós que estavam fazendo determinariam quatro cromossomos diferentes, ela não esclareceu para os alunos que os mesmos representavam o centrômero, uma estrutura presente nos cromossomos, nem relacionou os diferentes cromossomos modelados com a nomenclatura correspondente. Mais a frente, a professora relacionou o conjunto formado pelos quatro cromossomos diferentes que haviam modelado, com a notação “n” sem, no entanto, citar o conceito de genoma ou ploidia.

Episódio 2: Discutindo a origem dos cromossomos – os cromossomos homólogos

Dando continuidade a aula, a professora alertou os alunos que a cor vermelha dos quatro cromossomos que eles haviam modelado marcaria a origem feminina dos mesmos e perguntou onde estes cromossomos poderiam ser encontrados. Esta pergunta deu início a uma discussão profícua entre os alunos e a professora e acabou por introduzir, de maneira contextualizada, a participação dos gametas, óvulo e espermatozóide, no assunto.

T	Verbal	Ações /Gestos
45	P: essa célula então tem 4 cromossomos diferentes... “n” é o termo que a gente vai usar para cada conjunto.... Até aí tranquilo? eu vou deixar de vermelho para marcar os cromossomos que vieram de origem materna... então os 4 cromossomos que vocês tem na mão aí.... são de origem materna... então eles vieram de qual célula?	P: fala para a turma.
46	A8 : do óvulo?	
47	P: <u>do óvulo, exatamente....</u> vocês tem 4 cromossomos que vieram do óvulo.... a gente vai fazer agora...	P: <u>aponta para o aluno que respondeu.</u>
48	((a professora vai até a sua mesa e pega os canudos azuis despertando a curiosidade de A8))	
49	A8: são cromossomos paternos?	
50	P: <u>exatamente... os cromossomos paternos vem de onde?</u>	P: <u>balança positivamente com a cabeça.</u>
51	A8: espermatozóide.	
52	P: espermatozóide.	

A participação promovida pela modelização, mais exatamente a pergunta feita por uma aluna a respeito dos procedimentos que estavam sendo seguidos, deu início a um debate sobre a igualdade do conjunto de cromossomos presentes nos gametas feminino e masculino de indivíduos da mesma espécie.

T	Verbal	Ações/Gestos
53	P: bom se esses cromossomos aí vieram... esses cromossomos estão vindo agora de onde? de qual célula?	P: distribui os canudos azuis para os alunos
54	A8: é paterno agora... é do pai.	
55	A_ : é para fazer a mesma coisa ?	
56	P: ah... olha só... ela me falou uma coisa aqui... queria que vocês me respondessem... me ajudassem... ela perguntou se é para a gente fazer agora a mesma coisa com esses cromossomos... o que vocês acham?	P: fala enquanto distribui

Sem dar respostas prontas e socializando as dúvidas e curiosidades que surgiram durante a aula, a professora instigou a participação dos alunos para resolver a questão.

T	Verbal	Ações/Gestos
59	P: esses 4 cromossomos estão vindo de qual célula?	P: mostra os modelos para os alunos
60	Alunos: do pai	
61	P: do espermatozóide é isso aí vocês vão fazer agora os nozinhos também.... esperem aí que eu vou pegar mais... só que é o seguinte... eu quero que vocês pensem se vocês acham que devem fazer...	P: continua distribuindo os canudos para os alunos
62	P: vocês vão fazer 4 nozinhos também do mesmo jeito que a gente fez com os vermelhos... só que é o seguinte... vocês acham que devem fazer esses nós é::: em alturas diferentes do que fizeram no vermelho ou na mesma altura?	
63	Alunos: MESMA ALTURA	
64	P: o que vocês acham que tem que fazer?	
65	Alunos: MESMA ALTURA	P: continua distribuindo os canudos.
66	A10: para poder dar certo	
67	A8: mesma altura professora?	
68	P: por que vocês acham que tem que fazer na mesma altura?	
69	((os alunos respondem ao mesmo tempo e discutem entre si))	P: continua distribuindo os canudos azuis.

Em meio à discussão que se estabeleceu o aluno A8 se antecipou à conclusão final expressando, em forma de pergunta, sua desconfiança de que os gametas de homens e mulheres carregam cromossomos iguais.

T	Verbal	Ações/Gestos
70	A8 : o mesmo cromossomo da sua mãe é igual ao do seu pai?	P: continua distribuindo os canudos sem ouvir o que foi dito pelo aluno.
71	P: eu quero saber o seguinte... vocês fizeram assim com o vermelho... olha para cá... a minha pergunta é... Espera aí...	P: fala de frente para os alunos.

72	((os alunos continuam discutindo entre si... até que A8 levanta o braço para chamar a professora))	 <p data-bbox="1002 501 1378 533">Figura 8 – A turma trabalhando</p>
73	P: oi... espera aí só um pouquinho... pergunta.	P: aponta para o aluno que quer fazer a pergunta.
74	A8: <u>prof. ele está dizendo aqui que eles são iguais</u> então os DNAs são iguais entre o homem e a mulher? É isso que eu acho né...	A8: <u>mostra os canudos azul e vermelho</u>

Considerando que até então os cromossomos paternos e maternos estavam sendo comparados apenas no seu aspecto físico (tamanho e posição do centrômero), tal afirmação não pode ser considerada errada pela professora que, sem responder a pergunta feita pelo aluno, mas, aproveitando sua fala, passou a compará-los levando em conta o seu conteúdo genético. Para tanto, de início, a professora comparou o conteúdo genético dos cromossomos de um inseto qualquer.

T	Verbal	Ações/Gestos
101	P: aí eu vou fazer uma pergunta... suponhamos que esse conjunto de cromossomos aqui... essa célula na verdade... seja a célula de um inseto... um inseto qualquer... uma barata... suponhamos... taí um bom exemplo... <u>se bem aqui tiver uma receita que determina o tamanho da asa...</u> tá... esse veio no óvulo não veio? bem aqui... sei lá na outra célula onde é que eu vou encontrar? por que no óvulo e no espermatozóide devem vir os mesmos tipos de receitas não deve?	P: <u>aponta para o desenho no quadro</u>
102	Alunos: deve	
103	P: as receitas não <u>devem se combinar?</u> devem ou não devem?	P: <u>gesticula usando as mãos para pareadas</u>
104	Alunos: devem	
105	P: se essas receitas ficarem em níveis <u>diferentes em alturas diferentes vai dar para combinar?</u>	P: <u>gesticula com as mãos não pareadas e em alturas diferentes</u>
106	Alunos: não	
107	P: não.... então se aqui as receitas... <u>o que você falou?</u>	P: <u>aponta para o aluno</u>
108	A1: eles vão ter que combinar	
109	P: ah.. vão combinar.. então tem que ter as mesmas alturas...	P: <u>gesticula usando as mãos pareadas</u>
110	A1: EU FALEI	
111	A8: ah... mas isso eu já sabia	

112	A1: você julgou... vocês julgaram que eu estava errado	
113	P: tá bom... entre certo e errado... agora eu vou trazer esse exemplo para o nosso corpo... se eu tenho sangue tipo AB...por exemplo... eu tenho a receita para fazer a proteína A e receita para fazer a proteína...	P: fala de frente para a turma
114	Alunos: B	
115	P: eu recebi essas receitas de quem?	P: fala de frente para a turma
116	A: do pai e da mãe	
117	P: do pai e da mãe.	P: fala de frente para a turma gesticulando
118	P: então de repente no mesmo cromossomo em que eu vou achar uma determinada receita... eu vou achar uma correspondente que veio de outra célula... <u>vocês estão entendendo isso?</u>	P: <u>vai para o quadro</u>

Atento às explicações fornecidas pela professora o aluno A2 expôs a sua dúvida deixando transparecer, não só o conflito estabelecido entre as suas idéias sobre hereditariedade e as informações transmitidas pela professora, mas também sua dificuldade em lidar com a nomenclatura científica.

T	Verbal	Ações/Gestos
119	A2: a minha dúvida é que se essa receita aqui é de um corpo e aquele é de outro... por que tem que ser igual?	 <p>Figura 9 – Participação de um aluno</p>
120	A8: é isso mesmo...	
121	P: como assim... igual?	
122	A2: tá... você acabou de falar que... que a::: vou falar do meu modo... que o::: fala o nome desse (negócio)	
123	A8: a bolinha	
124	P: centrômero	
125	A2: é o centrômero tem que ser igual... o do espermatozóide com o do óvulo... e o do óvulo é da mulher e o do espermatozóide é do homem... de famílias diferentes... distintas...	

Envolvido na discussão um outro aluno (A9) se apressou em responder o colega (A2). Em sua fala este aluno demonstrou ter compreendido que o conteúdo dos cromossomos maternos e seus correspondentes paternos carregam as mesmas informações, e que estas determinam as características da sua espécie. Acredito que o exemplo dos insetos, utilizado

pela professora na explicação anterior, tenha contribuído para que o aluno A9 tenha chegado a esta conclusão.

T	Verbal	Ações/Gestos
128	P: vem cá... olha aqui a pergunta dele...	P: olha para a turma e aponta para o aluno
129	A9: no caso...	
130	P:...fala A9	P: aponta para A9
131	A9: mas no caso isso aí tem a ver com o...	
132	A9: aí no caso... assim o que eu acho... é que tem a ver com de que espécie... é tipo isso é também igual para os humanos... dos cachorros é igual aquilo ali... e então é isso aí... e não porque é de homem e de mulher... eu acho que é isso...	A9: fala gesticulando

Episódio 3: Trabalhando com genes alelos – homozigoto ou heterozigoto?

A professora confirmou a explicação fornecida pela aluna, e explorando a ideia por ela lançada, aproveitou para iniciar suas explicações a respeito dos genes alelos. Para tanto, a professora deu início a uma nova atividade de modelagem e entregou para os alunos etiquetas que tinham uma das seguintes combinações de letras listadas na tabela 4.

Combinações	Genes			
1	A	A	B	B
2	A	a	B	B
3	a	a	b	B

Tabela 4 - Etiquetas utilizadas para representar genes.

Ao entregar as etiquetas, a professora explicou que as letras nelas impressas representavam receitas (genes) que deveriam estar presentes nos cromossomos que eles haviam modelado e pediu que as colassem nos canudos (cromossomos) de forma a representar a posição dos mesmos nos cromossomos.

Para orientar a ação de seus alunos, a professora utilizou novamente os insetos como exemplo e, considerando como característica o tamanho de suas asas, questionou-os sobre as origens e a localização dos genes responsáveis pela sua determinação.

T	Verbal	Ações/Gestos
175	P: vamos lá então...	P: fala de frente para a turma
176	P: eu vou dar para vocês receitas... vou dar...	
177	A6: receitas?	
178	A4: é de bolo	
179	P: vocês vão colar isso aqui nos canudinhos como vocês acham... Eu vou dar um parzinho de receitas para cada pessoa aqui...	P: mostra as etiquetas
180	P: eu estou pensando o seguinte.... <u>se bem aqui tem uma receita que determina.... se bem aqui tem uma receita que determina o tamanho da asa...</u> se nesse óvulo tem aqui uma receita que determina o tamanho da asa, no espermatozóide também vai vir?	P: <u>volta para o quadro e continua apontando para o desenho representativo do cromossomo que ela já havia feito antes</u>
181	A4: necessariamente não	
182	P: não?	P: olha para a aluna
183	A11: vai ... é correspondente.	
184	P: então é o que ela falou... tem que ter receita o que? correspondentes...não é? peguem aqui as receitas pra mim (peguem) as letrinhas e colel onde vocês acham que devem colar ... quem tá sem?	P: a professora continua a distribuir as etiquetas para os alunos andando pela sala

Durante o desenvolvimento da atividade foi possível observar uma grande interação entre os alunos e entre eles e a professora. Todos estavam empenhados na tarefa de colar as etiquetas tentando representar a localização dos genes nos cromossomos homólogos que haviam modelado. A professora então seguiu a aula solicitando aos alunos que já tivessem terminado a modelagem que lhe apresentassem os resultados.

T	Verbal	Ações/Gestos
196	P: eu tô vendo... o pessoal que me mostrou... tanto ela que colou aqui ó... ela colou exatamente na mesma posição só que ela... ela colou no centrômero e assim.. esse ficou dividido ao meio... deixa-me ver... você também colou na mesma posição... cromossomos que tinham a mesma altura do que?	 <p>Figura 10 – A professora mostra o resultado da modelagem feita por uma aluna.</p>
197	Alunos: centrômero.	
198	P: você também colou na ponta... dois cromossomos de cores diferentes... e a mesma altura do centrômero... então são cromossomos correspondentes... quem mais colou?	
199	A_: aqui ó.	
200	A_: eu	
201	A_: eu.	
202	P: também... também o mesmo raciocínio?	

Prosseguindo com a atividade, a professora buscou algum modelo que tivesse sido construído com alelos diferentes para discutir com os alunos a herança em homozigose e heterozigose.

T	Verbal	Ações/Gestos
238	A_: maiúscula e minúscula.	 <p>Figura 11 – Professora avaliando os modelos de um aluno</p>
239	P: maiúscula e minúscula... olha só ela recebeu “A” e “a”... vou chamar o maiúsculo de azão e o minúsculo de azinho... pode ser?	

Ao utilizar os termos “azão” e “azinho” para identificar os genes em heterozigose, a professora despertou a curiosidade e a participação de alguns alunos que, em suas falas, manifestaram um conhecimento prévio sobre a relação de dominância e recessividade dos genes na expressão das características.

T	Verbal	Ações/Gestos
240	A3: () o que prevalece...	
241	P: que prevalece o que?	P: <u>se aproxima da carteira do aluno</u>
242	A3: vou falar besteira... vou falar besteira	A3: fica nervoso com a aproximação da professora
243	P: não... mas as besteiras são bem vindas	
244	A3: não... não...	
245	((A3 se recusa a repetir o que falou enquanto A2 procura repetir para a professora o que ele ouviu da pergunta feita... com base nessa fala a professora se dirige para o aluno e diz))	
246	P: e eu diria que a combinação dos dois é o que define, mas as vezes tem....	
247	A3: o que prevalece... no caso dela ali é o “A”	
248	P: talvez, algumas características o “A” vai ter uma relação de dominância sim, em outras características ---- mas o que eu queria que a gente percebesse... olha só que interessante... ela... por exemplo... recebeu “A” e “a” não foi? <u>tem gente que recebeu “AA”.</u>	A1: <u>levanta a mão para identificar-se como um dos que recebeu a combinação citada.</u>

Episódio 4: A posição dos genes – questionando a modelagem

Seguindo a aula a dúvida de um aluno quanto à posição dos genes em um cromossomo, gerada a partir da atividade de modelagem que estava realizando, levou a professora a fazer uma pequena discussão sobre a correspondência das posições dos genes nos cromossomos dos diferentes indivíduos de uma mesma espécie e a um interessante questionamento da modelagem que estavam realizando.

T	Verbal	Ações/Gestos
257	P: oi? oh... ela tá perguntando se qualquer canto que eu colocar tá certo? bom... nesse caso aqui a gente não definiu uma receita e não definiu um lugar... aqui... mas... dentro da espécie humana.... se eu pudesse fazer um trabalho um pouco mais... aliás em qualquer espécie né?... mais cuidadoso... <u>se eu coleí esse gene A aqui nesse cromossomo...</u> vamos falar das asa mesmo... vamos falar da asa do inseto... como se isso aqui fosse mosca e essa receita definisse o tamanho da asa... por exemplo... todas as moscas deveriam ter essa receita no mesmo lugar?	P: caminha gesticulando em direção ao quadro <u>P: utiliza o desenho do quadro para explicar</u>
258	Alunos: não	
259	P: quem acha que sim levanta a mão... quem acha que não levanta a mão... o pessoal que acha que sim... acha que sim por que?	Alguns alunos levantam a mão correspondendo a cada caso que foi perguntado
260	A2: da mesma espécie, da mesma espécie.	
261	P: da mesma espécie... se as moscas são todas da mesma espécie e a receita determina o tamanho da asa, essa receita tem que ocupar o mesmo lugar para todas as moscas?	P: fala de frente para a turma
262	A8: da mesma espécie...sim	
263	P: então seria legal nessa situação se eu tivesse começado a aula marcando o que para a gente colar?	P: fala de frente para a turma
264	A_ (um ponto)	
265	P: mas eu marcaria o que?	P: olha para o aluno
266	A2: um ponto	
267	P: <u>... um ponto não é verdade...</u> porque aqui cada um... se eu tô trabalhando... todo mundo tem o mesmo é::: tem as mesmas células aí(da mesma espécie... todo mundo tem os mesmos tipos de características... todo mundo tem aí as receitas que se combinam... então todo mundo deveria ter colado essas receitas nos mesmos?	P: <u>aponta para o aluno que acertou a resposta</u>
268	Alunos: pontos... lugares	

269	P: lugares... exatamente... mas a gente não definiu isso antes... isso é uma conclusão que a gente tá tirando...	P: fala de frente para a turma
270	Alunos: agora	
271	P: agora	P: fala de frente para a turma

O sinal que determina o final da aula tocou e a professora encerrou as atividades parabenizando os alunos pela participação dos mesmos durante a aula e avisando que o assunto seria retomado na aula seguinte.

A esta aula estavam presentes vinte e três alunos. Em um total de duzentos e noventa falas transcritas, cento e dezessete corresponderam à fala dos alunos das quais oitenta e seis evidenciaram participações individuais e trinta e um do grupo.

4.4.2 Aula 2: A Duplicação do DNA: Cromossomos simples X Cromossomos duplicados

Esta aula deveria ter acontecido no dia 30/09 não tendo ocorrido em função do calendário de provas do colégio. Este fato significou 15 dias de distância entre a segunda e a terceira aula da sequência didática que foi aplicada.

A Atividade

Episódio 5: Discutindo a duplicação do DNA – revisando conceitos

Para abordar a duplicação da molécula de DNA e a consequente formação de cromossomos duplicados, a professora falou com os alunos sobre a importância da divisão celular usando como pretexto para discussão o processo da cicatrização.

T	Verbal	Ações/Gestos
145	P: vamos lá.... pessoal, a gente quer tratar um aspecto importante aí.... se de repente eu corto o braço... aí fica aqui um buraco... um corte.. ele fica a vida inteira?	P: fala de frente para a turma.
146	A-: não	
147	Alunos: as células vão multiplicar / dividir...	
148	P: elas vão portanto...	
149	A8: multiplicar.	
150	P: certo... a ideia de multiplicação está certa a gente vai chamar isso de... se uma célula deu origem a duas ... olha pra cá... não... olha pra cá... pra minha mão... aqui tem uma célula se ela deu origem a duas eu vou dizer que essa célula se....	 <p>Figura 12A e12B – Professora simulando com as mãos a divisão de uma célula</p>
151	A1: divide	
152	P: se dividiu... exatamente	

Inicialmente a professora lembrou junto com os seus alunos a duplicação da molécula de DNA e a importância desse fenômeno.

T	Verbal	Ações/Gestos
159	P: o que eu tenho que fazer com o DNA antes de... <u>ah? multiplicar o DNA.... ao invés de multiplicar o DNA que termo que eu uso?</u> em vez de multiplicar eu uso...	P: <u>olha para um aluno que parece ter respondido a sua pergunta e aponta para outro que também respondeu</u>
160	P: duplicar	
161	Alunos: duplicar	
162	P: não é o que a gente falou? Então a gente vai ter que duplicar esse DNA correto? Então a gente vai trabalhar com isso hoje... Eu vou precisar que vocês façam duplas... Vamos rapidinho em dupla para a gente começar...	P: fala de frente para a turma

Os alunos começam a se organizar em duplas enquanto a professora, com a ajuda de dois alunos começa a distribuir o material necessário para a atividade: 4 canudos, dois azuis e dois vermelhos.



Figura 13 – Alunos distribuindo o material para a modelagem

Distribuído o material a professora orientou seus alunos na modelagem de um par de cromossomos homólogos.

T	Verbal	Ações/Gestos
165	P: ei atenção.... eu preciso que... vocês façam... ouçam bem... um par de cromossomos homólogos simples... como assim? Vocês tem aí canudinhos vermelhos e azuis, não é?	P: fala de frente para a turma.
166	Alunos: é	
167	P: se eu quero um par de homólogos... eu vou desenhar isso aqui... eu vou fazer exatamente isso aqui... um cromossomo eu vou representar com o canudo vermelho e o outro com o canudo... azul... agora vocês vão fazer os nozinhos não vão? o nozinho representa o que?	P: aponta para o desenho no quadro.
168	Alunos: o centrômero	
169	P: o centrômero... agora se esses cromossomos são homólogos... a posição dos centrômeros tem que ser o que?	P: fala de frente para a turma.
170	P: a mesma.	
171	A_: a mesma.	

Dando seguimento a atividade os alunos passaram a modelar a posição dos genes alelos nos homólogos modelados.

T	Verbal	Ações/Gestos
179	P: pronto gente? agora é o seguinte... vocês tem aí letras não tem?	
180	Alunos: temos.	
181	P: eu gostaria que vocês (pegassem) letra “a”... uma letra “a” para o cromossomo de origem paterna que eu estou simbolizando com qual cor?	
182	Alunos: azul	
183	P: e uma outra letra “a” de origem....	
184	Alunos: materna	
185	P: quando vocês forem colar esses genes... chamados de genes o que?	

Figura 14 – Professora auxiliando a modelagem

186	Alunos: alelos	
187	P: alelos.... a gente vai ter o cuidado de colar esses genes o que?	
188	A8: na mesma...	
189	P: assim na mesma... na mesma altura na mesma posição... esses genes precisam ser iguais?	
190	A12: não	
191	P: não.... tem que ser “AA” necessariamente?	
192	A12 : não.	
193	P: todo mundo já colou?	

A professora caminhou pela sala ajudando seus alunos, tirando dúvidas e corrigindo algumas modelagens. Um aluno chama então a professora e, fazendo alusão ao fenômeno da mutação, sem no entanto falar sobre o processo, comenta que em cromossomos reais pode haver erros.

T	Verbal	Ações/Gestos
213	A8: existem erros	
214	P: <u>existem erros mas eu não vou falar desses erros agora... isso é uma outra ...</u>	<u>P: aproxima-se do aluno</u>
215	A8: ah...	
216	P: existem alterações... você chegou num ponto chave aqui pra gente... mas eu só não vou explorar isso agora... tudo bem?	
217	A8: não ok ----	

A modelagem prossegue e a professora continua a passear pela sala para auxiliar no trabalho de seus alunos. Durante esse tempo muitas perguntas são feitas à professora e aos colegas. Todos estão engajados no trabalho.



Figura 16 - Alunos em atividade

Episódio 6: Duplicando os cromossomos

A professora então retoma a aula para falar sobre a duplicação do DNA e a consequente formação dos cromossomos duplicados. Antes de iniciar a modelagem, a professora lembrou que a duplicação refere-se a molécula de DNA e não ao cromossomo. Para representar, portanto, este cromossomo após a duplicação do DNA, a professora anexou a ele um novo canudo da mesma cor, utilizando para tanto o laço formado na região do nó que representa o centrômero (Figura 17).

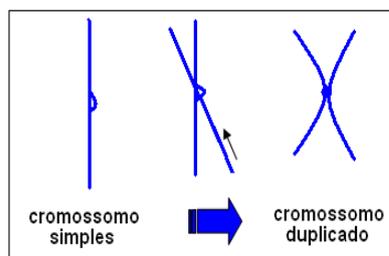


Figura 17 – modelagem de um cromossomo duplicado

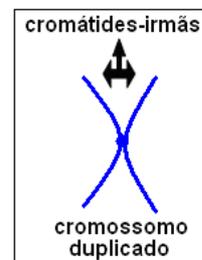


Figura 18 – identificando as estruturas de um cromossomo duplicado

T	Verbal	Ações/Gestos
250	P: todo mundo vê que é só um? continua observando aqui... <u>nesse nozinho que eu pedi que fosse mais o menos frouxo... olha pra cá eu passei um outro canudinho...</u> quantos cromossomos eu tenho aqui?	P: <u>encaixa no nozinho do canudo que estava na sua mão um outro canudo de mesma cor e tamanho e mostra para os alunos</u> P:levanta os canudos na mão
251	A1: dois.	
252	P: não	
253	A3: só um duplicado.	
254	P: então vocês vão fazer a mesma coisa... Vão só enfiando aí no nozinho.	
255	A_: assim?	
256	P: certo.	
257	((os alunos prosseguem modelando... A8 observa os seus modelos e exclama... e agora... vamos fazer as letrinhas?))	



Figura 19Ae 19B- Alunos modelando cromossomos duplicados.

Trabalhando agora como os modelos de cromossomos duplicados, a professora passou então a discutir com seus alunos sobre a modelagem da composição genética da molécula de DNA resultante do processo da duplicação que, no caso da modelagem, estava sendo representada pelo canudo que foi anexado ao cromossomo simples inicialmente modelado.

T	Verbal	Ações/Gestos
270	P: agora eu vou pedir uma outra coisa para vocês... todo mundo tem aí..é... um gene já colado... “a” e “b” não é?	P: utiliza o modelo na sua explicação
271	Alunos: é	
272	P: a gente não duplicou esse... esse DNA?	
273	A8: quando duplica ele ficaria na mesma... posição... ou seja.. certinho o gene.	
274	P: isso... quando duplica tem que ter a mesma posição... e eu te pergunto mais uma coisa.. <u>aqui tem... por exemplo... o gene B... o que que eu vou colocar do outro lado?</u>	<u>P: mostra o modelo chamando a atenção para a representação do gene B em uma das cromátides</u> P: mostra a outra cromátide do cromossomo modelado
275	A8: o azão?	
276	A7: bezinho... bezão?	
277	P: eu não vou duplicar?	
278	A8: vai... tem que sair a mesma coisa	
279	P: eu posso colocar o bezinho?	
280	Alunos: não	
281	P: não... por que?	
282	A8: por que vai sair com erro... ou seja tem que ser o “a” ((o aluno está falando do seu modelo)) para ser geneticamente igual	

Episódio 7: Sistematizando conceitos:

A professora anda pela sala para observar o trabalho de seus alunos, brinca com alguns e faz observações sobre os modelos de outros. Tendo notado que a maioria deles já havia terminado a modelagem proposta, a professora foi então para o quadro para registrar a atividade realizada. Durante o registro os alunos participaram ativamente ajudando a professora a representar no quadro as estruturas que haviam modelado. Neste momento de registro, a professora apresentou aos alunos a nomenclatura correspondente como indicado na figura 20.

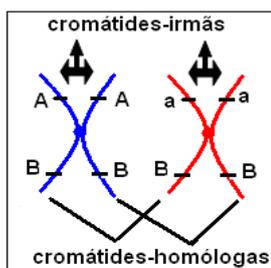


Figura 20 – Identificando os genes componentes das cromátides-irmãs e das cromátides-homólogas

T	Verbal	Ações/Gestos
326	P: quantos cromossomos tem aqui em baixo	P: aponta para os cromossomos homólogos e duplicados que acabou de desenhar no quadro
327	A_: dois	
328	P: dois cromossomos... dois cromossomos o que?	P: escreve no quadro
329	A_: homólogos	
330	P: dois cromossomos homólogos e duplicados	P: escreve no quadro
331	P: meninos... agora me ajudem... aqui tem quantos cromossomos?	P: utiliza o quadro para explicar
332	A_: dois	
333	P: então...	
334	A9: homólogos	
335	P: e...	
336	A_: homólogos e simples	
337	P: como chamamos esses genes que ocupam a mesma posição	
338	A9: alelos	
339	P:alelos....ocupam a mesma posição em cromossomos homólogos	

340	((a professora faz algumas brincadeiras preparando os alunos para conhecer a nova terminologia que será usada))	
341	P: então cada metade de um cromossomo duplicado é uma cromátide-irmã.... é... um cromossomo duplicado tem duas cromátides-irmãs	P:utiliza o quadro para explicar
342	A11: traduzindo é gene	
346	P: é... traduzindo são duas moléculas de DNA que são geneticamente iguais né? Enroladas em proteínas... então eu vou escrever isso aqui ta? eu prometo que é o último nome assim... estranho que eu vou falar hoje...	

A esta aula estavam presentes dezessete alunos. Em um total de trezentos e quarenta e quatro falas transcritas, cento e cinquenta e nove correspondem à fala dos alunos das quais cento e vinte e dois evidenciam participações individuais e trinta e sete do grupo.

4.4.3 Aula 3: Aplicação de exercícios

Em função de uma forte chuva, a frequência desta aula foi muito baixa. Tínhamos apenas seis alunos presentes, por isso, ao invés de desenvolvermos a modelagem da mitose, que seria a aula programada para esse dia, cientes de que os resultados dos pós-testes dos alunos ausentes seria comprometido, a professora regente aplicou uma série de exercícios sobre o assunto das aulas anteriores.

4.4.4 Aula 4: A Divisão Celular: Mitose

Esta aula aconteceu em horário diferente em virtude de problemas que tivemos com o calendário da escola (dia 21/10 - quarta-feira haveria conselho de classe) e da urgência em terminar o trabalho uma vez que a professora, em função de um problema de saúde inesperado, teria que se afastar para realizar uma cirurgia.

O novo arranjo de horários foi aceito pelos alunos que foram avisados previamente sobre a alteração. A aula que utilizamos foi cedida pelo professor de história e foi ministrada em um horário anterior que estava vago em função da falta do professor correspondente.

A Atividade

Episódio 8: Revisando conceitos

Para a realização dessa atividade os alunos foram orientados a formarem duplas e colocarem suas carteiras juntas, uma de frente para a outra, (figura 21) formando uma única superfície sobre a qual a atividade se deu.

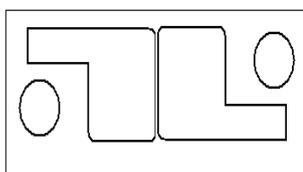


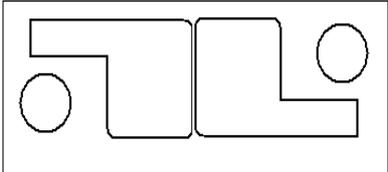
Figura 21 – Posição das carteiras para a realização da atividade proposta.

A superfície formada pelo tampo das duas carteiras unidas deveria representar o citoplasma de uma célula $2n=4$ cuja divisão seria modelada. No entanto, o péssimo estado da maioria das carteiras encontradas na sala de aula dificultou bastante o trabalho. Muitos alunos colocaram folhas ou cadernos em cima das carteiras na tentativa de evitar a fresta que se formava na região onde as mesmas deveriam encaixar.

Depois de organizados, foram entregues a cada dupla 8 canudos, 4 de cor azul e 4 vermelhos e, para cada um dos seus componentes, a ficha sugerida no material (apêndice J)

Como nas aulas anteriores, a professora aproveitou o início, quando os alunos estavam modelando os cromossomos que seriam usados na atividade que estava planejada, para

recordar conceitos e aspectos importantes referentes à modelização que eles estavam iniciando.

T	Verbal	Ação / Gestos
1	P: hoje a gente vai continuar o trabalho da aula passada é,, todo mundo recebeu esses canudos e cada canudo representa o que aí?	<p>P: a professora fala para a turma</p> <p>Alunos: organizados em duplas dispostos como mostra o desenho abaixo.</p>  <p>Figura 22 – Organização das duplas</p>
2	Alunos: cromossomos	
3	P: cromossomos... é... quantos canudos... ou melhor quantos cromossomos cada célula aqui possui?	
4	Alunos: 4	
5	P: quantos pares de cromossomos	
6	Alunos: 2	
7	P: dois pares não é? Porque a gente tá colocando dois tipos de cromossomos.... correto?	
8	Alunos: correto	
9	P: o que a gente tá simbolizando com a cor vermelha?	
10	Alunos: a mãe	
11	P: os cromossomos de origem...	
12	Alunos: materna	
13	P: e o azul de origem...	
14	Alunos: paterna	
15	P: essas letra que ficaram fixadas nesses cromossomos representam o que?	
16	Alunos: genes	

Para iniciar a modelização da mitose a professora questionou seus alunos quanto o estado das moléculas de DNA. Recordando a importância da duplicação desta molécula para a ocorrência da divisão celular, a professora pediu, que os alunos duplicassem os cromossomos que haviam modelado para poder dar início à modelagem da mitose.

T	Verbal	Ações/Gestos
23	P: exatamente... então a célula é diplóide. O objetivo é esse <u>aqui ó ter uma célula diplóide e a partir dela duas células também diplóides..</u> pra que isso aconteça o que a gente tem que fazer com o DNA antes?	<u>P: aponta para a célula diplóide desenhada no quadro</u>
24	A7: duplicar	
25	P: <u>duplicar o DNA</u>	<u>P: aponta para o aluno que respondeu</u>

Os alunos prosseguiram modelando os cromossomos duplicados. Durante a modelagem a professora questionou-os a respeito da natureza dos genes encontrados no

mesmo cromossomo e em seu homólogo, recordando a caracterização genética das cromátides-irmãs e das cromátides-homólogas.

T	Verbal	Ações/Gestos
27	P: então olha só é... vocês tem aí 4 cromossomos... se eu for duplicar o DNA... eu vou ter que pegar... por exemplo... <u>esse cromossomo aqui que tem o gene azão e o gene bezinho...</u> eu vou duplicar... o que tem que ter no outro cromossomo?	<u>P: pega o modelo de uma aluna para explicar</u>
28	Alunos: azão e bezinho P: ----- e bezinho...	
29	P: a mesma sequencia... de genes né? esses genes que ocupam a mesma posição... é... por exemplo... eu <u>vou pegar aqui o de origem materna e o de origem paterna...</u> pode até que seja azinho no de origem materna e azão de origem paterna... esses genes que ocupam a mesma posição são genes o que?	<u>P: pega os modelos de cromossomos vermelho e azul de uma aluna e mostra para a turma</u>

Episódio 9: Modelando a mitose

Com os alunos organizados em duplas com as carteiras arrumadas uma de frente para a outra, a professora deu início à atividade de modelização da mitose. Para tanto, ela foi até o quadro e explicou cada uma das fases da mitose utilizando para tanto, os mesmos desenhos que são usados nos livros didáticos.

Findada a explicação, a professora pediu que os alunos representassem com os cromossomos as fases que ela havia desenhado no quadro.

Modelando a prófase:

T	Verbal	Ação / Gestos
64	P: então eu gostaria que vocês aí na mesa... <u>sendo que essa nossa mesa aqui vai representar a célula...</u> essa região do meio ... essa separação entre as mesas vai representar o centro da nossa... célula.... gostaria que vocês colocassem os cromossomos aí como vocês acham que eles deveriam ficar aí na mesa.... a primeira fase... tem que tá no meio da célula? não ... né? aqui tá o meio da célula... arrumem os cromossomos onde vocês acham que eles deveriam ficar... como eles deveriam ficar...	<u>P: aproxima-se da mesa de uma aluna para explicar</u> P: mostra usando as carteiras de uma das duplas que está mais perto dela

65	P: peraí... uma mesa tem que ficar junta da outra lembra? que é pra representar uma célula só?	P: começa a caminhar entre os grupos corrigindo a modelagem dos alunos
66	((os alunos encontram dificuldades para alinhar as carteiras, pois a grande maioria delas não possuem nem tamanho e nem altura uniforme))	
67	((as duplas começam a trabalhar tentando representar a disposição dos cromossomos na primeira fase da divisão))	

Modelando a metáfase:

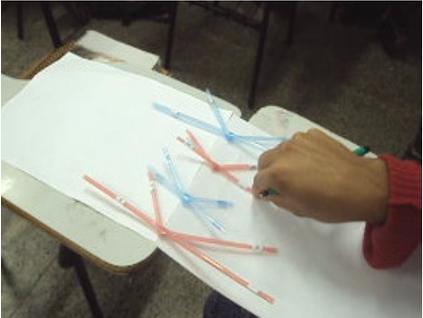
86	P: todo mundo conseguiu?	Os grupos estão trabalhando
87	A4: vem cá professora... uma dúvida.... <u>não coloca um em cima do outro não né?</u>	
88	P: ah?	
89	A4: <u>não coloca uma assim em cima do outro não né?</u>	A4: mostra a sua modelagem da metáfase
90	P: não é do ladinho do outro.	
91	A4: viu... ((fala com o seu companheiro))	
92	A8: professora.... a sequência?	
93	P: a sequência é aleatória	
94	A8: aleatória? pode ser...	
95	P: não importa que.. é... fique é... um cromossomo aqui o outro homólogo ao lado ... ou lá do outro lado... o que importa...gente... ei...é que eu tenha um em baixo do outro... pra garantir que a separação seja equitativa... ou seja... a mesma quantidade e tipos para as duas células recém formadas ...que a gente vai acabar a divisão	

Figura 23 – Alunos modelando a metáfase.

Modelando a anáfase:

97	P: qual seria uma forma de eu dividir essa célula em dois...em duas e::: tentar garantir que as duas células recém formadas recebam as mesmas quantidades e tipos de informações... ela deu uma idéia que ta batendo com o que o A2 tá falando... o que você propôs?	P: fala de frente para a turma.
98	A2: separar	
99	P: separar o que?	
100	A2: as duas células	
101	P: as duas células não... as duas	
102	A2: as duas... os dois cromossomos A4: as duas cromátides	
103	P: as duas...	
104	A4: cromátides	
105	P: cromátides-irmãs	
106	((A2 mostra a separação das cromátides explicando que ele as estavam considerando como	

Figura 24 – Professora simulando com as mãos a separação das cromátides-irmãs.

	cromossomos... a professora fala para ele que está certo))
107	A8: ou seja cada uma... passou com sua... mesma quantidade... e...com o mesmo DNA seu certinho... ((o aluno já havia feito a modelagem da anáfase junto com a sua colega de maneira que as cromátides-irmãs já estavam separadas na mesa de trabalho de ambos))

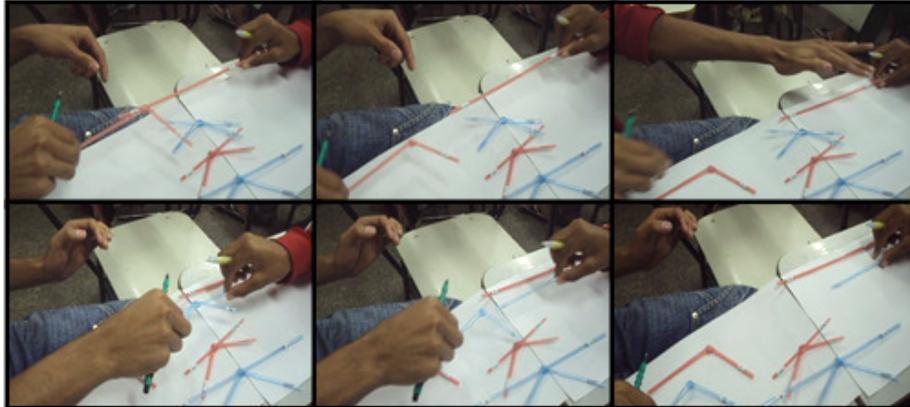


Figura 25 – Dupla de alunos modelando a anáfase

Modelando a telófase:

118	P: meninos olha só agora a gente vai dividir essa célula em duas não vai?	
119	A14: professora ... depois isso aqui vai virar outra?	
120	P: isso... aí é que tá... cada célula dessa... agora a gente pode até separar as carteiras um pouco pra mostrar que a nossa célula ta se dividindo	
121	((as duplas afastam as suas carteiras representando a citocinese, ou seja, a formação da duas células filhas))	
	Figura 26– Modelagem da citocinese	
122	P: opostos... não é assim? a célula agora vai caminhando para o final da divisão... essa fase final é a telófase... aí aquela carioteca vai se refazer esses cromossomos que estavam compactados vão de novo... se descompactar não totalmente né... mas menos... e a gente depois vai acabar com essa divisão da célula... a célula vai voltar a ter um perfil semelhante ao que tinha antes do que? da divisão... agora essa célula vai ficar prontinha pra duplicar o DNA de novo e sofre nova... divisão	P: mostra desenho no quadro

Os alunos continuaram trabalhando em duplas, registrando na ficha que lhes foi entregue no início da aula os desenhos representativos de cada uma das fases que eles modelaram (ver apêndice J). Enquanto eles trabalhavam a professora andava pela sala fazendo observações, elogios e tirando dúvidas.

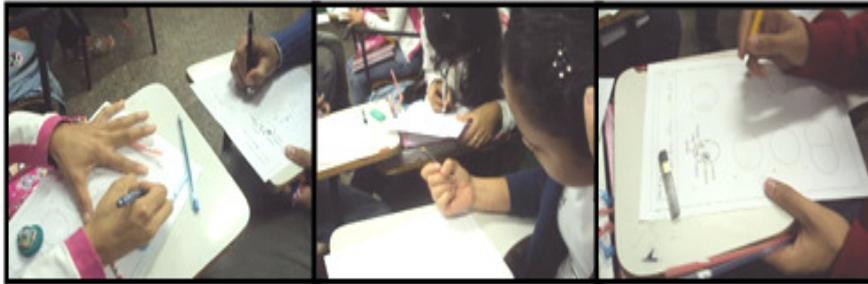


Figura 27 – Alunos desenhando as fases da mitose que foram modeladas

A esta aula estavam presentes vinte e um alunos. Em um total de cento e trinta falas transcritas, quarenta e cinco corresponderam à fala dos alunos das quais trinta e uma evidenciaram participações individuais e quatorze do grupo.

4.4.5 Aula 5: A Divisão Celular: Meiose

Devido à urgência em cumprir o trabalho, já que a professora regente teria que se ausentar para a realização de uma cirurgia, esta aula também aconteceu em horário diferente daquele determinado na grade horária dos alunos.

Para a realização desta atividade, utilizamos uma aula que foi negociada previamente com o professor de matemática. Os alunos não deixaram de ter essa aula, pois a negociação envolveu uma troca de horários com a professora de maneira que a mesma foi ministrada no mesmo dia, porém em horário diferente daquele determinado na grade horária.

Choveu muito naquela noite. O barulho que a chuva fazia ao bater no telhado de zinco que recobre as salas de aula da escola tornou difícil ouvir o que a professora dizia. Em função da chuva intensa, muitos alunos atrasaram e a aula demorou a começar.

A Atividade

Episódio 10: Modelando a meiose

A modelagem realizada para o ensino da meiose visava levar os alunos a lançar e testar hipóteses acerca de como, neste tipo de divisão, uma célula diplóide pode originar células filhas com apenas um genoma.

O trabalho foi realizado em grupos de quatro alunos e a superfície de suas carteiras unidas foi considerada como o citoplasma de uma célula diplóide ($2n=4$) cuja divisão se pretendia simular (Figura 28).

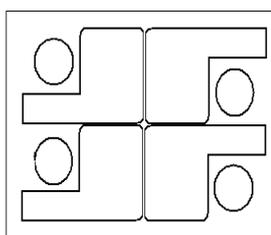


Figura 28: Organização dos alunos

Como no caso da modelagem da mitose, o péssimo estado da maioria das carteiras encontradas na sala de aula dificultou bastante o trabalho. Neste caso, para resolver o problema a professora regente foi até a sala dos professores e buscou cartolinas para colocar sobre as mesas.

Cada grupo foi orientado a proceder à divisão da célula em questão de maneira que as células-filhas formadas fossem haplóides ($n=2$). Não lhes foi informado, no entanto, que para

tanto seriam necessárias duas divisões nem que o resultado final seria a formação de quatro células-filhas.

Considerando a modelagem da mitose e de todos os eventos associados como pré-requisitos adquiridos nas aulas anteriores, os alunos foram orientados a respeitar os eventos biológicos discriminados abaixo:

- I. Uma célula, ao se dividir, origina apenas 2 células-filhas;**
- II. A duplicação do DNA só ocorre uma única vez na intérfase;**
- III. Uma célula só pode se dividir se seus cromossomos estiverem duplicados;**
- IV. As células-filhas formadas ao final do processo devem ser haplóides e seus cromossomos devem ser simples.**

Todos os eventos relacionados foram listados em uma folha entregue a cada aluno (ver apêndice- K), juntamente com o material necessário para a modelagem, e cada uma das hipóteses lançadas pelos grupos durante a modelagem foi registrada pelos os alunos em uma folha e apresentada para a avaliação do professor.

Como esta atividade envolveu trabalhos em grupo, cada um com hipóteses e tempos diferentes de resolução, optei por filmar trechos do trabalho de cada um deles ao invés do trabalho completo de apenas um grupo. Pude registrar as seguintes linhas de raciocínio adotadas pelos alunos para explicar todo o processo:

- a) Ignorando a primeira regra estipulada para o desenvolvimento da modelagem, que diz que a divisão celular resulta na formação de apenas duas células, todos os grupos observados iniciaram a atividade apresentando o raciocínio esquematizado na figura 29. .

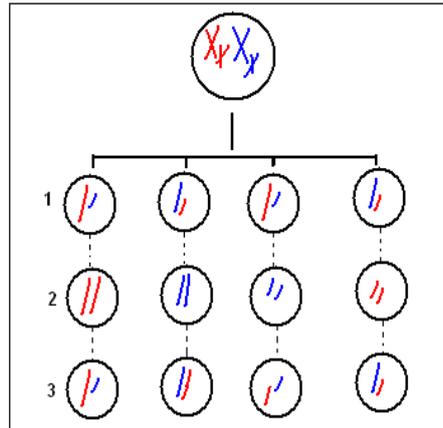


Figura 29 - Raciocínio esboçado pelos alunos que desconsideraram a impossibilidade de uma célula se dividir em 4 células-filhas.

As etapas 2 e 3, encontradas com maior frequência nos grupos, embora estejam matematicamente corretas, revelam a desatenção dos alunos quanto à questão biológica envolvida, no caso, a formação de células com um genoma completo;

b) O raciocínio representado na figura 30 foi a opção encontrada por alguns grupos, depois de terem sido alertados pela professora da impossibilidade de uma célula originar quatro células em apenas uma única divisão.

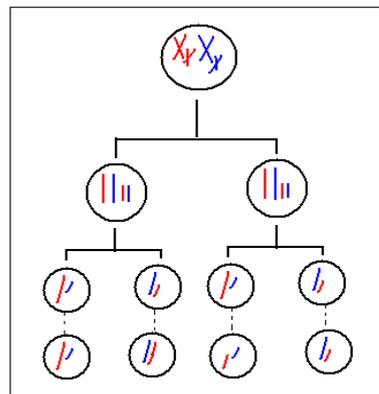


Figura 30 - Raciocínio esboçado pelos alunos que promoveram, já na primeira divisão da meiose, a separação das cromátides irmãs.

Embora esse tipo de raciocínio já considere a necessidade de duas divisões para a formação de células haplóides, utilizando o conhecimento sobre a mitose, os alunos promoveram, já na primeira divisão, a separação das cromátides-irmãs formando duas células ainda diplóides que não poderiam se dividir novamente sem uma nova duplicação do DNA.

Ainda neste raciocínio foi observada a persistência de alguns grupos em ignorar a obrigatoriedade do genoma completo das células filhas formadas.

- c) As linhas de raciocínio representadas na figura 31 surgiram como opção dos grupos para corrigir os raciocínios descritos nos itens precedentes.

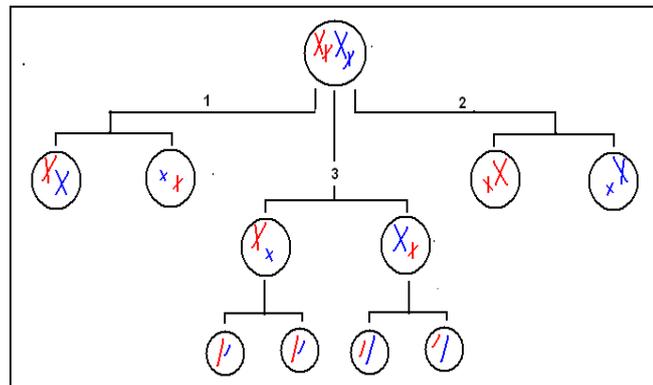


Figura 31 - Raciocínio esboçado pelos alunos ao considerar a necessidade da separação dos cromossomos homólogos na primeira divisão da meiose.

As partes 1, 2 e 3 deste esquema revelam as formas utilizadas pelos alunos para promover a separação dos cromossomos homólogos. A parte 1 mostra a separação errada que resultou na ausência de um genoma completo em cada uma das células formadas. As partes 2 e 3 revelam a separação correta dos homólogos, no entanto, na parte 2 podemos observar a separação dos genomas paterno e materno que, embora não esteja errada, é intuitivamente entendida como necessária por alguns alunos.

Cada uma das hipóteses lançadas pelos grupos era registrada pelos os alunos em uma folha e apresentadas para a avaliação do professor.

As figuras 32A, 32B, 32C e 32D ilustram o trabalho de um grupo auxiliado pela professora. A figura 32A representa o conteúdo de cromossomos de uma célula $2n=4$ em divisão. As figura 32B ilustra a modelagem da anáfase 1, evento que caracteriza a separação dos cromossomos homólogos e a determinação de duas células haplóides ($n=2$). A figura 32C corresponde à anáfase 2 da meiose. Nota-se pela composição dos quatro núcleos formados que a separação das cromátides-irmãs não se deu de forma correta. A figura 32D mostra o

aluno redistribuindo as cromátides-irmãs entre as células-filhas atento, agora, à necessidade da presença de um genoma completo em cada célula.

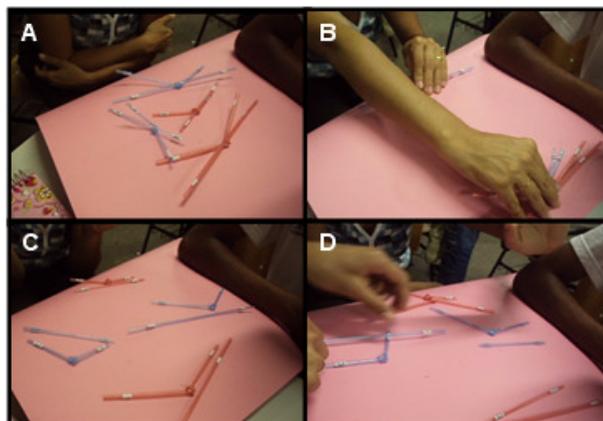


Figura 32A e 32B – Modelagem da anáfase I, 32C – Modelagem da anáfase II, 32D – Corrigindo a distribuição das cromátides-irmãs.

A esta aula estavam presentes dezesseis alunos. Em um total de noventa e oito falas transcritas, quarenta e seis corresponderam à fala dos alunos das quais vinte e cinco evidenciaram participações individuais e vinte e um do grupo.

4.5. Análise Qualitativa

As análises dos dados obtidos pela videogravação das aulas e pelas observações feitas pela pesquisadora permitiram evidenciar que o uso do modelo de cromossomo elaborado e as atividades de modelagem desenvolvidas promoveram, nas aulas ministradas, um grande envolvimento dos alunos com o conteúdo, estimulando diálogos e debates que, em função das atividades desenvolvidas, se estabeleceram entre os alunos e a professora ou entre o grupo de alunos.

Com o objetivo de caracterizar a interação estabelecida nestes diálogos, foi feita uma análise da abordagem comunicativa evidenciada nas falas da professora regente. Para tanto,

foi utilizada a classificação apresentada por Mortimer e Scott (2002). Nela a abordagem comunicativa³ é classificada como:

- a) Interativa/Dialógica: professor e estudantes exploram idéias, formulam perguntas autênticas e oferecem, consideram e trabalham diferentes pontos de vista;
- b) Não Interativa/dialógica: o professor considera, na sua fala, vários pontos de vista destacando similaridades e diferenças;
- c) Interativa/Autoridade: professor geralmente conduz os estudantes por meio de uma sequência de perguntas e respostas com o objetivo de chegar a um ponto de vista específico;
- d) Não Interativa/Autoridade: professor apresenta um ponto de vista específico.

Nesta análise, foram considerados nove dos dez episódios descritos nos subitens do item 4.4. desta dissertação. O episódio dez (Modelando a meiose) não foi considerado para análise, pois, por opção, foram filmados trechos do trabalho de cada grupo ao invés do trabalho completo de apenas um deles. O resultado deste registro não ofereceu turnos de falas com continuidade suficiente para análise.

Aula	Episódio	Abordagem comunicativa
Definindo genoma, cromossomos homólogos, células halóides e células diplóides	1. Iniciando a Atividade – apresentando o modelo do cromossomo	Não interativa de Autoridade (falas: 10 e 11)
	2. Discutindo a origem dos cromossomos – os cromossomos homólogos	Interativa/Dialógica (falas: 45 a 112 e 119 a 132) Interativa/ Autoridade (falas 113 a 118)
	3. Trabalhando com genes alelos – homozigoto ou heterozigoto?	Interativa/Autoridade (falas: 175 a 184) Interativa/Dialógica (falas: 240 a 248)
	4. A posição dos genes – questionando a modelagem	Interativa/Dialógica (falas: 257 a 271)

³ No trabalho de Mortimer e Scott a abordagem comunicativa corresponde a um dos 5 aspectos por eles considerados na construção de uma ferramenta analítica que propõe analisar as maneiras através das quais professores interagem com alunos para promover a construção de significados no plano social da sala de aula. Nesta construção, a abordagem comunicativa fornece a perspectiva sobre como o professor trabalha as intenções e o conteúdo do ensino por meio das diferentes intervenções pedagógicas que resultam em diferentes padrões de interação.

A Duplicação do DNA: cromossomos simples X cromossomos duplicados	5. Discutindo a duplicação do DNA - revisando conceitos	Interativa/Autoridade (falas:145 a 193)
	6. Duplicando os cromossomos	Interativa/Autoridade (falas: 250 a 262) Interativa/Dialógica (falas: 270 a 282)
	7. Sistematizando os conceitos	Interativa/Autoridade (falas: 326 a 346)
A Divisão Celular: Mitose	8. Revisando conceitos	Interativa/Autoridade (falas: 1 a 29)
	9. Modelando a mitose	Interativa/Dialógica (falas: 86 a 122)

Tabela 5- A abordagem comunicativa de nove episódios destacados para análise

A análise dos episódios considerados revelou, como mostra a tabela 5, a presença de três tipos de abordagem comunicativa, com um predomínio das abordagens interativas dialógica e de autoridade. Embora o discurso interativo já estivesse presente na abordagem comunicativa da professora regente, fato que se pôde constatar nas observações das aulas que antecederam a aplicação da sequência didática, este esboçava, predominantemente, um caráter de autoridade.

Segundo Mortimer e Scott (2002) uma distinção importante entre as abordagens dialógica e de autoridade, é que na primeira, o professor considera o que o estudante tem a dizer do ponto de vista do próprio estudante; mais de uma ‘voz’ é considerada e há uma inter-animação de idéias. Na segunda, o professor considera o que o estudante tem a dizer apenas do ponto de vista do discurso científico escolar que está sendo construído. Neste caso, apenas uma ‘voz’ é ouvida e não há inter-animação de idéias.

Sob a perspectiva do uso dos modelos e da modelagem no Ensino de Ciências, a análise dos episódios listados na tabela 5 revela que a abordagem dialógica mediada pelo uso dos modelos possibilitou maior compreensão e aquisição de conceitos científicos por parte dos alunos. Conclusões acerca da correspondência do conjunto de cromossomos presentes nos gametas femininos e masculinos e da igualdade da posição dos alelos em cromossomos homólogos de diferentes indivíduos da mesma espécie, evidenciadas nos diálogos do episódio dois (ver item 4.4.1, falas: 70 a 74 e 119 a 132), podem ser citadas como exemplos de tal fato.

A melhora das notas no pós-teste, que será mostrada em detalhes na análise dos questionários, corrobora tal ideia.

Os efeitos do uso de modelos como metodologia puderam também ser observados nos trabalhos em grupo que envolveram as modelagens da mitose e da meiose. A possibilidade de modelar as diferentes fases que caracterizam esses tipos de divisão, dando movimento aos modelos construídos com os canudos, tirou os alunos da posição de meros observadores, característica da aprendizagem mediada pelos tradicionais desenhos, despertando o interesse e a participação dos mesmos.

Na modelagem das fases da mitose os alunos se interessaram por questões que envolveram a posição dos cromossomos ao longo das fibras do fuso mitótico discutindo a aleatoriedade da distribuição dos homólogos (ver item 4.4.4 episódio 9, falas: 86 a 95) e a separação das cromátides-irmãs (ver item 4.4.4 episódio 9, falas: 97 a 107).

A mesma postura investigativa e questionadora também pôde ser observada na atividade de modelagem realizada para o ensino da meiose (ver item 4.4.5). Nela cada grupo foi orientado a proceder à divisão da célula de maneira que as células-filhas fossem haplóides. Não lhes foi informado, no entanto, que para tanto seriam necessárias duas divisões nem que como resultado final seriam formadas quatro células.

A modelagem da meiose, da forma como foi sugerida, envolveu os alunos no levantamento e teste de hipóteses e na socialização dos resultados, corroborando com a literatura da área que preconiza entre as vantagens do uso da modelagem no ensino de ciências, a possibilidade de aproximar a forma de pensar dos alunos daquela utilizada na construção do conhecimento científico.

Em diferentes situações, como no caso da discussão que envolveu a origem dos cromossomos, o uso dos modelos não só facilitou a introdução contextualizada de novos conceitos, como também permitiu à professora identificar a que conhecimento prévio alguns

deles estavam sendo assimilados. No caso destacado, os gametas foram inseridos na discussão em função da maneira como os cromossomos de origem materna e paterna estavam sendo representados (ver item 4.4.1, episódio 2, falas: 45 a 52)

Considerando a dinâmica que envolve a exposição dos conteúdos durante uma aula, pode observar, também, que o uso dos modelos, em vários momentos (ver item 4.4.2, episódio 5, falas: 165 a 171 e 179 a 193; ver item 4.4.2, episódio 7, falas: 326 a 347; ver item 4.4.4., episódio 8, falas: 1 a 16; 23 a 25 e 27 a 29), facilitou a retomada de conceitos e proposições trabalhados na sequência aumentando a coesão entre os assuntos tratados nas aulas ministradas. Sob a perspectiva de análise da teoria da aprendizagem significativa, tal facilidade evidencia que o uso planejado dessa ferramenta pelo professor propicia condições para a ocorrência das mais variadas conexões possíveis entre as novas idéias que estão sendo apresentadas, e entre elas e as ideias que o indivíduo já domina, de forma a alcançar a reconciliação integrativa dos conteúdos trabalhados.

Para concluir esta análise, faz-se necessário considerar que os eventos que foram relatados como resultados dessa pesquisa devem ser entendidos apenas como possibilidades, uma vez que o desempenho dos alunos e do professor quando do uso de qualquer metodologia de ensino pode variar em função das características de cada grupo de alunos e das crenças pessoais do professor em relação à forma como se dá o processo de ensino aprendizagem.

No caso dessa pesquisa deve-se considerar que o bom relacionamento da professora com os seus alunos e o seu envolvimento com o trabalho desenvolvido foram importantes para os resultados obtidos.

4.6 Análise dos Questionários

4.6.1 Análise do Questionário 1: Termos Biológicos

4.6.1.1 Cromossomo x DNA x Gene – a organização e a localização do material genético

Antes da aplicação da sequência didática proposta neste trabalho, apenas 41% do grupo de alunos pesquisado identificou o núcleo como uma estrutura celular. Este número se eleva para 76% após a intervenção como mostra a tabela 6 .

Localização do núcleo		
Respostas dos alunos	Pré	Pós
Célula	41%	76, %
Branco	41%	6%
Outros	18%	18%

Tabela 6 – Análise comparativa do pré e do pós-teste para a questão que avaliou o conhecimento dos alunos sobre a localização do núcleo celular.

Considerando ainda as questões que abordavam o conhecimento dos alunos sobre o núcleo celular os dados da tabela 7 mostram que cerca de 29% dos alunos citaram o DNA e/ou os cromossomos e/ou os genes como componentes do seu conteúdo. Após a intervenção, a porcentagem de alunos com essa concepção passou a ser de 59%.

Conteúdo do núcleo		
Respostas dos alunos	Pré	Pós
DNA e/ou cromossomos e/ou genes	29%	59%
Branco	53%	30%
Outros	18%	11%

Tabela 7 – Análise comparativa do pré e do pós-teste para a questão que avaliou o conhecimento dos alunos sobre o conteúdo do núcleo celular.

A análise dos pós-testes referentes a estes dados mostrou, no entanto, que dos dez alunos que integram essa amostra de 59%, apenas quatro citaram ou os cromossomos, ou a molécula de DNA ou os genes como integrantes do conteúdo celular enquanto que os demais

ofereceram como respostas mais de uma destas estruturas, colocando em dúvida sua compreensão acerca de como essas três estruturas encontram-se fisicamente relacionadas.

Como a compreensão dessa relação é um dos objetivos da modelagem proposta nesse trabalho, o esclarecimento dessa dúvida tornou-se particularmente importante. Para tanto, foi feito um levantamento das respostas dadas pelos alunos com referência aos itens sobre a composição química dos cromossomos e a localização dos genes antes e após a intervenção didática.

A análise cruzada desses dados, exposta nas figuras 33A e 33B mostra que após a intervenção, 77% contra 53% dos alunos no pré-teste reconheceram a relação estrutural existente entre dois ou mais dos elementos citados, sendo que 42% da amostra, contra 18% do pré-teste atingiram o objetivo maior da aprendizagem e identificaram o DNA, os genes e o cromossomo como integrantes de uma mesma estrutura.

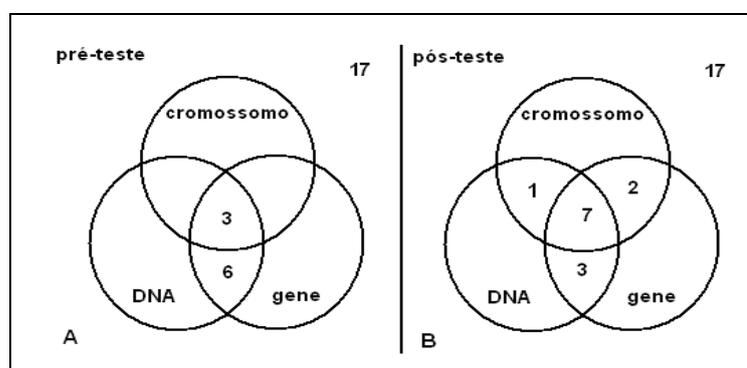


Figura 33A – Análise cruzada dos conhecimentos dos alunos acerca da composição do cromossomo e da localização dos genes e do DNA antes da intervenção usando diagramas de Venn. 33B - Análise cruzada dos conhecimentos dos alunos acerca da composição do cromossomo e da localização dos genes e do DNA após a intervenção usando diagramas de Venn.

A melhora dessa compreensão pôde também ser evidenciada na segunda parte desse questionário com cinco alunos acertando parcialmente e quatro estabelecendo de forma totalmente correta a relação de tamanho entre as seguintes estruturas: organismo, célula, núcleo, cromossomo, DNA e gene. No pré-teste tais relações foram estabelecidas de forma correta por apenas um aluno.

4.6.1.2 Cromossomo x DNA x Gene: a importância e o significado do material genético

Neste questionário, foram feitas perguntas acerca da importância do material genético de forma separada para cada um dos seus constituintes: o cromossomo, o DNA e os genes. No entanto, como componentes de uma estrutura única, tais elementos compartilham de maneira mais ou menos abrangente a mesma função e, como portadores das informações genéticas, adquirem importância semelhante no desenvolvimento dos organismos.

Das três estruturas consideradas, os genes são aqueles que estão relacionados de forma mais direta à determinação das características, uma vez que a manifestação das mesmas depende, entre outros fatores, da produção da proteína que se encontra codificada na sequência de bases que os compõem. A percepção de tal relação por parte dos alunos foi favorecida pela aplicação da sequência didática, como mostram os dados da tabela 8.

Por que os genes são importantes?		
Respostas dos alunos	Pré	Pós
Porque guardam as nossas características	29%	53%
Porque tem relação com o DNA	29%	5%
Branco	42%	42%

Tabela 8 – Análise comparativa do pré e do pós-teste para a questão que avaliou o conhecimento dos alunos sobre a importância dos genes.

A questão sobre a importância do DNA foi a que recebeu a maior diversidade de respostas. A tabela 9 mostra que no pré-teste os alunos apontaram sete razões diferentes para justificar a importância dessa molécula. Tal fato pode ser explicado pela frequência com que o DNA é citado na mídia em temas que envolvem questões sobre hereditariedade, paternidade e identificação de indivíduos e é provavelmente uma evidência da interferência do cotidiano no saber dos estudantes.

Os resultados obtidos após a intervenção indicam uma maior uniformidade nas respostas com 53% dos alunos ligando o DNA à identificação das características. A adoção dessa resposta em detrimento das demais não significa, no entanto, perda de informação por

parte dos estudantes, uma vez que a compreensão da mesma abarca todas as demais funções citadas no pré-teste.

Por que o DNA é importante?		
Respostas dos alunos	Pré	Pós
Para determinar as características.	29%	53%
Porque está relacionada aos genes	6%	6%
Para identificar e transmitir doenças	12%	6%
Para formar o cromossomo	6%	-
Para saber o tipo de sangue das pessoas.	6%	-
Para fazer o teste de paternidade	12%	-
Porque está relacionada ao núcleo	-	6%
Respostas erradas	12%	6%
Branco	17%	23%

Tabela 9 – Análise comparativa do pré e do pós-teste para a questão que avaliou o conhecimento dos alunos sobre a importância da molécula de DNA.

Por fim, sobre a importância do cromossomo (Tabela 10), mesmo não fazendo referência direta às características genéticas nele presente, no pós-teste, 59% dos alunos atribuíram a esta estrutura a importância de guardar os genes e o DNA.

Por que o cromossomo é importante?		
Respostas dos alunos	Pré	Pós
Para guardar o gene e/ou o DNA	6%	59%
Para guardar as características	6%	-
Respostas desconsideradas	6%	18%
Branco	82%	23%

Tabela 10 – Análise comparativa do pré e do pós-teste para a questão que avaliou o conhecimento dos alunos sobre a importância dos cromossomos.

Quanto ao significado da informação genética (Tabela 11) a maior parte dos alunos a relacionou às características dos indivíduos e a sua passagem entre as gerações, sendo este último mais encontrado nos pós-testes.

O que você entende por informação genética?		
Respostas dos alunos	Pré	Pós
São as características que recebemos dos pais	23%	29%
São as características dos indivíduos	6%	24%
São as características encontradas no DNA e/ou nos genes	12%	-
Respostas desconsideradas	12%	-
Branco	47%	47%

Tabela 11: Análise comparativa do pré e do pós-teste para a questão que avaliou o conhecimento dos alunos sobre o significado da informação genética.

4.6.2 Análise do Questionário 2: Reprodução e Herança

4.6.2.1 Gametas e Fecundação

A primeira parte deste questionário sobre reprodução correspondia a uma única pergunta formulada em dois itens interdependentes, que tinham como objetivo avaliar as ideias dos alunos acerca dos gametas e da fecundação, antes e depois da intervenção. No primeiro item, os alunos deveriam determinar a quantidade de cromossomos de um espermatozóide considerando, para tanto, o conteúdo de cromossomos de um óvulo cujo desenho constava na questão.

Os dados da tabela 12 mostram que, após a intervenção, 47% dos alunos contra os 24% iniciais responderam de forma correta a questão, evidenciando o entendimento de que na fecundação os gametas masculino e feminino contribuem com a mesma quantidade de cromossomos.

Respostas dos alunos	Pré	Pós
Certas e corretamente justificadas	12%	29%
Certas sem justificativas	12%	12%
Certas com justificativas incorretas.		6%
Erradas	35%	24%
Branco	41%	29%

Tabela 12: Análise comparativa do pré e do pós-teste para a questão que avaliou o conhecimento dos alunos sobre a quantidade de cromossomos presentes nos gametas.

O segundo item desta questão solicitava que o aluno determinasse quantos cromossomos a célula fertilizada deveria conter. Sobre essa questão os dados da tabela 13 mostram também que, após a intervenção, houve um aumento no número de respostas e justificativas corretas.

Respostas dos alunos	Pré	Pós
Certas e corretamente justificadas	12%	23%
Certas sem justificativas	6%	6%
Certas com justificativas incorretas		6%
Erradas	41%	12%
Branco	41%	53%

Tabela 13: Análise comparativa do pré e do pós-teste para a questão que avaliou o conhecimento dos alunos sobre a fecundação

É importante notar, no entanto, que apesar da melhora evidenciada pelos resultados apresentados na tabela, mais da metade da turma não obteve sucesso em suas respostas.

4.6.2.2 Reprodução e Herança

A segunda parte deste questionário teve como objetivo conhecer as idéias dos alunos acerca da transferência da informação genética de uma célula para outra dentro de um mesmo indivíduo. Para tanto foram elaboradas quatro questões que, tendo como parâmetros a quantidade de cromossomos e a informação genética presentes no núcleo celular, compararam entre si, diferentes células de um indivíduo hipotético.

Na primeira questão foram comparadas duas células componentes do mesmo tecido, no caso, da mucosa bucal. Na segunda a comparação envolveu células de tecidos diferentes (célula da bochecha e célula nervosa). Na terceira questão foram comparadas uma célula somática e um espermatozóide e, por fim, a última questão fez a comparação entre dois gametas do indivíduo considerado.

4.6.2.2.1 Quanto às Células Somáticas

Na tabela 14 foram relacionadas as respostas dadas às questões que abordaram o conhecimento dos alunos acerca da herança genética presente nas células somáticas. Nela, foram consideradas três linhas de raciocínios obtidas a partir da combinação das respostas dadas às duas questões que promoveram a comparação entre duas células da bochecha e destas com uma célula nervosa. Na tabela consta ainda o número de alunos que não responderam a nenhuma das questões propostas e daqueles que, em função das respostas dadas, não foram classificados em nenhuma das linhas de raciocínio adotadas.

As células somáticas de um mesmo indivíduo possuem...		
Respostas dos alunos	Pré	Pós
o mesmo número de cromossomos e as mesmas informações genéticas.	12%	29%
o mesmo número de cromossomos e informações genéticas diferentes.	41%	18%
número de cromossomos e informações genéticas diferentes.	6%	-
Respostas não classificadas.	12%	6%
Não responderam as questões.	29%	47%

Tabela 14: Análise comparativa do pré e do pós-teste para a questão que avaliou o conhecimento dos alunos sobre o conteúdo das células somáticas de um mesmo indivíduo.

Apesar de não possuírem à época, um conhecimento sistematizado sobre a mitose, a análise dos pré-testes evidenciou que 53% dos alunos consideraram que as células somáticas de um indivíduo possuem o mesmo número de cromossomos. No entanto, apenas 12% desses alunos estenderam esse raciocínio às informações genéticas nelas contidas. Nos pós-testes, esse número subiu para 29%, no entanto, apesar da aplicação da sequência didática ter promovido a sistematização do assunto até então ausente, e um aumento no número de respostas corretas, nenhum aluno, dos poucos que justificaram suas respostas, fizeram referência à mitose para explicar tal correspondência.

4.6.2.2.2 Células Somáticas X Gametas

A próxima tabela (Tabela 15) relaciona as respostas dos alunos dadas a um único item, que comparava o número de cromossomos e a informação genética presentes nas células da bochecha e nos espermatozóides de um indivíduo.

As células somáticas e os gametas de um mesmo indivíduo possuem...		
Respostas dos alunos	Pré	Pós
número de cromossomos e informações genéticas diferentes.	6%	6%
número de cromossomos diferentes e mesmas as informações genéticas.	6%	18%
mesmo número de cromossomos	53%	35%
Não responderam a questão	35%	41%

Tabela 15: Análise comparativa do pré e do pós-teste para a questão que avaliou o conhecimento dos alunos sobre o conteúdo do núcleo das células somáticas e dos gametas de um indivíduo.

O elevado percentual de alunos (53%) que considerou no pré-teste, que o número de cromossomos presentes nos gametas é o mesmo daquele encontrado nas células somáticas sugere que, diferente da mitose, a meiose é um tipo de divisão que não encontra o mesmo suporte no raciocínio leigo dos estudantes.

Os dados da tabela 15 mostram que, antes da aplicação da sequência didática, apenas 12% dos alunos reconheceram que as quantidades de cromossomos contidas nos gametas e nas células somáticas de um mesmo organismo são diferentes e 6% destes estenderam tal diferença à informação genética nelas contidas. Embora os resultados do pós-testes mostrem um aumento no percentual de alunos que reconheceu a diferença numérica existente entre as células consideradas, nenhuma alteração foi observada quanto à informação genética que elas carregam.

4.6.2.2.3 Quanto aos Gametas

A tabela 16 relaciona as respostas dos alunos dadas a um único item, que comparava o número de cromossomos e a informação genética presente em dois espermatozóides de um mesmo indivíduo.

Os gametas produzidos por um mesmo indivíduo possuem..		
Respostas dos alunos	Pré	Pós
o mesmo número de cromossomos e informações genéticas diferentes.	12%	12%
o mesmo número de cromossomos e as mesmas informações genéticas.	35%	29%
número de cromossomos diferentes	6%	6%
Não responderam a questão	47%	53%

Tabela 16 - Análise comparativa do pré e do pós-teste para a questão que avaliou o conhecimento dos alunos sobre o conteúdo dos gametas de um mesmo indivíduo.

Os dados da tabela mostram que, embora a maior parte dos alunos tenha reconhecido tanto no pré quanto no pós-teste que o número de cromossomos é o mesmo entre os gametas produzidos por indivíduos da mesma espécie, poucos citaram a variabilidade genética que os caracteriza, sendo que neste último nenhum ganho parece ter sido acrescentado com a aplicação da metodologia proposta. Neste caso em particular, é importante lembrar, no entanto, que o problema de saúde apresentado pela professora regente mencionado no capítulo referente ao desenho metodológico, impediu que a última aula da sequência didática que tratava da variabilidade genética resultante da meiose fosse trabalhada.

As possíveis justificativas do insucesso registrado nas questões componentes deste questionário podem estar ligadas a alguns fatores que não fazem referência direta à metodologia.

A mais relevante delas, diz respeito às dificuldades que os alunos apresentaram em entender o comando das questões propostas e que puderam ser evidenciadas nas muitas perguntas feitas pelos alunos durante a aplicação do questionário 2, tanto no pré quanto no pós-teste. A resistência dos alunos em fornecer uma justificativa para cada resposta dada, pode também ter colaborado para a dificuldade da tarefa.

4.7. Análise das Entrevistas Semi-Estruturadas

A síndrome de Down é uma anomalia cromossômica que tem como causa⁴ mais frequente a existência de 3 cromossomos 21, um a mais do que o normal, elevando para 47 o número de cromossomos presentes nas células somáticas do indivíduo portador.

Caracterizada por uma combinação específica de características fenotípicas que inclui retardo mental e face típica, a síndrome de Down é uma das anormalidades cromossômicas mais comuns entre os nascidos vivos. Sua frequência na população e a possibilidade de relacioná-la aos diversos conceitos tratados neste trabalho, mais especificamente a conhecimentos relacionados aos mecanismos que envolvem o processo da divisão celular, tornaram esse assunto tema apropriado para averiguar a ocorrência ou não da aprendizagem significativa sobre os processos da divisão celular e herança genética.

Todos os alunos que foram entrevistados disseram saber o que é a síndrome de Down e declararam que o indivíduo portador já nasce com esta anomalia. Contudo, apenas quatro desses alunos apontaram sua causa como sendo algum problema relacionado à “genética” do indivíduo em questão, sendo que apenas um deles mencionou a possibilidade de tal problema ser consequência de um erro na quantidade de cromossomos contida em suas células.

1. A síndrome de Down é uma alteração cromossômica numérica. Indivíduos portadores dessa síndrome apresentam 47 cromossomos em suas células somáticas. Como você acha que isso acontece?		
Resposta Esperada	Um dos gametas envolvidos na fecundação apresentava 24 cromossomos.	
Resposta correta	Raciocínio induzido	
	Responde	Não responde
50%	50%	-

Tabela 17 - Análise das respostas dadas pelos alunos para a primeira pergunta da entrevista

Os dados da tabela 17 mostram que, quando questionados quanto à razão da presença de 47 cromossomos nas células do indivíduo portador, todos os alunos entrevistados, 50% de

⁴ Não foram considerados nesse trabalho casos de moissacismo ou de translocação do cromossomo 21

maneira autônoma e 50% de maneira induzida, responderam corretamente, atribuindo-a ao fato de um dos gametas envolvidos na fecundação possuir 24 em vez de 23 cromossomos.

Discussões em torno dessa questão demonstraram que todos os alunos entrevistados, mesmo aqueles que tiveram de alguma forma o raciocínio induzido pela entrevistadora, sabiam que os gametas possuem a metade do número de cromossomos encontrados nas demais células do corpo e demonstraram compreender o processo da fecundação aplicando tal conhecimento para justificar a causa da síndrome de Down, que no início da entrevista, foi declarada como desconhecida por nove dos dez alunos entrevistados.

Os resultados registrados, além de evidenciarem a ocorrência da aprendizagem significativa dos conceitos relacionados, colocam em questão os resultados obtidos no questionário sobre reprodução (ver tabelas 13 e 15) reforçando a hipótese levantada de que os maus resultados obtidos naqueles questionários podem ter se dado em função da dificuldade dos alunos na interpretação das questões.

2. Por que o gameta em questão possui um número de cromossomos diferente de 23?		
Resposta Esperada	Porque na divisão um dos gametas recebeu um cromossomo a mais.	
Resposta correta	Raciocínio induzido	
	Responde	Não responde
50%	30%	20%

Tabela 18 - Análise das respostas dadas pelos alunos para a segunda pergunta da entrevista

Continuando a entrevista, a tabela 18 revelou que 80% dos alunos entrevistados, 50% de maneira autônoma e 30% de maneira induzida, creditaram a um erro na divisão celular o fato de um dos gametas possuir um cromossomo a mais do que a coleção normal da espécie, sendo que 70% desses alunos relacionaram a meiose como o tipo de divisão envolvida.

Adicionalmente dois dos alunos entrevistados fizeram referência à anáfase para explicar o seu raciocínio.

3. Para comprovarmos a presença da síndrome de Down em um recém-nascido podemos usar qualquer célula do corpo? Por que?			
Resposta Esperada	Sim, pois todas as células somáticas tem a sua origem em mitoses sucessivas da célula ovo .		
Resposta correta	Justificativa correta		Justificativa errada
	Não induzida	Induzida	
100%	30%	40%	30%

Tabela 19: Análise das respostas dadas pelos alunos para a terceira pergunta da entrevista

A tabela 19 mostra que todos os alunos entrevistados pensavam que qualquer célula do corpo pode ser usada para o exame dos cromossomos e 70% deles citaram a mitose para justificar tal possibilidade, sendo que 30% dos alunos desse grupo fizeram tal relação de maneira espontânea.

4. Os indivíduos abaixo possuem alterações cromossômicas numéricas. O primeiro possui Síndrome de Down e o segundo possui Síndrome de Patau. Como você explica a presença de doenças diferentes sabendo que os dois possuem 47 cromossomos nas suas células?		
Resposta Esperada	O cromossomo que eles receberam a mais é diferente em para cada um deles	
Resposta correta	Raciocínio induzido	
	Responde	Não responde
		100%

Tabela 20 - Análise das respostas dadas pelos alunos para a quarta pergunta da entrevista

Para concluir a entrevista, a pesquisadora apresentou aos alunos a figura de duas meninas portadoras de trissomias cromossômicas diferentes. A primeira figura mostrava uma portadora da síndrome de Down e a segunda, da síndrome de Patau.

Com objetivo de verificar a aplicação do conceito de genoma, a professora pediu aos alunos que explicassem por que as crianças apresentadas na questão eram portadoras de síndromes diferentes se ambas possuíam, a princípio, o mesmo problema, ou seja, quarenta e sete cromossomos em suas células. Nenhum dos entrevistados conseguiu explicar o porquê, mesmo após a professora informar a eles que as doenças em questão eram também chamadas, respectivamente, de trissomia do cromossomo 21 e trissomia do cromossomo 13.

A dificuldade em compreender o conceito de genoma⁵, melhor dizendo, a persistência dessa dificuldade registrada após a aplicação da sequência elaborada, pode estar ligada, entre outros fatores, ao tipo de modelagem escolhida para representar os cromossomos homólogos nesse trabalho.

É importante considerar que, enquanto representação, um modelo não consegue abarcar todos os aspectos associados a uma realidade complexa (FERREIRA et.al., 2008), de maneira que alguns resultados obtidos com a aplicação dessa modelagem poderiam variar em função de algumas opções feitas na representação utilizada.

Considerando, pois, uma possível melhora neste resultado, em particular, poderíamos usar, para modelar os cromossomos, canudos coloridos em vez de canudos azuis e vermelhos. Essa forma de representação teria como vantagem deixar visualmente mais evidente a diferença entre os cromossomos contidos em uma célula haplóide, facilitando a compreensão de que cada um deles carrega informações diferentes. Esta modelagem não evidencia, no entanto, as origens paterna e materna de cada um dos componentes de um par de cromossomos homólogos, e é diferente do modelo adotado pela maioria dos livros didáticos utilizados pelos estudantes como instrumento de apoio para a aprendizagem dos conteúdos pertinentes, de maneira que, as conseqüências desta escolha, só poderiam ser verificadas e avaliadas em uma nova aplicação da metodologia.

⁵ Neste trabalho adotamos o conceito que considera o genoma como sendo a quantidade de cromossomos presentes em uma célula haplóide que reúnem todos os genes que caracterizam uma determinada espécie.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação com as dificuldades no ensino e na aprendizagem da divisão celular encontra-se refletida na literatura da área, com maior frequência, em trabalhos sobre o ensino e a aprendizagem dos conteúdos da genética. Considerando o caráter abstrato de muitos conceitos envolvidos na compreensão desses conteúdos como o motivo de tais dificuldades, muitos desses trabalhos sugerem a aplicação de metodologias e práticas didáticas especialmente pensadas para o seu ensino.

Nesta perspectiva, com a intenção de somar contribuições nessa área, este trabalho teve como objetivo investigar o potencial dos modelos e da modelagem como metodologia para o ensino dos processos da divisão celular. Tal investigação se deu através da aplicação de uma sequência didática fundamentada na teoria da aprendizagem significativa e teve como objeto de modelagem os cromossomos.

No contexto do ensino de ciências, o processo de elaboração de um modelo tem como objetivo final facilitar a compreensão dos conceitos e conteúdos da ciência, mas a materialização dessa intenção na forma de um modelo pedagógico pode variar de acordo com as decisões tomadas na sua construção. Nesse sentido, a adoção de um modelo concreto em detrimento do modelo visual contido nos livros didáticos para representar a estrutura de um cromossomo, possibilitou a elaboração de atividades que priorizaram uma postura mais questionadora e investigativa dos alunos.

Decisões tais como onde colocar os genes, em que altura do canudo marcar o centrômero ou como representar os cromossomos homólogos, impostas na construção do modelo, nas diferentes atividades de modelagem sugeridas na sequência didática aplicada, resultaram em grande participação dos alunos no processo da aprendizagem, corroborando,

desta forma, com a crença de Justi (2006) de que o envolvimento dos alunos em atividades de construção de modelos contribui para que estes aprendam de maneira mais participativa.

Ainda segundo esta mesma autora, a construção de modelos é uma atividade com muito potencial para levar os alunos a “fazer ciência”, “pensar sobre ciências” e a desenvolver um pensamento científico crítico. A possibilidade de tal pressuposto pôde ser vivenciada na atividade relacionada à meiose, onde os alunos lançaram e testaram diferentes hipóteses para explicar como uma célula diplóide pode se dividir originando células com apenas um genoma.

A socialização dos resultados promovida pela professora ao final de cada modelagem, seja por meio da exposição do modelo de cromossomos produzidos pelos alunos ou pela sistematização de conceitos com objetivo de registro, proporcionou discussões não só sobre o conhecimento que estava sendo transmitido, mas também, sobre a forma de representação que haviam desenvolvido na modelagem do mesmo. Esta etapa, segundo Maia e Justi (2005), é muito importante para que sejam levantadas as limitações do modelo, bem como a extensão de seu emprego.

No caso dessa pesquisa, tal fato pôde ser percebido na discussão promovida pela professora a partir do questionamento de um aluno sobre a posição de um determinado gene na modelagem que estavam realizando. Aproveitando a pergunta feita, a professora explicou a necessidade de que todos os colegas, na sua modelagem, tivessem localizado um determinado gene no mesmo local, uma vez que o cromossomo que estavam modelando pertencia a indivíduos da mesma espécie. Durante a discussão a professora acabou colocando em questão, sem aparentemente ter planejado fazê-lo, a modelagem que havia sugerido naquela atividade, e, considerando as ponderações que acabara de fazer, discutiu com seus alunos uma forma mais apropriada de representação.

Resgatando o pressuposto de Justi (2006) exposto anteriormente sobre o potencial dos modelos em levar os alunos a “fazer ciência”, a socialização dos resultados adquire uma importância especial no processo, uma vez que na Ciência, essa última etapa é fundamental, pois

corresponde à comunicação do modelo à comunidade científica que, além do importante papel de contribuir com novos conhecimentos para a elaboração do modelo, poderá aceitá-lo ou rejeitá-lo (MAIA e JUSTI, 2005).

Segundo Justina e Ferla (2006), a análise de um modelo pedagógico está centrada nos limites e nas possibilidades para a sua aplicação na prática escolar. No caso do modelo proposto nesse trabalho, como aspectos positivos, pode-se salientar o baixo custo e o fácil manuseio do material pelos alunos e pelos professores, além das muitas possibilidades de representação que ele oferece. No entanto, é importante que o professor tome sempre o cuidado de deixar claro que os modelos devem ser utilizados como recursos aproximativos e não como realidades, evitando dessa forma que o conhecimento científico escolar reflita uma imagem distorcida da ciência (PIETROCOLA 2001).

É importante também lembrar, que um modelo não consegue abarcar todos os aspectos associados a uma realidade complexa (FERREIRA et.al., 2008). Desta forma, os canudos utilizados nessa modelagem não se prestariam, por exemplo, para explicar o arranjo estabelecido entre as proteínas e a molécula de DNA que compõem um cromossomo ou os processos envolvidos na compactação e descompactação dessa estrutura. Mas, considerando os bons resultados de questões específicas do pós-teste, este modelo revelou-se uma boa opção para simular as diferentes fases da divisão celular e esclarecer a relação estrutural que existe entre o cromossomo o DNA e os genes.

Sob o ponto de vista da aprendizagem significativa, considerando em particular as condições para a sua ocorrência, podemos inferir que o uso desta metodologia permitiu um maior engajamento dos alunos em atividades que propiciaram a reflexão crítica sobre o objeto em estudo, aumentando o potencial significativo dos conteúdos tratados diminuindo assim, as chances da ocorrência de aprendizagem mecânica. A evidência mais forte da ocorrência da

aprendizagem significativa pôde ser constatada nas relações estabelecidas pelos alunos entre a divisão celular e as causas da síndrome de Down.

Por fim, como já foi ressaltado na análise qualitativa desse trabalho, os eventos que foram relatados como resultados dessa pesquisa devem ser entendidos apenas como possibilidades, uma vez que o desempenho dos alunos e do professor quando do uso de qualquer metodologia de ensino pode variar em função das características de cada classe. Neste caso, a heterogeneidade do grupo e o número reduzido de participantes (n=17) impedem a generalização dos resultados obtidos.

Nesta pesquisa, no entanto, foi possível observar que, mesmo não dispondo de conhecimentos sobre a teoria de modelos e modelização no ensino de ciências, a professora regente, incorporou essa maneira de ensinar e aprender adotando uma abordagem comunicativa dialógica e uma postura mais mediadora no processo da aprendizagem dos seus alunos. Tal constatação evidencia a importância da presença da modelagem durante os cursos de formação (inicial ou continuada) de professores, capacitando-os a refletir criticamente sobre o processo e a propor atividades de modelagem que possam ser aplicadas em uma maior gama de contextos (MAIA e JUSTI, 2005).

REFERÊNCIAS

- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R.. Guia de apoio didático para os três volumes da obra Conceitos de biologia: objetivos de ensino, mapeamento de conceitos, sugestões de atividades. São Paulo. Moderna, 2001.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H.. *Psicologia educacional*. Tradução de Eva Nick et al. Rio de Janeiro, Interamericana, 1980. Tradução de Educational psychology, New York, Holt, Rinehart and Winston, 1978.
- BANET, E.; AYUSO, G. E.. Teaching genetics at secondary school: a strategy for teaching about de location of inheritance information. *Science Education*, v.84, n.3, p. 313-351, 2000.
- BANET, E.; AYUSO, G. E.. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Ivenstigación Didática*, v. 20, n.1, p.133-157, 2002.
- BARROS, M. C.; KUKLINSKY-SOBRAL, J; LORETO, A.. genética no cotidiano: o uso de boletim informativo para a divulgação e ensino de genética. *Resumos do 54º Congresso Brasileiro de Genética*, 2008, Salvador ,BA, Brasil.
- BELEI, R. A.; GIMENEZ-PASCHOAL, S. R. ; NASCIMENTO, E. N. e MATSUMOTO, P. H. V. R. . O uso de entrevista, observação e videogravação em pesquisa qualitativa. *Cadernos de Educação*, Pelotas, n.30, p.187-199, 2008.
- BOGDAN, R; BIKLEN, S.. Investigação qualitativa em educação; uma introdução à teoria e aos métodos. Porto Editora. Tradução de Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Marinho Baptista, 1994.
- BORGES, A. T.. Um estudo de modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 2, n.3, p.207-226, 1997.
- BOULTER, C. J.; BUCKLEY, B. C.. Constructing a Typology of Models for Science Education. In: John K. Gilbert, Carolyn J. Boulter. *Developing Models in Science Education*, Springer. Cap.3, p.41-57, 2000.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução CNS nº. 196/96. Disponível em: <<http://conselho.saude.gov.br/comissao/conep/resolucao.html>>. Acesso em: 6 de julho de 2009.
- BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M.. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? *Investigações em Ensino de Ciências* – v.10, n.3, p. 387-404, 2005.
- BUGALLO, R. A.. La Didáctica de La Genética: revision bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, v.13, n.3, p.379-385, 1995.
- CABRERA, Waldirléia Baragatti. A Ludicidade para o Ensino Médio na Disciplina de Biologia: Contribuições ao Processo de Aprendizagem em Conformidade com os Pressupostos Teóricos da Aprendizagem Significativa. 2006. 159f. Dissertação (Mestrado em

Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

CARVALHO, A. M. P. . Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: Flávia Maria Teixeira dos Santos; Ileana Maria Greca. (Org.). A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias. 1 ed. Ijuí: Unijuí, v. 1, p. 13-48, 2006.

COELHO, R.T.; BAO, F.; CORRENTE, A.C.R; ROSSI, A.A.B. Genética na escola: dificuldades dos docentes no processo ensino aprendizagem em Sinop – MT. *Resumos do 54º Congresso Brasileiro de Genética*, Salvador ,BA, Brasil, 2008.

CRUZ, C. C.. A Teoria Cognitivista de Ausubel. Faculdade d Engenharia Elétrica e de Computação – Unicamp. Disponível em: http://www.robertexto.com/archivo3/a_teorია_ausubel.htm. Acesso em 16/08/2009.

FERREIRA, L. B. M.; GUIMARAES, Z. F. S.; GUIMARAES, E. M. ; FRANCO, L. S. . O papel dos modelos na formação de licenciandos em Ciências Biológicas: Uma investigação do tipo professor-pesquisador. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, ENPEC, 2007, Florianópolis. Anais do VI ENPEC. Belo Horizonte : Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. v. 1. p. 1-12, 2007.

FREIRE, M. L. F.; GERMANO, M. G. . Mestrados profissionalizantes em ensino de ciências: algumas considerações sobre o processo seletivo. *Scientia Plena*, v. 5, p. 044401, 2009.

GIACÓIA, L. R. D.. Conhecimento Básico de Genética: Concluintes do Ensino Médio e Graduandos de Ciências Biológicas. 2006. 88f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2006.

GIANI, K. A Experimentação no Ensino de Ciências: Possibilidades e Limites na Busca da Aprendizagem Significativa. 2010, 190f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Instituto de Ciências Biológica, Instituto de Física, Instituto de Química e Faculdade UnB Planaltina. Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

GILBERT, J. K. e BOULTER, C. J.. Learning Science Through Models and Modelling. In B. Frazer and K. Tobin (eds), *The International Handbook of Science Education* p.53-66. Dordrecht: Kluwer,1998.

GOLDBACH, T.; GOULART, A. M.; MACHADO, L. F.. Produção científica e saberes escolares na área de ensino de genética: olhares e tendências. In: VII Jornada Latino-americana de estudos sociais das ciências e das tecnologias, 2008, Rio de Janeiro. *Anais das VII Jornadas Latino-Americanas de Estudos Sociais das Ciências e das Tecnologias*, 2008. Disponível em <<http://www.necso.ufrj.br/esocite2008/trabalhos/36294.doc>> acesso em:15 de maio 2009.

GRECA, I. M. e MOREIRA, M. A.. Além da detecção de modelos mentais. Uma proposta integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.7 n.1, p.31-53, 2002.

HARRISON, A. G. e TREAGUST, D. F.. Modelling in Science Lessons: Are There Better Ways to Learn With Models? *School Science and Mathematics* v.98, n.8, 1998.

HICKMAN Jr., C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A.. *Princípios Integrados de Zoologia*, 11ª ed.Ed. Guanabara-Koogan, RJ, 2004.

JUSTI, R.. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.24 n.2, p.173-184, 2006.

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 da APADEC*, Maringá - Paraná, v. 10, n. 2, p. 35-40, 2006.

KNIPPELS, M. C. P. J.; WAARLO, A. J.; BOERSMA K. T.. Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, v.39, n.3, p.108-112, 2005.

LEWIS, J.; WOOD-ROBISON, C.. Genes, Chromosomes, cell division and inheritance-do students see any relationship?. *International Journal of Science Education*, v. 22, n 2, p.177-195, 2000.

MAIA, P. F.; JUSTI, R. S.. Atividades de Construção de Modelos e Ações Envolvidas. *In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Bauru, 2005. Anais do V ENPEC. Bauru : ABRAPEC, 2005.

MARANDINO, M.. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. *Revista Brasileira de Educação*, n.º 26, maio-agosto, p. 95-108, 2004.

MARTINS, R. L. C.. A Utilização de Mapas Conceituais no Estudo de Física no Ensino Médio: Uma Proposta de Implementação. 2006. 187f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Instituto de Ciências Biológica, Instituto de Física, Instituto de Química e Faculdade UnB Planaltina. Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

MOREIRA, M. A. A.. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

_____. *A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação e sala de aula*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

_____. O mestrado (profissional) em ensino. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, n.1, julho, 2004.

MORTIMER, E. & SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sócio-cultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.7, n.3, p. 1-24, 2002.

PAULA; S.R.. Ensino e Aprendizagem dos Processos de Divisão Celular no Ensino Fundamental. 2007. 113f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Genética e Biologia Evolutiva. São Paulo.2007.

PAZ, A. M.; ALVES, Filho J. P.; OLIVEIRA, V. L. B.; ABEGG, I.. Modelos e Modelizações no Ensino: Um Estudo da Cadeia Alimentar. *Revista Ensaio*. vol.8, n.2, dezembro, 2006.

PIETRECOLA, M.. Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. *Investigações em Ensino de Ciências* (online), UFRGS, Porto alegre, RS, v.4, n.3, p.1-22, 1999.

PIETRECOLA, M.. Modelos e Realidade no Conhecimento Científico: Limites da Abordagem Construtivista Processual. Apresentado em sessão plenária In: *VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, 1998. Florianópolis – SC, 1998.

PINHEIRO, E. M.; KAKEHASHI, T.Y.; ANGELO, M.. O uso de filmagem em pesquisas qualitativas. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, v.13, n.5, p.717-722, 2005.

PRINOU L., HALKIS K., Images of Cell Division on the Internet, 2003. In: *Computer Based Learning in Science, Proceedings, Volume I: New Technologies and Their Applications in Education*, C.P. Constantinou, Z.C. Zacharia (ed.), Nicosia, Cyprus, pp. 1103-1113, 2003.

SILVA, V. C. L.. A Utilização de Protótipos de Mini-Foguetes como Estratégia de Promoção da Aprendizagem Significativa das Leis de Newton do Movimento, em Nível Médio. 2009. 116f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Instituto de Ciências Biológica, Instituto de Física, Instituto de Química e Faculdade UnB Planaltina. Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

VIDOTTO, A; BERNARDO, A. A.; TROVÓ, A.B.; TARGA, A, C.; POLACHINI, G, M.; GALEGO, L.G.C.; RUIZ, M.T.; SOUZA, P.C.; IANELLA, P.; VILLAGRA, U.M.M.; ARNONI, M.E.B. A conversão do saber científico na área de genética em conteúdo de ensino: um exercício de análise. Resumos do 48º Congresso Brasileiro de Genética, 2002, Águas de Lindóia, SP, Brasil, 2002.

WISEMAN, Douglas C. *Research strategies for education*. Albany, NY: Wadsworth, 1999.

WYNNE, C.; STEWART, J.; PASSMORE, C. High school students' use of meiosis when solving genetics problems. *International Journal of Science Education*., v.23, n.5, p.501- 515, 2001.

APÊNDICE A - Questionário 1

Termos Biológicos

Parte I: Esta parte do questionário tem como objetivo conhecer suas idéias sobre os seguintes termos biológicos: DNA, núcleo, cromossomos e informação genética.

Assinale a alternativa que você considera mais adequada.

Genes

Eu nunca ouvi falar de genes ()

Eu já ouvi falar de genes mas, não sei o que é ()

Eu já ouvi falar de genes e sei alguma coisa sobre ele ()

Responda

a. Onde, no seu corpo, os genes são encontrados?

b. Do que o gene é feito?

c. Por que os genes são importantes?

DNA

Eu nunca ouvi falar de DNA ()

Eu já ouvi falar de DNA, mas não sei o que é ()

Responda

a. Onde, no seu corpo, o DNA é encontrado?

c. Por que o DNA é importante?

Núcleo

Eu nunca ouvi falar do núcleo ()

Eu já ouvi falar do núcleo, mas não sei o que é ()

Eu já ouvi falar do núcleo e sei alguma coisa sobre ele ()

Responda

a. Onde o núcleo é encontrado?

b. O que o núcleo contém?

c. Qual é a função do núcleo?

Cromossomos

Eu nunca ouvi falar de cromossomos ()

Eu já ouvi falar de cromossomos, mas não sei o que realmente são ()

Eu já ouvi falar de cromossomos e sei alguma coisa sobre eles ()

Responda

a. Onde os cromossomos são encontrados?

b. Do que são feito os cromossomos?

c. Por que os cromossomos são importantes?

Informação Genética

Eu nunca ouvi falar de informação genética ()

Eu já ouvi falar de informação genética, mas, não sei o que é()

Eu já ouvi falar de informação genética e sei alguma coisa sobre ela ()

Responda

a. O que você entende por informação genética?

Parte II: Esta parte do questionário tem como objetivo conhecer suas idéias a cerca da relação estrutural existente entre célula, cromossomo, gene, DNA, organismo e núcleo.

Os termos biológicos: **célula, cromossomo, gene, DNA, organismo e núcleo** dizem respeito a estruturas que fazem parte dos seres vivos.

Organize esses conceitos em ordem de tamanho dentro dos quadrados abaixo, começando pelo maior.

Maior

Menor

APÊNDICE B – Questionário 2

A Reprodução

Parte I- Este questionário tem como objetivo conhecer suas idéias sobre os processos pelos quais a informação genética é transferida para um novo indivíduo.

Em animais, quando o espermatozóide fecunda o óvulo, uma nova célula é formada. Esse processo é conhecido como reprodução sexuada e a nova célula dará origem a um novo animal.

Diagrama de um óvulo contendo 4 cromossomos.



Considerando o diagrama acima, faça o que se pede:

a. Escolha a alternativa que mostre quantos cromossomos deverão ser encontrados num espermatozóide. Explique.

- () oito
 () seis
 () quatro
 () dois
 () não sei

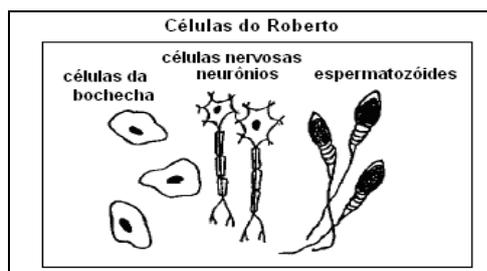
Justificativa:

b. Escolha a alternativa que mostre quantos cromossomos deverão ser encontrados na nova célula fertilizada. Explique.

- () oito
 () seis
 () quatro
 () dois
 () não sei

Justificativa:

Parte II – Esta parte do questionário tem como objetivo conhecer suas idéias a cerca da transferência de informação genética de uma célula para outra dentro do mesmo indivíduo. Este questionário diz respeito aos diferentes tipos de células de Roberto.



Sobre as diferentes células de Roberto representadas no desenho acima, *responda as seguintes questões e explique as suas respostas.*

a. Em duas células da bochecha de Roberto devemos encontrar:

- O mesmo número de cromossomos e as mesmas informações genéticas.
- O mesmo número de cromossomos e informações genéticas diferentes.
- Número de cromossomos diferentes e as mesmas informações genéticas.
- Número de cromossomos diferentes e informações genéticas diferentes.
- não sei

Justificativa:

b. Em duas células de Roberto: uma da bochecha e outra nervosa devemos encontrar:

- O mesmo número de cromossomos e as mesmas informações genéticas.
- O mesmo número de cromossomos e informações genéticas diferentes.
- Número de cromossomos diferentes e as mesmas informações genéticas.
- Número de cromossomos diferentes e informações genéticas diferentes.
- não sei

Justificativa:

c. Em duas células de Roberto: uma da bochecha e um espermatozóide devemos encontrar:

- O mesmo número de cromossomos e as mesmas informações genéticas.
- O mesmo número de cromossomos e informações genéticas diferentes.
- Número de cromossomos diferentes e as mesmas informações genéticas.
- Número de cromossomos diferentes e informações genéticas diferentes.
- não sei

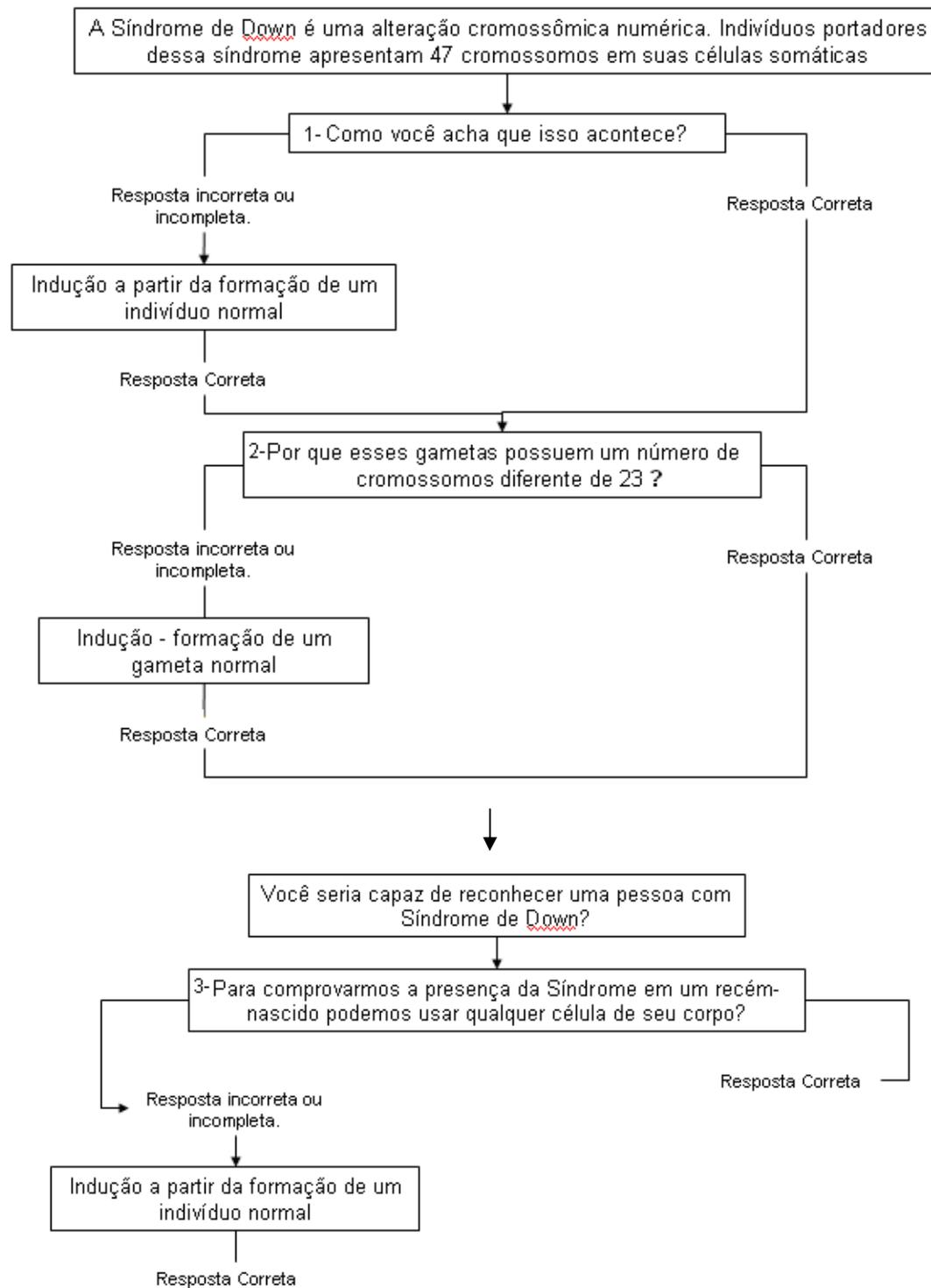
Justificativa:

d. Em dois espermatozóides de Roberto, devemos encontrar:

- O mesmo número de cromossomos e as mesmas informações genéticas.
- O mesmo número de cromossomos e informações genéticas diferentes.
- Número de cromossomos diferentes e as mesmas informações genéticas.
- Número de cromossomos diferentes e informações genéticas diferentes.
- não sei

Justificativa:

APÊNDICE C – Roteiro da Entrevista Semi-Estruturada



4. Os indivíduos abaixo possuem alterações cromossômicas numéricas. O primeiro possui Síndrome de Down e o segundo possui Síndrome de Patau. Como você explica a presença de doenças diferentes sabendo que os dois possuem 47 cromossomos nas suas células?



APÊNDICE D – Respostas e Pontuação do Questionário 1

Questionário 1 – Termos Biológicos	
Parte I	
Onde no seu corpo os genes são encontrados?	
Respostas	Pontuação
Item em branco ou errado	00
Células	01
Núcleo	02
Cromossomo	03
DNA	04
Do que o gene é feito?	
Respostas	Pontuação
Item em branco ou errado	00
Cromossomo	01
Informação	02
Molécula	03
DNA	04
Por que os genes são importantes?	
Respostas	Pontuação
Item em branco ou errado	00
Formar o DNA / identificar o DNA	01
Descobrir a paternidade	02
Guardar informações	03
Determinar as características da espécie	04
Onde no seu corpo o DNA é encontrado?	
Resposta	Pontuação
Item em branco ou errado	00
Gene	01
Célula	02
Núcleo	03
Cromossomo	04
Onde o núcleo é encontrado?	
Respostas	Pontuação
Item em branco ou errado	00
Organismo	01
DNA	02
Citoplasma	03
Célula	04
O que o núcleo contém?	
Respostas	Pontuação
Item em branco ou errado	00
Informação genética	01
DNA, cromossomo e genes	02
DNA	03
Cromossomos	04
Qual é a função do núcleo?	
Respostas	Pontuação
Item em branco ou errado	00
Comandar a célula	02
Guardar e ou proteger o material genético	04
Onde os cromossomos são encontrados?	

Respostas	Pontuação
Item em branco ou errado	00
Corpo	01
Célula	02
DNA	03
Núcleo	04
Do que são feitos os cromossomos?	
Respostas	Pontuação
Item em branco ou errado	00
Moléculas	01
Genes	02
DNA	03
DNA + proteínas	04
Porque os cromossomos são importantes?	
Respostas	Pontuação
Item em branco ou errado	00
Formação do corpo	02
Conter o DNA e os genes	03
Guardar as características	03
Transferência e proteção do material genético	04
Como você descreveria os alelos	
Respostas	Pontuação
Item em branco ou errado	00
Genes presentes nos cromossomos	01
Genes presentes em cromossomos homólogos	02
Genes que ocupam o mesmo local em cromossomos homólogos	02
Variações de um mesmo gene	04
O que você entende por informação genética?	
Resposta	Pontuação
Item em branco ou errado	00
Informações do DNA	01
São os genes	02
São as nossas características	03
São as características da espécie	04
Questionário 1 – Termos Biológicos Parte II	
<p>Os termos biológicos: célula, cromossomo, gene, DNA, organismo e núcleo dizem respeito a estruturas que fazem parte dos seres vivos.</p> <p>Organize esses conceitos em ordem de tamanho dentro dos quadrados abaixo, começando pelo maior.</p>	
Resposta	Pontuação
Organismo- célula- núcleo- cromossomo -DNA- gene	06

APÊNDICE E – Respostas do Questionário 2

Questionário 2 – Reprodução	
Parte I	
a. Escolha a alternativa que mostre quantos cromossomos deverão ser encontrados num espermatozóide. Explique.	
Resposta	Justificativa
Item 3 – quatro cromossomos	Os óvulos e os espermatozoides de indivíduos da mesma espécie possuem a mesma quantidade de cromossomos.
b. Escolha a alternativa que mostre quantos cromossomos deverão ser encontrados na nova célula fertilizada. Explique.	
Resposta	Justificativa
Item 1 – oito cromossomos	O núcleo da nova célula fertilizada resulta da fusão dos núcleos dos gametas envolvidos na sua formação.
Questionário 2 – Reprodução	
Parte II Esta parte do questionário tem como objetivo conhecer suas idéias a cerca da transferência de informação genética de uma célula para outra dentro do mesmo indivíduo. Este questionário diz respeito aos diferentes tipos de células de Roberto.	
a. Em duas células da bochecha de Roberto devemos encontrar:	
Resposta	Justificativa
Item 1 - O mesmo número de cromossomos e as mesmas informações genéticas.	As células em questão pertencem a um mesmo organismo e são originadas por meio de sucessivas mitoses da célula ovo.
b. Em duas células de Roberto: uma da bochecha e outra nervosa devemos encontrar:	
Resposta	Justificativa
Item 1 - O mesmo número de cromossomos e as mesmas informações genéticas.	As células em questão pertencem a um mesmo organismo e são originadas por meio de sucessivas mitoses da célula ovo.
c. Em duas células de Roberto: uma da bochecha e um espermatozóide devemos encontrar:	
Respostas	Justificativa
Item 4 - Número de cromossomos diferentes e informações genéticas diferentes.	Os gametas possuem a metade dos cromossomos que existem nas células somáticas, logo não apresentam, em seu conteúdo genético, todos os alelos presentes nas mesmas.
d. Em dois espermatozoides de Roberto, devemos encontrar:	
Respostas	Justificativa
Item 2 - O mesmo número de cromossomos e informações genéticas diferentes.	Os gametas são formados por meiose tipo de divisão que origina células geneticamente diferentes.

APÊNDICE F – Respostas das Perguntas da Entrevista e os Conceitos Associados

1. A síndrome de Down é uma alteração cromossômica numérica. Indivíduos portadores dessa síndrome apresentam 47 cromossomos em suas células somáticas. Como você acha que isso acontece?	
Resposta esperada	Conhecimento associado
Um dos gametas envolvidos na fecundação apresentava 24 e não 23 cromossomos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Número de cromossomos presentes nas células somáticas. ▪ Número de cromossomos presentes nos gametas. ▪ Mecanismo da fecundação .
2. Por que o gameta em questão possui um número de cromossomos diferente de 23?	
Resposta esperada	Conhecimento associado
Porque houve um erro na hora da divisão e um dos gametas recebeu um cromossomo a mais	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Que uma célula origina-se de outra por divisão ▪ Mecanismo da anáfase ▪ A ocorrência da meiose
3. Para comprovarmos a presença da síndrome em um recém-nascido podemos usar qualquer célula do seu corpo? Por que?	
Resposta esperada	Conhecimento associado
Sim, pois todas possuem a mesma quantidade de cromossomo uma vez que se originam por mitose da mesma célula ovo.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Localização dos cromossomos ▪ A mitose leva à formação de células iguais
4. Os indivíduos mostrados nas figuras possuem alterações cromossômicas numéricas. O primeiro possui Síndrome de Down e o segundo possui Síndrome de Patau. Como você explica a presença de doenças diferentes sabendo que os dois possuem 47 cromossomos nas suas células?	
Resposta esperada	Conhecimento associado
O cromossomo extra presente nas células dos indivíduos portadores é diferente em cada um dos casos relatados.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Genoma

APÊNDICE G – Carta de Aprovação



Conselho de Ética em Pesquisa
Instituto de Ciências Humanas
Universidade de Brasília

Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Humanas
Campus Universitário Darcy Ribeiro

ANÁLISE DE PROJETO DE PESQUISA

Título do Projeto: O uso de modelos no ensino da divisão celular na perspectiva da aprendizagem significativa

Pesquisador Responsável: Cleonice Miguez Dias da Silva Braga

Com base nas Resoluções 196/96, do CNS/MS, que regulamenta a ética da pesquisa em seres humanos, o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Instituto de Ciências Humanas da Universidade de Brasília, após análise dos aspectos éticos, resolveu **APROVAR** o projeto intitulado "O uso de modelos no ensino da divisão celular na perspectiva da aprendizagem significativa", analisado na reunião ordinária de 28 de agosto de 2009.

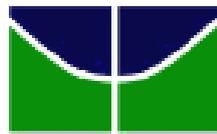
A pesquisadora responsável fica notificada da obrigatoriedade da apresentação de um relatório semestral e relatório final sucinto e objetivo sobre o desenvolvimento do Projeto, no prazo de 1 (um) ano a contar da presente data (Item VII.13 da Resolução 196/96).

Brasília, 28 de agosto de 2009.

Profa. Dra. Debora Dintz
Coordenadora do CEP/ICH

APÊNDICE H – Carta e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Carta e Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

	<p>Universidade de Brasília Institutos de Biologia / Instituto de Física / Instituto de Química Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Mestrado Profissional em Ensino de Ciências</p>
---	--

Prezado (a) Aluno (a):

Venho por meio desta carta convidá-lo (a) a participar como sujeito na pesquisa intitulada: **O Uso de Modelos no Ensino da Divisão Celular na Perspectiva da Aprendizagem Significativa.**

Esta pesquisa tem como objetivo a aplicação e posterior avaliação de uma metodologia desenvolvida para facilitar o ensino e a aprendizagem dos processos da divisão celular (mitose e meiose). Para o seu desenvolvimento serão considerados dois grupos: o grupo experimental, ao qual será aplicada a metodologia, e o grupo de controle, que será ensinado por meio dos métodos habitualmente adotados pela professora de sala. A determinação dos referidos grupos será feita após a análise de um pré-teste que será aplicado a ambas as turmas no primeiro dia da pesquisa.

A sequência didática que será desenvolvida com o grupo experimental é composta por um total de 5 aulas que serão ministradas pela professora regente, sendo respeitados, para tanto, os horários de início e de término das aulas, bem como os períodos de avaliações e de descanso (intervalo) normais dos alunos. Todas as aulas serão observadas e filmadas pela pesquisadora e todo o material coletado será analisado confidencialmente sendo os nomes substituídos por pseudônimos para evitar qualquer tipo de identificação pessoal. Este procedimento será mantido nas publicações advindas da pesquisa.

Considerando a natureza desse estudo, não há qualquer tipo de risco para os integrantes desta pesquisa. Quanto aos benefícios, estes estarão condicionados ao sucesso da aprendizagem que acredita, venha a ser facilitada pelo uso dos modelos. É importante lembrar que a sua participação será voluntária, ou seja, ela não acrescentará pontos em seu processo de avaliação, no entanto, caso não queira participar ou não tenha permissão de seu representante para isso, sua vontade será respeitada e nenhuma penalidade lhe será impetrada. Tal procedimento também será mantido em casos de desistência.

Os resultados dessa pesquisa serão apresentados em uma dissertação como conclusão do curso de Mestrado em Ensino de Ciências e deverão ser publicados e apresentados em eventos científicos. Ao término da pesquisa será realizada uma devolutiva dos resultados para os sujeitos envolvidas na mesma.

No mais, coloco-me a inteira disposição para elucidar e responder a quaisquer perguntas sobre a pesquisa neste momento ou durante o desenvolvimento da mesma.

Assim se aceitar o convite para participar da pesquisa (ou em caso de menor, permitir a participação do mesmo), por favor, preencha a permissão abaixo.

Agradecendo antecipadamente a atenção dispensada.

Cordialmente,

Prof. Cleonice Miguez Dias da Silva Braga

cleonice@miguez@yahoo.com.br

Termo de Consentimento Livre e Informado

Eu, _____ (nome completo legível), concordo em participar como sujeito da pesquisa "O Uso de Modelos no Ensino da Divisão Celular na Perspectiva da Aprendizagem Significativa" que será desenvolvida no segundo semestre do ano de 2009, nas Turmas ¹ - ⁴ do ensino regular e no turno do _____.

No caso de menor de idade:

Eu, _____ (nome completo legível), responsável legal do aluno _____ permito a sua participação como sujeito na pesquisa "O Uso de Modelos no Ensino da Divisão Celular na Perspectiva da Aprendizagem Significativa" que será desenvolvida no segundo semestre do ano de 2009 nas Turmas _____ do ensino regular e no turno do _____.

- **Participação no estudo:** Estou ciente de que a pesquisadora irá coletar dados sob a forma de questionários, entrevistas e gravação em áudio das aulas da unidade. O meu nome não será mencionado em nenhum documento derivado do estudo e será substituído por um pseudônimo. Estou ciente que os resultados desta pesquisa poderão ser publicados em revista científica especializada e usados para apresentações em conferências profissionais e acadêmicas.
- **Não participação no estudo:** Estou ciente de que tenho o direito de fazer qualquer questionamento ou expressar qualquer comentário referente à minha participação neste estudo. Também estou ciente de que eu tenho o direito de desistir de participar do mesmo a qualquer momento e que nenhuma pergunta me será feita e não sofrerei nenhum inconveniente por isto.

Assinatura / Data

APÊNDICE I – Carta de Aceite



Universidade de Brasília – Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação
 Instituto de Ciências Biológicas – Instituto de Física – Instituto de Química
 Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências

Carta de Aceite

Declaramos, para os devidos fins, que concordamos em colaborar com o desenvolvimento das atividades referentes ao Projeto de Pesquisa, intitulado: **O Uso de Modelos no Ensino da Divisão Celular na Perspectiva da Aprendizagem Significativa**, sob a responsabilidade do Professor / Pesquisador **Cleonice Miguez Dias da Silva Braga** do **Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências** da Universidade de Brasília, que será realizado com as turmas da 1ª série período noturno pelo tempo de execução previsto no referido Projeto.

Daniela B. Soares Amold

Nome, por extenso, do Representante Legal da Instituição

Daniela B. Soares Amold
 VICE-DIRETORA - Mat. 205757-3
 G. E. M 304 - Samz. Brasília
 DDDF nº 04 p. 22 de 07/04/2009

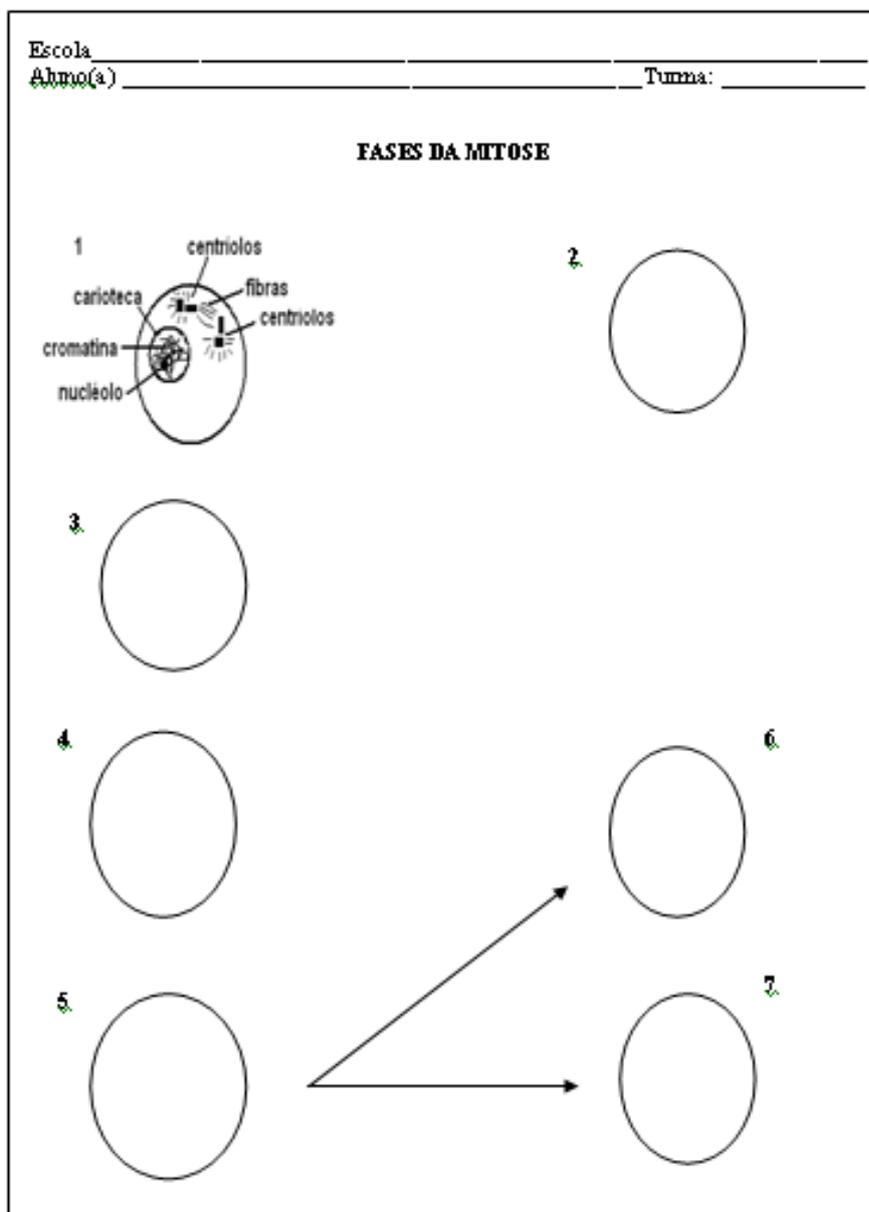
Assinatura

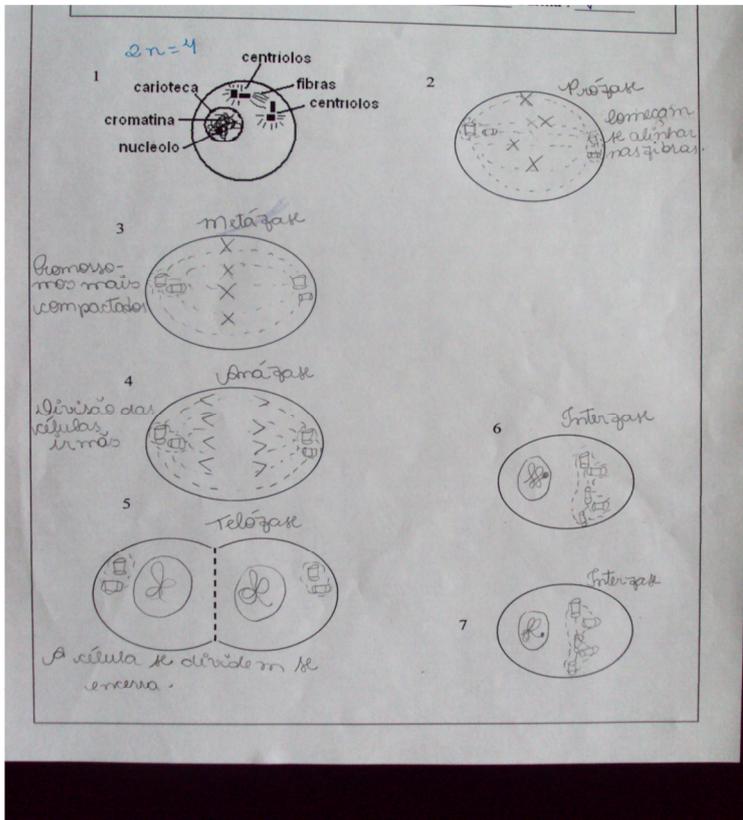
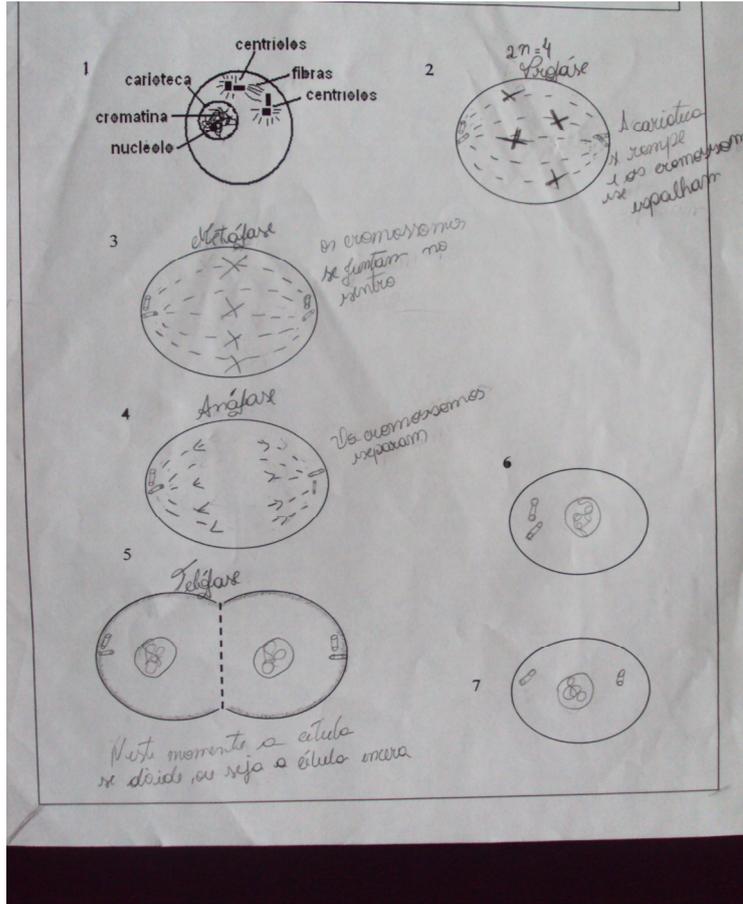
698 394 171-34

CPF

✉ Caixa Postal 4478 – CEP: 70904-970 – Brasília – DF – BRASIL
 ☎ (061) 3107-3820 Fax: (061) 3273-4149
 🌐 www.unb.br/boaec boaec@unb.br

APÊNDICE J – Ficha e Desenhos das Fases da Mitose





APÊNDICE K - Ficha Sobre a Atividade da Meiose

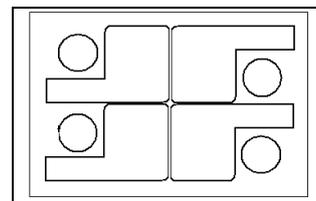
ESCOLA _____

ALUNO (A) : _____ TURMA: _____

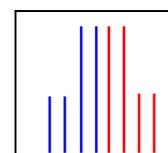
A Divisão Celular: Compreendendo o caráter reducional da meiose

Para realizarmos a atividade de hoje siga, atentamente, os passos determinados nos itens abaixo.

1. Forme um grupo com 4 componentes colocando suas carteiras juntas, uma de frente para a outra (como na figura ao lado), formando uma única superfície sobre a qual a atividade se dará.



2. Além dessa folha, seu grupo receberá 8 canudos, 4 de cor azul e 4 vermelhos.



3. Utilizando os canudos modelem o núcleo de uma célula $2n=4$ que se encontra no início da prófase.

4. Utilizando os canudos, que agora representam cromossomos de uma célula em divisão, simulem sobre a superfície formada pela união das 4 carteiras, a prófase, ou seja, sem a carioteca e com os cromossomos presos às fibras do fuso que serão, neste caso, como na modelagem da mitose, imaginárias.

5. Simulem a divisão desta célula, representada pelas 4 carteiras juntas, de maneira que as células-filhas originadas sejam haplóides, ou seja, possuam apenas um único genoma (um único conjunto de cromossomos). Para tanto observe os eventos biológicos característicos da divisão e que deverão, por isso, serem respeitados:

- a) uma célula, ao se dividir, origina **apenas 2 células-filhas**;
- b) a duplicação do DNA ocorre **uma única vez na intérfase**;
- c) **uma célula só pode se dividir se os seus cromossomos estiverem duplicados**.
- d) as células-filhas formadas ao final do processo **devem ser haplóides e seus cromossomos devem ser simples**.

6. A divisão celular se dá em quatro fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase, no entanto, não será necessário representar todas as fases da divisão, apenas o resultado final, que deverá ser apresentado ao seu professor em forma de esquema.

APÊNDICE L – A Proposição de Ensino



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

Faculdade UnB Planaltina

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

O USO DE MODELOS EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DOS PROCESSOS DA DIVISÃO CELULAR

Cleonice Miguez Dias da Silva Braga

Proposta de ação profissional resultante da Dissertação de Mestrado realizada sob orientação da Prof^ª. Dr^ª. Maria Luiza de Araújo Gastal e co-orientação da Prof^ª Dr^ª Louise Brandes Moura Ferreira e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências - Área de concentração: Ensino de Biologia, pelo Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília, DF
2010

Sumário

1. APRESENTAÇÃO	3
2. INTRODUÇÃO	5
3. EMBASAMENTO TEÓRICO	6
3.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa	6
3.2 Modelos e Modelagem – O Uso de Modelos no Ensino de Ciências	7
3.3 Um Modelo para os Cromossomos.....	9
3.4 Modelando Cromossomos Homólogos	10
4. A SEQUENCIA DIDÁTICA	11
Aula 1 – Definindo genoma, cromossomos homólogos, genes alelos, células haplóides e células diplóides.....	12
Aula 2 – A Duplicação do DNA: cromossomos simples X cromossomos duplicados	17
Aula 3 – A Divisão Celular: Mitose	20
Aula 4 – A Divisão Celular: Meiose.....	25
REFERÊNCIAS	29
APÊNDICES	
APÊNDICE A – As Fases da Mitose.....	30
APÊNDICE B – A Meiose.....	32

1. APRESENTAÇÃO:

Este guia foi formulado tendo como base os resultados de uma pesquisa que foi desenvolvida durante o ano de 2009 e apresentada como trabalho final do curso de Mestrado Profissional oferecido pela a Universidade de Brasília.

Elaborado para atender às necessidades dos professores de ensino médio e fundamental, e das licenciaturas, o Mestrado Profissional em ensino de Ciências visa contribuir para a melhoria do ensino-aprendizagem de Ciências (Física, Química, Biologia e Matemática), devendo proporcionar uma atualização de conhecimentos de conteúdos e metodologias de ensino para uma melhoria urgente (ou mudança) da prática pedagógica dos professores-estudantes, contribuindo diretamente para a aprendizagem na sala de aula (FREIRE e GERMANO, 2009).

Seguindo os moldes da CAPES, órgão que regulamenta e normatiza as pós-graduações no Brasil, este mestrado tem como trabalho final uma pesquisa profissional, aplicada, descrevendo o desenvolvimento de processos ou produtos de natureza educacional, que visem a melhoria do ensino na área específica, sugerindo-se fortemente que, em forma e conteúdo, este trabalho se constitua em material que possa ser utilizado por outros profissionais (MOREIRA, 2004).

Em consonância, portanto, com o caráter de especificidade e aplicabilidade dos conhecimentos desenvolvidos no Mestrado Profissional, este guia tem como objetivo sugerir ao professor uma seqüência de aulas sobre a divisão celular, tendo como base metodológica a utilização de modelos.

Considerando que a busca por novas metodologias de ensino é guiada por critérios ligados à natureza do conteúdo que se pretende ensinar e às crenças sobre o significado e a forma como se dá a aprendizagem, farei de início algumas importantes considerações a cerca das duas teorias que juntas constituem o referencial teórico deste trabalho: a Teoria sobre

modelos e a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. O conhecimento do referencial teórico que embasa uma metodologia de ensino é de suma importância, pois permite estabelecer melhor os seus limites e as suas possibilidades.

2. INTRODUÇÃO

A compreensão dos processos da divisão celular tem grande importância para o conhecimento básico da biologia sendo necessária para o entendimento de diversos temas e áreas dessa disciplina. A aprendizagem deste conteúdo não é, no entanto, simples, pois envolve a compreensão de processos e conceitos abstratos – gene, cromossomo, DNA e fluxo da informação gênica, que por não fazerem parte das experiências do dia-a-dia dos estudantes, tornam o seu ensino um desafio para a grande maioria dos professores de biologia.

Para minimizar tais dificuldades e reduzir o caráter abstrato de muitos conteúdos, o professor dispõe de uma série de recursos como filmes, figuras, desenhos, maquetes, animações entre outras. A maior parte dessas estratégias são amplamente utilizadas para ensinar a divisão celular e, de fato, de forma isolada ou combinada, todas elas têm-se mostrado potentes facilitadores do processo que envolve o entendimento desses fenômenos.

Reconhecendo, pois a importância desses recursos e estratégias como facilitadores da aprendizagem e valorizando o envolvimento do aluno como uma condição importante para tal, este guia propõe uma sequência didática baseada no uso de modelos para o ensino dos processos da divisão celular. As atividades propostas nessa sequência permitem ao aluno modelar cromossomos nas diferentes situações envolvidas nesses processos proporcionando-lhes uma maior interação com o conteúdo.

3. EMBASAMENTO TEÓRICO

3.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa

O princípio norteador da teoria de Ausubel é a idéia de que para que a aprendizagem ocorra é necessário partir de conhecimentos prévios que o aluno já possui. Segundo ele, descobrir o conteúdo e a organização das idéias dos alunos em determinada área particular de conhecimentos que se pretende ensinar, é o primeiro passo em direção ao sucesso da aprendizagem.

Para Ausubel uma informação é aprendida de forma significativa quando se relaciona a outras idéias, conceitos ou proposições relevantes e inclusivos, que estejam suficientemente claros e disponíveis na mente para funcionarem como âncoras. Ausubel denomina as idéias que proporcionam ancoragem de **subordinadores, integradores ou subsunçores**.

A essência do processo de aprendizagem significativa é que as idéias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal) (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980, p.34).

Como relação não arbitrária se entende a existência de uma relação lógica e explícita entre a nova idéia e algum aspecto relevante (**um subsunçor**) existente na estrutura cognitiva do aluno, como, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição. Já a relação substantiva e não-literaI significa que o estudante é capaz de compreender o significado daquilo que se ensinou, e expressar tal conhecimento com palavras e construções diferentes daquelas que lhe foram apresentadas.

Para Ausubel, idéias, conceitos e proposições aprendidas de forma significativa são armazenadas de maneira estável por um longo tempo e podem ser utilizadas pelo aprendiz de forma independente e em contextos e situações diferentes daquelas em que foram primariamente aprendidas.

Uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa diz respeito ao material que se pretende ensinar/aprender. Segundo Ausubel é preciso que este tenha significado lógico e que seja potencialmente significativo para o aluno, ou seja, é preciso que o mesmo possa ser relacionado de forma não substantiva e não arbitrária à ideias correspondentes da sua estrutura cognitiva o que dependerá não só da existência e da estabilidade de subsunçores específicos, como também da sua disponibilidade em estabelecê-las.

É importante considerar, no entanto, que nem sempre o aluno, sozinho, conseguirá fazer as relações necessárias (e possíveis) entre aquilo que está aprendendo e o que já sabe. Além disso, ele nem sempre satisfará a todos os pré-requisitos necessários para a aprendizagem significativa de um determinado material, sendo a questão motivacional um dos principais fatores envolvidos. Em razão disso, torna-se importante, a elaboração de materiais instrucionais e a adoção de metodologias de ensino que facilitem este aprendizado potencializando o estabelecimento (de forma lógica e não-arbitrária) das mais variadas conexões possíveis entre as novas idéias que estão sendo apresentadas, e entre elas e as idéias que o indivíduo já domina.

3.2 Modelos e Modelagem – O Uso de Modelos no Ensino de Ciências

Entre os esforços intelectuais empreendidos pelos cientistas para a elaboração de teorias e conceitos está a capacidade de modelar atividades e situações que lhes possibilitem interpretar e explicar os fenômenos. As teorias e conceitos assim construídos são então traduzidos pelos cientistas em modelos expressos, que, uma vez aceitos pela comunidade científica, passarão a ocupar o status de modelos consensuais ou modelos científicos. Tais modelos, no entanto, são frequentemente complexos ou são expressos sob formas de representação complicadas, como no caso de fórmulas matemáticas (JUSTI, 2006).

Segundo Driver, Asoko, Leach, Mortimer e Scott (1999, p.32):

Como resultado desse processo, o mundo simbólico da ciência é hoje povoado por entidades como átomos, elétrons, íons, campos e fluxos, genes e cromossomos; ele é organizado por idéias como a da evolução e inclui procedimentos de medida e experimentos.

Contudo, tendo como base a teoria da transposição didática que tem como principal referência Yves Chevallard, é importante lembrar que nem todos os saberes do domínio do saber sábio farão parte do cotidiano escolar (BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2005). Dessa maneira, os modelos científicos são transferidos para os livros e salas de aulas de ciências num formato mais simplificado originando os modelos curriculares. Os modelos representativos da molécula de DNA e das estruturas primária, secundária e terciária das proteínas, assim como o modelo chave-fechadura utilizado para explicar a ação das enzimas, são alguns exemplos específicos da biologia.

Para Gilbert e Boulter modelos são representações de idéias, objetos, eventos ou sistemas, que fazem uso de imagens, analogias e metáforas, para auxiliar o sujeito (aluno ou cientista) a visualizar e compreender algo, que pode se apresentar como difícil de compreender, complexo e abstrato, e/ou em alguma escala perceptivelmente inacessível (KRAPAS, COLINVAUX, QUEIROZ, ALVES, 2000).

O uso de analogias e modelos se deve à aceitação da idéia de que nós só podemos apreender o novo em termos daquilo que já conhecemos. Deste ponto de vista, as explicações são tentativas de compreender um evento ou uma situação não-familiar em termos de coisas com as quais estamos habituados (BORGES, 1997), constituindo-se em si próprias também um modelo. Quando tais explicações têm como objetivo a compreensão de um modelo curricular tem-se estabelecido o chamado modelo pedagógico.

“Há uma infinidade de modelos em uso nas salas de aula de ciências. Estes tem surgido em uma variedade de contextos (na história, na ciência, por parte dos professores) e desempenham diversos papéis no processo de aprendizagem. Estes modelos variam de acordo com o fenômeno que representam, com a percepção de sua utilidade e função, e com a forma como eles são utilizados por professores e alunos.” (BOULTER e BUCKLEY, 2000, p.41).

3.3 Um Modelo para os Cromossomos

Os cromossomos são estruturas celulares de grande importância no processo que envolve a passagem da informação genética e são, nesse sentido, os principais atores no processo da divisão celular. A compreensão da estrutura cromossômica, pré-requisito necessário para o perfeito entendimento dos processos que envolvem a divisão de uma célula, não é, no entanto, tarefa fácil e envolve não só a compreensão da sua composição - sua relação com a molécula de DNA e os genes - mas também de toda a nomenclatura associada.

Na figura 1 temos representado o modelo de um cromossomo que pode ser encontrado em livros didáticos. A correspondência real desse modelo são estruturas microscópicas bem mais complexas que a sua representação, visíveis apenas em células que estão se dividindo. As cromátides representam as moléculas de DNA que compõem os cromossomos nessa fase e as regiões marcadas pelas letras “b” e “A” genes nelas encontrados.

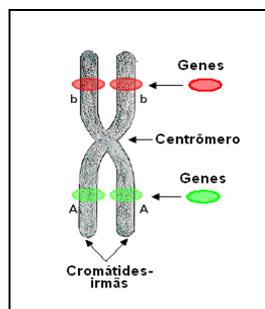


Figura 1 - Modelo de um cromossomo duplicado em livros didáticos (MARCOBUENO.NET)

Para explicar os processos da divisão celular, este guia propõe o uso deste mesmo modelo. No entanto, com o objetivo de proporcionar uma maior participação dos alunos no

processo da modelização, modificamos a sua forma de representação: em vez de um desenho (modelo visual)¹ os cromossomos foram modelados com o auxílio de canudos de refrigerantes sendo convertido, portanto em um modelo concreto² como mostra a figura 2.

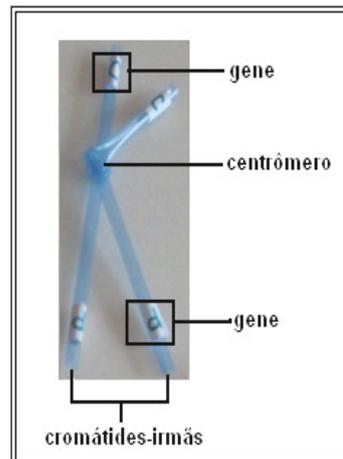


Figura 2 - Modelo concreto de um cromossomo duplicado

3.4 Modelando Cromossomos Homólogos

Cromossomos homólogos possuem estruturalmente o mesmo tamanho, formato e posição de centrômero e são portadores das mesmas informações codificadas em genes que ocupam em ambos a mesma posição. Pares de cromossomos homólogos, no entanto, possuem origens diferentes, sendo um deles paterno e o outro materno.

Todas essas características podem ser representadas utilizando os canudos. Para tanto, podemos representar os cromossomos homólogos organizando pares de canudos que possuam o mesmo tamanho e um nozinho, representando o centrômero, na mesma posição: central para cromossomos metacêntricos ou mais na extremidade para os demais (acrocêntrico, submetacêntrico e telocêntrico). É importante nesta modelagem usar canudos de duas cores diferentes, canudos azuis e canudos vermelhos, por exemplo. No caso, como representado na

¹ Um modelo visual corresponde à uma representação expressa na forma de diagrama, animação, desenho, esquema entre outros (BOULTER e BUCKLEY, 2000).

² Um modelo concreto compreende materiais em 3D que podem ser manipulados pelos alunos e pelo professor (BOULTER e BUCKLEY, 2000).

figura 1, os canudos azuis seriam utilizados na modelagem dos homólogos de origem paterna enquanto os vermelhos representariam os maternos.

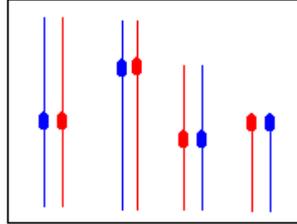


Figura 3 – Representação de pares de cromossomos homólogos.

4. A SEQUENCIA DIDÁTICA

Para iniciarmos a seqüência de aulas sugeridas é preciso que o aluno já tenha conhecimentos sobre o ciclo celular e as estruturas que compõem um núcleo interfásico de uma célula eucarionte³: carioteca, cariolinfa, nucléolo, cromatina e cromossomo. Além desses conhecimentos, é necessário também que o aluno tenha compreendido o processo que envolve a duplicação das moléculas de DNA, e a relação que existe entre cromossomo, DNA e gene.

³ É importante lembrar que a mitose e a meiose são eventos característicos apenas em células eucarióticas. A divisão das células procarióticas não envolve a ocorrência desses processos.

Aula 1 – Definindo genoma, cromossomos homólogos, genes alelos, células haplóides e células diplóides

Trabalhar os conceitos de genoma, cromossomos homólogos, células haplóides e diplóides, é uma das primeiras preocupações do professor quando inicia o ensino da divisão celular. Considerando a Teoria de Ausubel, a justificativa para tal preocupação, é a condição de subsunções que estes conceitos possuem, sendo necessários aos alunos para que estes compreendam de forma significativa a dinâmica e o significado biológico dos processos da divisão celular.

A transposição didática de alguns destes conceitos, no entanto, não acontece de maneira consensual. É o caso, por exemplo, do conceito de genoma. Para alguns autores o genoma corresponde à quantidade total de DNA existente em uma célula independentemente da sua ploidia. Já para outros, como neste trabalho, tal conceito faz referência apenas à quantidade total de DNA contida em uma célula haplóide. Dessa forma, genoma será aqui entendido como: **um conjunto de cromossomos diferentes que reúne todas as informações básicas de uma espécie.**

No início dessa atividade, os canudos serão apresentados aos alunos como modelos de cromossomos. Considerando, no entanto, que os modelos apresentam falhas quando comparados à estrutura original que pretendem representar, a professora antes de iniciar a atividade, deve relembrar o conceito de cromossomo⁴ deixando claro que o canudo que está sendo usado estaria de fato representando apenas a molécula de DNA presente nessa estrutura.

Esta aula tem os seus procedimentos divididos em duas partes que, dependendo das características da turma, do funcionamento da escola e das opções didáticas do professor, poderão ou não ser ministradas juntas em uma única aula de 50 minutos. Considerando, mais

⁴ Estrutura composta por uma molécula de DNA associada à proteínas histônicas e não histônicas. (HICKMAN,ROBERTS e LARSON)

uma vez todas essas variáveis, tal atividade poderá ainda ser desenvolvida em grupos, individualmente ou de forma demonstrativa.

Parte I: Trabalhando os conceitos de genoma, células haplóides e diplóides e cromossomos homólogos

Objetivos	Material
1. Promover a compreensão do conceito de genoma.	<ul style="list-style-type: none"> • 8 canudos (4 azuis e 4 vermelhos) por aluno, dupla ou grupo de alunos • Giz e quadro-negro.
2. Identificar os gametas como células haplóides.	
3. Relacionar o fenômeno da fecundação com a ploidia da célula resultante.	
4. Compreender o conceito de cromossomos homólogos	

Tabela 1 – Lista dos objetivos a serem alcançados e dos materiais utilizados na parte I da aula 1.

Procedimentos:

1. A professora deverá entregar para cada aluno(a), par ou grupo de alunos 4 canudos de cor azul ou vermelha. É importante informá-los que os canudos azuis serão utilizados para representar os cromossomos de origem paterna e os vermelhos os de origem materna, e que estes são transferidos de uma geração para outra pelo espermatozóide e pelo óvulo respectivamente.
2. De forma demonstrativa a professora utilizará os canudos para modelar cromossomos metacêntrico, submetacêntrico, acrocêntrico e telocêntrico. Tal classificação tem como critério a posição do centrômero que será representado, como indica a figura 4, por um nó frouxo no corpo do canudo.



Figura 4 - Tipos de cromossomos

Ao representar cada um dos cromossomos citados a professora deverá, então, pedir aos alunos que façam o mesmo explicando a eles que, além das diferentes posições do

centrômero, os cromossomos podem também ter tamanhos diferenciados. No entanto, é importante apontar que, mesmo que possuam fisicamente as mesmas características, cromossomos diferentes, carregam em seu DNA informações, ou seja, genes diferentes.

3. Utilizando os modelos (Figura 5), o professor, juntamente com os seus alunos, poderá modelar com diferentes quantidades de cromossomos, núcleos de células haplóides e, com isso, trabalhar a definição de genoma e caracterizar os gametas.

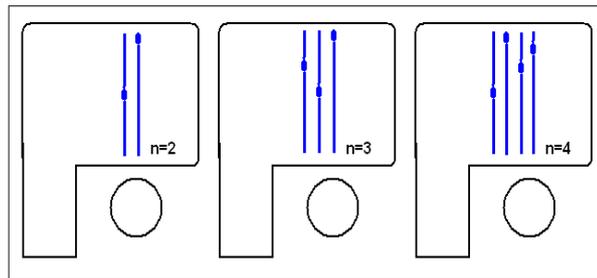


Figura 5 - Núcleos haplóides modelados pelos alunos.

4. Dando continuidade à atividade, os alunos deverão receber um novo conjunto de 4 canudos (azuis se os que foram entregues na atividade anterior eram vermelhos ou vermelhos em caso inverso) e serão orientados a utilizá-los para modelar 4 novos cromossomos iguais aos anteriores formando pares. A discussão dessa modelagem como os alunos tem como objetivo introduzir a definição de cromossomos homólogos.

5. Conversando sobre a reprodução sexuada os alunos serão então estimulados a modelar o fenômeno da fecundação (figura 6B). Nesta atividade, núcleos haplóides modelados com canudos azuis representarão espermatozóides, e os modelados com canudos vermelhos representarão óvulos (figura 6A). Na discussão dos resultados obtidos poderão ser trabalhados os conceitos de célula diplóide e cromossomos homólogos (Figura 6C).

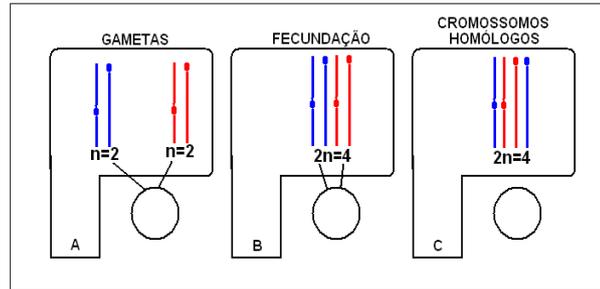


Figura 6A - Núcleo de células haplóides (gametas), 6B - Núcleo da célula diplóide resultante da fecundação, 6C - Modelagem dos cromossomos homólogos presentes da célula diplóide considerada.

Parte II – Cromossomos homólogos e genes alelos

Objetivos	Material																				
1. Compreender o conceito de cromossomos homólogos e genes alelos	<ul style="list-style-type: none"> •Dois canudos: um de cor azul e outro vermelho. •Etiquetas com letras maiúsculas e minúsculas impressas 																				
2. Compreender a relação estrutural que existe entre cromossomo, DNA e genes.																					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Combinações</th> <th colspan="4">Genes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>A</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>A</td> <td>a</td> <td>B</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>a</td> <td>a</td> <td>b</td> <td>b</td> </tr> </tbody> </table>	Combinações	Genes				1	A	A	B	B	2	A	a	B	b	3	a	a	b	b
Combinações	Genes																				
1	A	A	B	B																	
2	A	a	B	b																	
3	a	a	b	b																	
	•Giz e quadro-negro																				

Tabela 2 – Lista dos objetivos a serem alcançados e dos materiais utilizados na parte II da aula 1.

Procedimentos:

1. Entregar para cada aluno(a), par ou grupo de alunos um canudo vermelho e um canudo azul⁵ e pedir-lhes que os utilizem para modelar um par de cromossomos homólogos.
2. Entregar para os alunos um conjunto de etiquetas com uma das combinações de letras abaixo:

Combinações	Genes			
1	A	A	B	B
2	A	a	B	b
3	a	a	b	b

3. Ao entregar as etiquetas, o professor deverá explicar aos seus alunos que as letrinhas nelas impressas representam genes que deveriam estar presentes nos cromossomos que eles

⁵ Se as duas partes dessa unidade forem desenvolvidas na mesma aula, este item torna-se dispensável e os alunos poderão utilizar um par de cromossomos homólogos modelados na parte I.

acabaram de modelar. Os alunos deverão, então, ser orientados a colar as etiquetas (genes) nos modelos (canudos) simulando a localização de um gene em um cromossomo.

4. Os resultados da modelagem deverão ser compartilhados pela turma seguindo a dinâmica escolhida pelo professor, de maneira que, na discussão correspondente, seja trabalhado o conceito de genes alelos considerando o locus dos mesmos em cromossomos homólogos e a possibilidade da homozigose ou da heterozigose.

É importante lembrar que se os alunos estão modelando o mesmo cromossomo, por exemplo, o cromossomo número 1 da espécie humana, os alelos de um mesmo gene devem ocupar a mesma posição nos modelos de todos. Considerando tal questão, o professor poderá adotar um dos dois procedimentos abaixo:

- a. deixar que seus alunos fixem livremente as etiquetas nos cromossomos modelados;
- b. determinar pontos no modelo onde os alunos deverão fixar as etiquetas que representam o mesmo par de genes alelos.

No primeiro caso, se os alunos não questionarem a modelagem, será importante promover uma discussão direcionada de modo que eles percebam o erro e, de preferência proponham a forma correta para proceder uma nova modelagem. No segundo caso, o professor poderá promover a mesma discussão partindo do seguinte questionamento: “Por que eu pedi que todos colassem as etiquetas que representam o mesmo par de genes alelos no mesmo lugar”?

Aula 2 – A Duplicação do DNA: cromossomos simples X cromossomos duplicados

A duplicação do material genético é condição inicial para que uma célula possa se dividir, no entanto, é importante deixar claro para os alunos que a duplicação do material genético não implica na duplicação do número de cromossomos de uma célula⁶. De fato, a duplicação é um evento próprio das moléculas de DNA que compõem individualmente cada um dos cromossomos, que, ao final passarão a possuir em vez de uma, duas moléculas de DNA idênticas e serão denominados **cromossomos duplicados**. Cada uma das moléculas de DNA de um mesmo cromossomo duplicado recebe o nome de **cromátide-irmã**. Cada cromátide-irmã individualmente considerada corresponde, ao final da divisão, descartadas as possibilidades de mutações, a cromossomos idênticos (mitose) ou não (meiose), e irão compor o conjunto de cromossomos de cada uma das células filhas formadas.

Objetivos	Material																				
1. Identificar e compreender a formação das cromátides-irmãs relacionando-as ao processo da duplicação do DNA.	<ul style="list-style-type: none"> • Canudos azuis e vermelhos. • Giz e quadro-negro. • Etiquetas com letras maiúsculas e minúsculas impressas. <table border="1"> <thead> <tr> <th>Combinações</th> <th colspan="4">Genes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>A</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>A</td> <td>a</td> <td>B</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>a</td> <td>a</td> <td>b</td> <td>b</td> </tr> </tbody> </table>	Combinações	Genes				1	A	A	B	B	2	A	a	B	b	3	a	a	b	b
Combinações		Genes																			
1		A	A	B	B																
2	A	a	B	b																	
3	a	a	b	b																	
2. Compreender que a duplicação do DNA não altera a ploidia da célula.																					
3. Compreender a composição genética das cromátides-irmãs e das cromátides-homólogas.																					

Tabela 3 – Lista dos objetivos a serem alcançados e dos materiais utilizados na aula 2

Procedimentos

1. Para esta atividade cada aluno(a), par ou grupo de alunos receberá(ão) 4 canudos: 2 azuis e dois vermelhos. Um dos canudos entregue já estará previamente modelado com a região do centrômero marcada e com etiquetas fixadas determinando a presença e o local de dois genes

⁶ A contagem diferenciada de moléculas de DNA e dos cromossomos de uma célula em divisão é particularmente importante para o aluno compreender a ocorrência da 2ª divisão da meiose, pois, em borá o genoma já tenha sido reduzido, os cromossomos ainda encontram-se duplicados.

que poderão ser “A” e “B”, “A” e “b”, “a” e “B” ou ainda “a” e “b”. Este cromossomo⁷ previamente modelado (figura 7) servirá então de guia para a modelagem que se seguirá

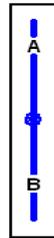


Figura 7 – Cromossomo modelado

2. Inicialmente o professor deverá relembrar junto com os seus alunos como ocorre a duplicação da molécula de DNA e a importância deste fenômeno. Considerando, pois, que o canudo utilizado na modelagem de um cromossomo representa a molécula de DNA que o compõe, para representar um cromossomo após a duplicação dessa molécula o professor utilizará dois canudos da mesma cor unindo um ao outro pela região do centrômero, ou seja, pelo laço do nó feito em um deles como mostra a figura 8.

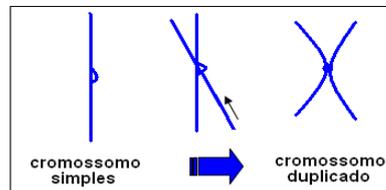


Figura 8 - Modelagem de um cromossomo duplicado

3. Após a modelagem serão então apresentadas as nomenclaturas pertinentes identificando o novo modelo como um cromossomo duplicado e cada uma das moléculas de DNA (canudos) que o compõe de cromátides-irmãs.

4. Após a demonstração feita pelo professor os alunos deverão então proceder a sua modelagem, tendo como guia para determinar a posição dos centrômeros e dos alelos, o cromossomo previamente modelado que lhes foi entregue com os demais canudos.

Durante a atividade os alunos deverão determinar os tipos de genes que deverão estar presentes em cada uma das moléculas de DNA dos modelos construídos e, se necessário, o professor deverá ajudá-los a identificar como idênticos (desconsiderando a ocorrência de

⁷ Aqui poderão ser utilizados os cromossomos que foram modelados pelos alunos na aula anterior.

possíveis mutações) os conteúdos genéticos das cromátides-irmãs e a possibilidade de diferenças quando são consideradas as cromátides-homólogas (Figura 9).

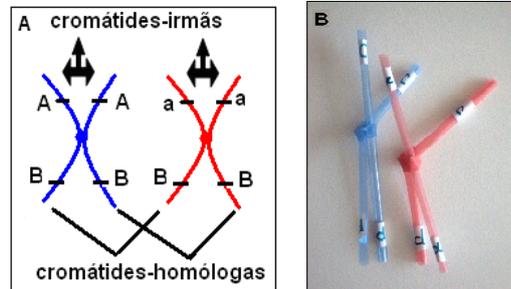


Figura 9A - Identificando os genes componentes das cromátides-irmãs e das cromátides-homólogas, 9B – Exemplo da modelagem feita com os canudos.

Aula 3 – A Divisão Celular: Mitose

A atividade desenvolvida nesta aula é de grande importância, pois a compreensão da mitose facilitará a aprendizagem posterior da meiose.

A modelagem desse fenômeno tem como objetivo simular cada uma das suas etapas dando movimento à sequência estática que caracteriza a sucessão de desenhos representativos encontrados nos livros didáticos.

Objetivos	Material
1. Compreender a dinâmica que envolve o processo da mitose caracterizando cada uma de suas fases.	<ul style="list-style-type: none"> • 8 Canudos: 4 azuis e 4 vermelhos. • Giz e quadro-negro • Folha branca, ou preparada segundo o modelo sugerido (ver apêndice – A)
2. Evidenciar que as células-filhas originadas por esse tipo de divisão são geneticamente idênticas.	

Tabela 4 – Lista dos objetivos a serem alcançados e dos materiais utilizados na aula 3

Procedimentos:

1. Os alunos deverão trabalhar em duplas colocando suas carteiras juntas, uma de frente para a outra, (figura 10) formando uma única superfície sobre a qual a atividade se dará.

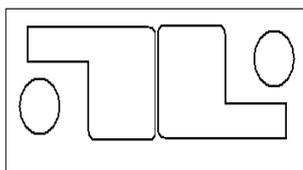


Figura 10 - Posição das carteiras para a realização da atividade proposta.

2. Depois de organizados, serão entregues a cada dupla 8 canudos, 4 de cor azul e 4 vermelhos e, para cada um dos seus componentes, a ficha sugerida no material.

3. Para iniciar a modelagem, o professor deve pedir aos alunos que separem um conjunto de canudos que represente o núcleo de uma célula $2n=4$, observando para tanto, que os canudos da mesma cor compõem um mesmo genoma (Figura 11)

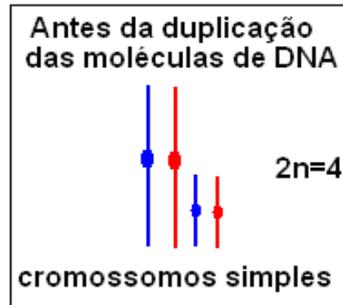


Figura 11 - Cromossomos interfásicos antes da duplicação

4. Lembrando os alunos que uma célula **que vai entrar em divisão** deve ter o seu DNA duplicado o professor pedirá aos seus alunos que utilizem os canudos restantes para modelar o resultado desse fenômeno que seria, no caso, cromossomos duplicados (Figura 12).

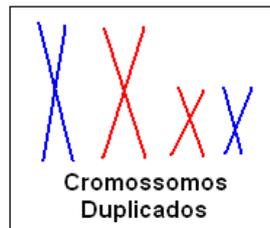


Figura 12 - Cromossomos duplicados

OBS: É importante aqui lembrá-los que a duplicação é um fenômeno das moléculas de DNA que compõem os cromossomos e que, portanto, embora a quantidade dessa substância duplique o mesmo não acontece com a quantidade de cromossomos e conseqüentemente com o genoma que continua sendo o mesmo, no caso: $2n=4$.

5. Por meio de um desenho pronto ou usando o quadro para fazê-lo, o professor deve representar uma célula no início da divisão. Esta representação deverá mostrar a célula com o núcleo ainda íntegro, os cromossomos descondensados, os centríolos já duplicados e o início da formação do fuso (Figura 13). Ao explicar o desenho o professor deverá avisar aos alunos que as fibras do fuso não serão representadas na modelagem que irão iniciar. Depois das explicações pertinentes os alunos deverão copiar o desenho feito pelo professor no círculo nº. 1 da folha que lhes foi entregue no início da atividade.

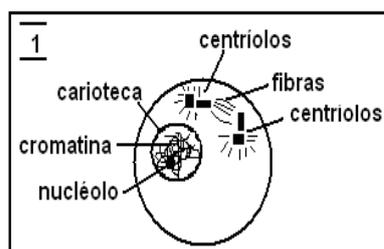


Figura 13 – Desenho da célula no início da prófase

6. Simulando a Prófase: por meio de um desenho pronto ou usando o quadro para fazê-lo, o professor deverá explicar a seus alunos os principais eventos da prófase. Depois das explicações pertinentes, para simular a distribuição dos cromossomos no citoplasma da célula, os alunos deverão ser orientados a organizar os modelos sobre o tampo da mesa (célula) um ao lado do outro de forma aleatória e não pareada (Figura 14A). Depois de moldada tal situação, o professor deverá apresentar ou fazer um desenho correspondente no quadro (Figura 13B) e pedir, depois de compará-los à modelagem feita, que alunos o copiem no círculo nº 2 da ficha.

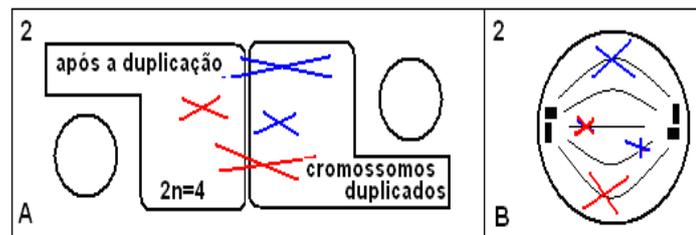


Figura 14A - Modelagem da prófase com canudos, 14B - Desenho representativo

7. Simulando a Metáfase: para simular a metáfase o professor deverá pedir aos alunos que arrastem os modelos (canudos) para o centro da mesa (formação da placa equatorial) tomando como referência a linha formada pela união das duas mesas (Figura 15A). Ao final os alunos deverão ser orientados a desenhar a nova situação no círculo 3. Por fim o professor fará o desenho correspondente no quadro (Figura 15B) para comparação e possíveis correções.

É importante comentar que esta é a fase na qual os cromossomos encontram-se no seu mais alto nível de compactação, sendo por isso ideal para a identificação do cariótipo do indivíduo.

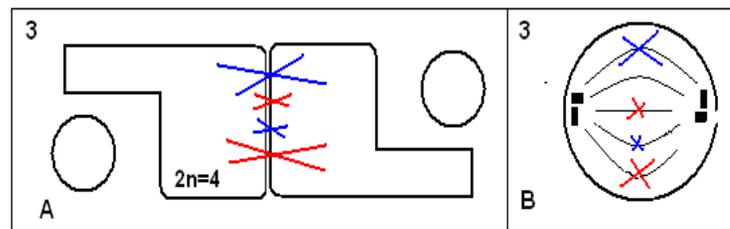


Figura 15A - Modelagem da metáfase com canudos, 15B - Desenho representativo

8. Simulando a Anáfase: com os cromossomos organizados no meio da mesa, e, considerando que cada membro da dupla represente cada um dos pares de centríolos da célula em divisão, os alunos deverão ser desafiados a dividir os cromossomos entre si de forma que ao final, cada um deles possua a mesma quantidade e tipos.

É esperado que os alunos puxem os canudos que representam as cromátides irmãs de cada um dos pares de cromossomos homólogos em direção as suas respectivas carteiras que, ao final, separadas, representarão cada uma das células-filhas formadas (Figura 16A).

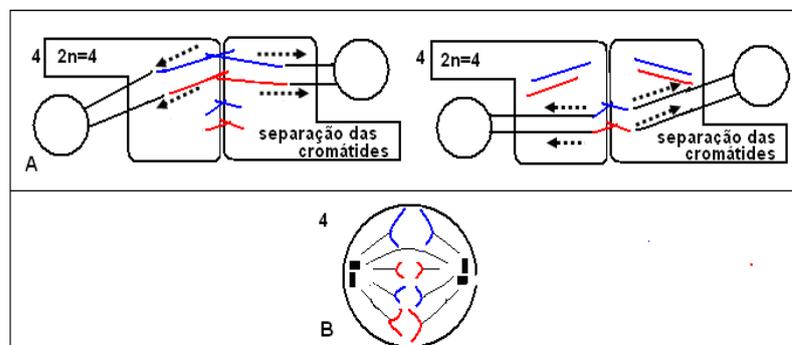


Figura 16A - Modelagem da anáfase com canudos, 16B - Desenho representativo

Após a modelagem o professor deverá fazer o desenho correspondente (figura 16B) no quadro e, depois de compará-los, pedir aos alunos que o copiem no círculo nº 4 da ficha.

9. Simulando a Telófase e a Citocinese: ao final quando as cromátides-irmãs estiverem separadas (Figura 17A) as duplas serão orientadas a afastar um pouco suas carteiras para simbolizar o final da divisão e a conseqüente formação das células-filhas (Figura 17C). Depois de moldada tal situação, desenho correspondente deverá ser feito no quadro e, depois

de compará-los, os alunos deverão copiá-los, respectivamente nos círculo nº 5, 6 e 7 (Figuras 17B e 17D) da ficha.

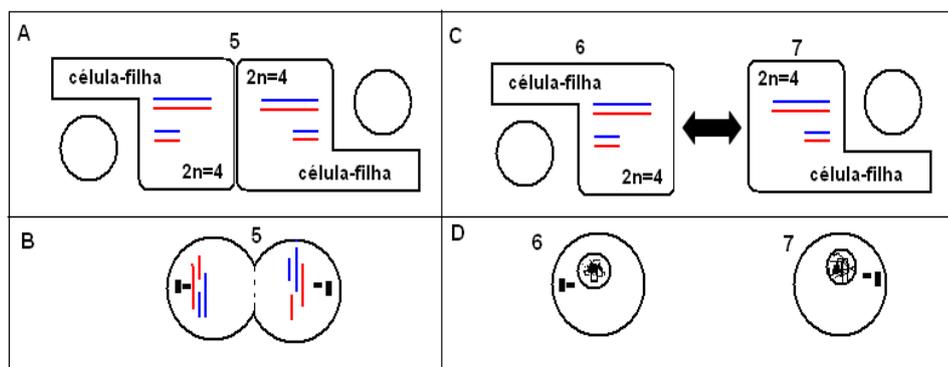


Figura 17A - Modelagem da telófase com canudos, 17B - Desenho representativo, 17C - Modelagem da citocinese, 17D - Desenho representativo.

Terminada a atividade de modelagem o professor deve chamar a atenção dos alunos para a igualdade das células formadas, e considerando tal característica, iniciar um debate sobre as funções da mitose nos seres pluri e unicelulares.

Trabalhos sobre o ensino de genética têm evidenciado que os alunos, mesmo compreendendo o processo da mitose, não relacionam esse tipo de divisão celular à passagem das informações genéticas de célula para célula dentro de um mesmo organismo. Identificar as funções da mitose considerando para tanto o processo de cicatrização e desenvolvimento embrionário pode ser uma boa forma de resolver este problema.

Ao final dessa aula o professor pode sugerir que cada aluno leve a sua folha para casa, para que, com o auxílio do livro didático adotado, façam uma lista dos principais eventos que caracterizam cada uma das fases da divisão celular que foi simulada.

Aula 4 – A Divisão Celular: Meiose

Considerando a modelagem da mitose e de todos os eventos associados como pré-requisitos adquiridos nas aulas anteriores, nesta atividade os alunos serão orientados a proceder à divisão de uma célula $2n=4$ de maneira que as células-filhas formadas sejam haplóides ($n=2$).

Objetivos	Material
1. Identificar a redução do genoma como a principal característica da meiose.	<ul style="list-style-type: none"> • 8 canudos por grupo (4 azuis e 4 vermelhos). • 1 folha em branco com informações gerais sobre a divisão celular (ver apêndice – B) • Canetas ou lápis de cores azul e vermelha.
2. Relacionar os fenômenos responsáveis pelo caráter reducional desse tipo de divisão.	
3. Comparar as fases da meiose I com as da meiose II.	

Tabela 5 – Lista dos objetivos a serem alcançados e dos materiais utilizados na aula 4

Procedimentos:

1. Os alunos devem formar grupos com 4 componentes colocando suas carteiras juntas, uma de frente para a outra (Figura 18), formando uma única superfície sobre a qual a atividade será desenvolvida.

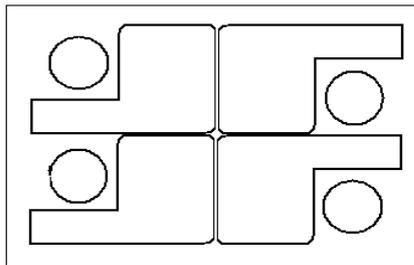


Figura 18 - Organização dos alunos para a atividade.

2. Depois de organizados, serão entregues a cada dupla de alunos oito canudos, quatro de cor azul e quatro vermelhos (Figura 19). Cada componente receberá uma folha de papel ofício em branco para anotações.

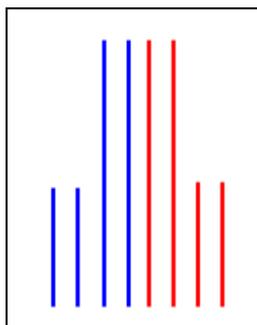


Figura 19 - Canudos utilizados na atividade.

3. Considerando as características do núcleo celular de uma célula em divisão como pré-requisitos adquiridos nas modelagens anteriores, o professor deverá pedir a seus alunos que, utilizando os canudos dados, modelem o núcleo de uma célula $2n=4$ que se encontra no início da prófase. É esperado que os alunos identifiquem com sucesso os cromossomos homólogos e os dupliquem conforme a figura 20.

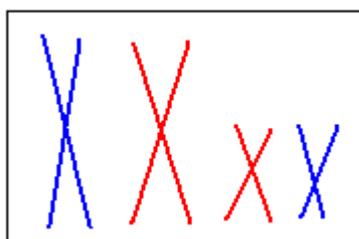


Figura 20 - Modelos de cromossomos duplicados.

OBS: Este é um bom momento para recordar e fixar os conceitos e informações passadas nas atividades anteriores.

4. Para iniciar a modelagem o professor deve pedir aos alunos que simulem sobre a superfície formada pela união das 4 carteiras a fase final da prófase, ou seja, sem a carioteca e com os cromossomos presos às fibras do fuso que serão, neste caso, como na modelagem da mitose, imaginárias. Para simular esta fase, os alunos irão seguir o padrão evidenciado na mitose realizada anteriormente, e, portanto, não irão representar os cromossomos homólogos pareados. No entanto, como o nosso interesse aqui, não é compreender o crossing-over e nem tampouco as condições necessárias para a sua ocorrência, tal representação (Figura 21) não será, no momento importante podendo ser, nesta atividade, deixada de lado.

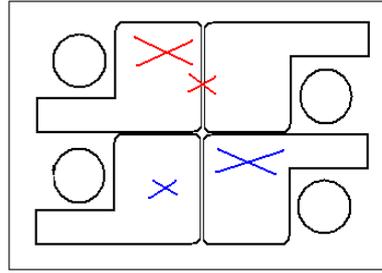


Figura 21 - Modelagem da prófase I

5. Para simular a metáfase o professor deverá pedir aos alunos que arrastem os modelos (canudos) para o centro da mesa (formação da placa equatorial) tomando como referência a linha formada pela união das duas mesas (Figura 22) .

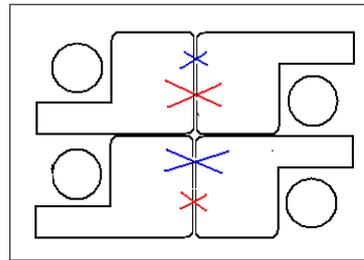


Figura 22 - Modelagem da metáfase I

6. Prosseguindo o professor deverá desafiar os seus alunos a promover a divisão da célula em questão, de maneira que as células-filhas originadas sejam haplóides, ou seja, possuam apenas um único genoma. Para tanto, os alunos deverão respeitar os eventos biológicos discriminados abaixo que deverão constar da folha que foi entregue a cada aluno (ver apêndice - B), juntamente com o material necessário para a modelagem.

- a) uma célula, ao se dividir, origina **apenas 2 células-filhas**;
- b) a duplicação do DNA só ocorre **uma única vez na intérfase**;
- c) **uma célula só pode se dividir se seus cromossomos estiverem duplicados**;
- d) as células-filhas formadas ao final do processo **devem ser haplóides e seus cromossomos devem ser simples**.

Ao terminar a simulação os resultados deverão ser apresentados ao professor em forma de esquema. Não será necessário representar todas as fases da divisão, apenas o resultado final.

Resultados Esperados:

Em geral, os esquemas representados na figura 23, são apresentados por diferentes grupos

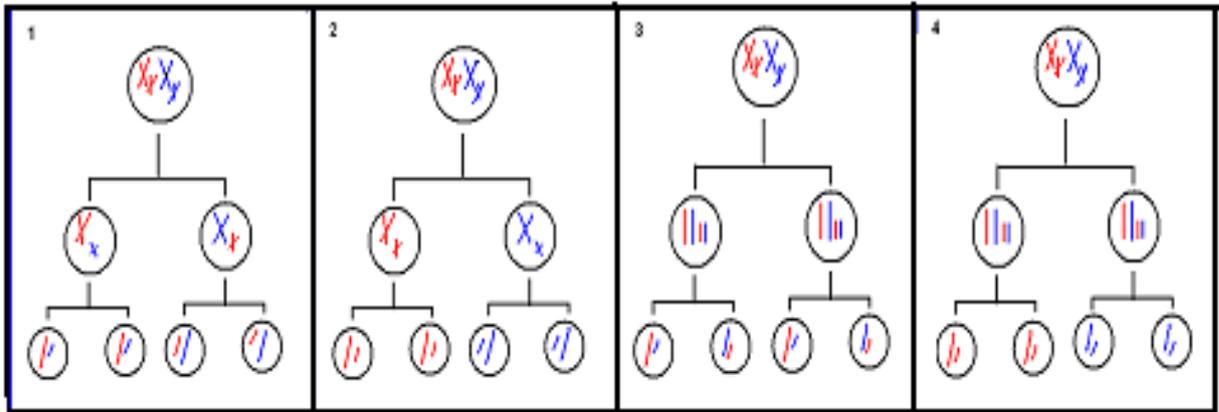


Figura 23 – Esquemas dos alunos para explicar como se processa a meiose

Os dois primeiros esquemas poderão ser apresentados pelos grupos que observarem as características biológicas desse tipo de divisão expressas na ficha entregue no início da atividade. As diferentes possibilidades apresentadas nos esquemas 1 e 2, levam em consideração a separação aleatória dos cromossomos homólogos. Esperamos, pois, que os componentes desses grupos tenham compreendido o processo justificando a necessidade das duas divisões e evidenciando a formação das quatro células como uma consequência e não como um dos objetivos da meiose.

Já os esquemas 3 ou 4 poderão ser apresentados pelos grupos que por alguma razão (falta de atenção, pouco interesse ou má compreensão do processo), não contemplaram, em seu raciocínio, os eventos biológicos que deveriam ter sido observados. No entanto, nesses dois esquemas ficam evidentes não só o erro cometido como também o raciocínio que o originou tornando mais claro o entendimento do processo por aqueles que sozinhos não conseguiram encontrá-lo.

7. Determinados e corrigidos os erros, é momento de detalhar os fenômenos que caracterizam este tipo de divisão. Esta etapa poderá ser feita em uma discussão em sala de aula ou em forma de exercícios.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H.(1980). Psicologia educacional, Rio de Janeiro, Interamericana. Tradução de Eva Nick etal. Do original Educational psychology, New York, Holt, Rinehart and Winston, 1978.

BORGES, A. T.. Um estudo de modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 2, n.3, p. 207-226, 1997.

BOULTER, C.J; BUCKLEY, B.C.. Constructing a Typology of Models for Science Education. In: John K. Gilbert, Carolyn J. Boulter. *Developing Models in Science Education*, Springer. Cap.3, p 41-57, 2000

BROCKINGTON, G. PIETROCOLA, M.. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? *Investigações em Ensino de Ciências – V10(3)*, pp. 387-404, 2005

DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E. e SCOTT, P.. Construindo conhecimento científico em sala de aula. *Química Nova na Escola*, 9, p. 31-40,1999.

FREIRE, M. L. F.; GERMANO, M. G.. Mestrados profissionalizantes em ensino de ciências: algumas considerações sobre o processo seletivo. *Scientia Plena*, v. 5, p. 044401, 2009.

GIACÓIA, L. R. D., Conhecimento Básico de Genética: Concluintes do Ensino Médio e Graduandos de Ciências Biológicas. 2006. 88f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2006.

GILBERT, J.K. e BOULTER, C.J.. Learning Science Through Models and Modelling. In B. Frazer and K. Tobin (eds), *The International Handbook of Science Education* p.53-66. Dordrecht: Kluwer,1998

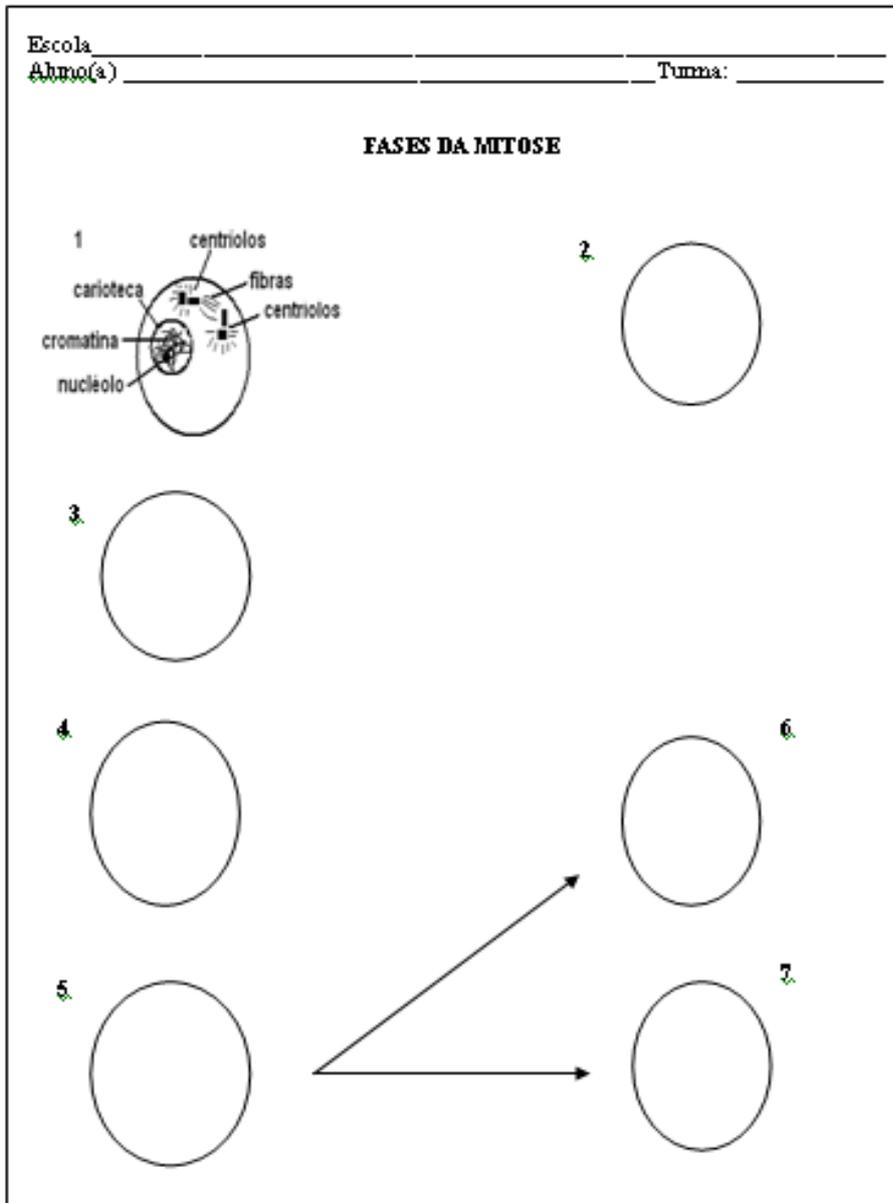
HICKMAN Jr., C.P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A.. Princípios Integrados de Zoologia, 11ª ed.Ed. Guanabara-Koogan, RJ, 2004

JUSTI, R.. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.24 n.2, p.173-184, 2006

KRAPAS, S.; QUEIROZ, G.; COLINVAUX, D. e FRANCO, C.. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 2, n. 3, 1997.

MOREIRA, M. A.. O mestrado (profissional) em ensino. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, n.1, julho, 2004.

APÊNDICE A – As Fases da Mitose



APÊNDICE B – A Meiose

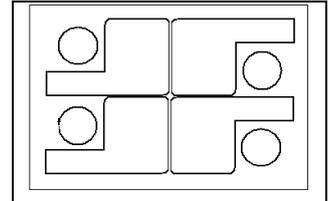
ESCOLA _____

ALUNO (A) : _____ TURMA: _____

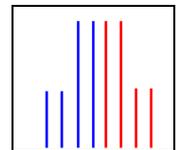
A Divisão Celular: Compreendendo o caráter reducional da meiose

Para realizarmos a atividade de hoje siga, atentamente, os passos determinados nos itens abaixo.

1. Forme um grupo com 4 componentes colocando suas carteiras juntas, uma de frente para a outra (como na figura ao lado), formando uma única superfície sobre a qual a atividade se dará.



2. Além dessa folha, seu grupo receberá 8 canudos, 4 de cor azul e 4 vermelhos.



3. Utilizando os canudos modelem o núcleo de uma célula $2n=4$ que se encontra no início da prófase.

4. Utilizando os canudos, que agora representam cromossomos de uma célula em divisão, simulem sobre a superfície formada pela união das 4 carteiras, a prófase, ou seja, sem a carioteca e com os cromossomos presos às fibras do fuso que serão, neste caso, como na modelagem da mitose, imaginárias.

5. Simulem a divisão desta célula, representada pelas 4 carteiras juntas, de maneira que as células-filhas originadas sejam haplóides, ou seja, possuam apenas um único genoma (um único conjunto de cromossomos). Para tanto observe os eventos biológicos característicos da divisão e que deverão, por isso, serem respeitados:

- a) uma célula, ao se dividir, origina **apenas 2 células-filhas**;
- b) a duplicação do DNA ocorre **uma única vez na intérfase**;
- c) **uma célula só pode se dividir se os seus cromossomos estiverem duplicados**.
- d) as células-filhas formadas ao final do processo **devem ser haplóides e seus cromossomos devem ser simples**.

6. A divisão celular se dá em quatro fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase, no entanto, não será necessário representar todas as fases da divisão, apenas o resultado final, que deverá ser apresentado ao seu professor em forma de esquema.

