

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VALÉRIA BUMILLER BINI
PEDRO ARCANJO PETENUCE FRANZOI

ENSINO DE GENÉTICA: VALIDAÇÃO DE UM MODELO DIDÁTICO SOBRE
FORMAÇÃO, PAREAMENTO, RECOMBINAÇÃO E SEGREGAÇÃO DE
CROMOSSOMOS REARRANJADOS

CURITIBA

2016

VALÉRIA BUMILLER BINI
PEDRO ARCANJO PETENUCE FRANZOI

ENSINO DE GENÉTICA: VALIDAÇÃO DE UM MODELO DIDÁTICO SOBRE
FORMAÇÃO, PAREAMENTO, RECOMBINAÇÃO E SEGREGAÇÃO DE
CROMOSSOMOS REARRANJADOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
Licenciado, Curso de Ciências Biológicas,
Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a Dr^a Araci Asinelli-Luz
Coorientadora: Prof^a Dr^a Angelica Beate
Winter Boldt

CURITIBA

2016

BUMILLER, Valéria Bini; FRANZOI, Pedro Arcanjo Petenuce. **Ensino de Genética: Validação de um modelo didático sobre formação, pareamento, recombinação e segregação de cromossomos rearranjados.** Trabalho de Término de Curso. Setor de Educação. Curitiba: UFPR, 2016.

RESUMO

A compreensão do processo de formação, pareamento, recombinação e segregação de cromossomos rearranjados é necessária para esclarecer a razão da infertilidade de pais normais portadores de rearranjos cromossômicos balanceados. Porém, esse conteúdo é normalmente abordado apenas de forma teórica, dificultando seu aprendizado. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é validar um modelo didático construído pelos próprios alunos durante uma aula prática, identificar seus respectivos estilos de aprendizagem e correlacionar os resultados obtidos. Neste trabalho, 106 alunos do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, matriculados na disciplina de Genética 2 (BG039), construíram um modelo didático proposto pelos autores. O modelo foi construído individualmente na aula prática com massinhas de modelar, possibilitando a ilustração das etapas que originam cromossomos rearranjados, suas formas de pareamento, recombinação e modos de segregação durante a meiose I. O modelo foi validado através da aplicação de questionários, antes e depois da aula prática. Todos os alunos já haviam tido, anteriormente, aula teórica sobre o conteúdo. A partir de um questionário que foi aplicado aos alunos, os mesmos foram classificados quanto ao seu estilo de aprendizagem (auditivo, visual ou sinestésico). Em geral, os alunos compreenderam o conteúdo com duas vezes mais facilidade, após a construção do modelo proposto, a julgar pelo aumento na probabilidade de acerto das questões (OR= 2,14 [IC95%= 1,71-2,68], $p < 0,001$). Em algumas questões complexas, como a 7, a probabilidade de acerto aumentou em torno de 10 vezes (OR= 10,25 [IC95%= 5,42-19,40], $p < 0,001$). Das onze questões de “rearranjos cromossômicos”, seis obtiveram aumento significativo no número de acertos (1.I, 1.II, 2.I, 2.II, 4 e 7) e quatro aumentaram sugestão de aumento (3.I, 3.II, 3.III e 5.II). Não houve uma correlação entre estilos de aprendizagem, idade ou sexo e a melhora no aprendizado. Dessa forma, conclui-se que independentemente destes fatores, a utilização deste modelo didático é bastante proveitosa, recomendando-se a sua aplicação na rotina de ensino dos cursos de graduação na área de Ciências Biológicas e da Saúde. Deu-se aos alunos a oportunidade de tornarem-se aprendizes ativos, engajando-se na construção do modelo didático e no desenvolvimento do próprio conhecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Genética, Modelo didático, Rearranjo cromossômico, Aprendizagem de conceitos, Educação.

BUMILLER, Valéria Bini; FRANZOI, Pedro Arcanjo Petenuce. **Teaching of Genetics: Validation of a didactic model about formation, pairing, recombination and segregation of rearranged chromosomes.** Final term paper. Education Sector. Curitiba: UFPR, 2016.

ABSTRACT

The understanding of formation, pairing, recombination and segregation process of rearranged chromosomes is necessary to understand the reason for which healthy parents with balanced chromosomal rearrangements are infertile. However, this topic is usually approached only theoretically, turning learning more difficult. Therefore, this study aims to validate a didactic model built by the own students during a practical class, identifying their learning styles and correlating the results. In this study, 106 Biology students of the Universidade Federal do Paraná (UFPR), enrolled in the "Genetic 2" course (BG039), constructed a didactic model proposed by the authors. The model was constructed individually during the practical class with modeling masses, allowing the illustration of the steps that originate rearranged chromosomes, their pairing, recombination and modes of segregation during meiosis I. The model was validated through the application of questionnaires before and after the practical class. All students had already been previously on the theoretical class with this topic. Based on a questionnaire given to the students, they were classified according to their learning style (auditory, visual or synesthetic). In general, the students have understood the content with twice more facility, after the didactic model construction (OR= 2,14 [95%CI= 1.71-2.68], $p < 0.001$). In complex questions, such as 7, the probability of success increased hit around 10 times (OR= 10.25 [95%CI= 5.42-19.40], $p < 0.001$). Of the eleven questions of "chromosomal rearrangement", six had a significant increase in the number of correct answers (1.I, 1.II, 2.I, 2.II, 4 and 7) and four a suggestive increase (3.I, 3.II, 3.III and 5.II). There was no correlation between learning styles, age or sex, and improvement in learning. Thus, it is concluded that, independently of these factors, the use of this didactic model is very useful. We recommend its application in the teaching routine of undergraduate courses in the area of Biological and Health Sciences. It gave the students the opportunity to become active learners, engaging in the construction of the didactic model and the development of knowledge itself.

KEYWORDS: Genetics, Didactic model, Chromosomal rearrangements, Concept learning, Education.

INTRODUÇÃO

A troca, perda ou ganho de segmentos cromossômicos causam anomalias cromossômicas estruturais, que podem ser balanceadas ou não (neste último caso, levando a uma perda ou um excesso de material genético). Estas anomalias podem implicar em transtornos mentais ou físicos à prole e/ou aos seus respectivos portadores. São vários os tipos de rearranjos cromossômicos possíveis, como translocações, inversões, duplicações e deleções. Enquanto os dois primeiros são considerados balanceados, os dois últimos não o são (SNUSTAD; SIMMONS, 2008).

Translocações ocorrem quando dois segmentos de cromossomos diferentes são destacados e religados a um cromossomo diferente, não homólogo. A translocação é balanceada, pois não há perda ou ganho de DNA na troca recíproca de segmentos entre dois cromossomos diferentes. Já na translocação robertsoniana, também conhecida como fusão centríca, ocorre a união de dois cromossomos acrocêntricos. Embora neste caso, haja perda de um pequeno segmento telomérico de ambos os cromossomos, esta perda apenas envolve regiões de DNA repetitivo, não tendo efeito fenotípico observável. Logo, esta translocação também é considerada balanceada. As inversões ocorrem quando um segmento cromossômico é destacado, gira cerca de 180° e é religado no mesmo cromossomo. Inversões podem ser paracêntricas, quando não envolvem o centrômero, ou pericêntricas, quando envolvem o centrômero. Deleção é a perda de um segmento cromossômico devido a uma ou duas quebras em um cromossomo. Já a duplicação é o ganho de um segmento cromossômico (SNUSTAD; SIMMONS, 2008).

A compreensão do processo de formação, pareamento, recombinação e segregação de cromossomos rearranjados é necessária para esclarecer a razão da infertilidade de pais normais, portadores de rearranjos cromossômicos balanceados (MILLER; THERMAN, 2011). Contudo, apesar de sua importância na futura atividade profissional de muitos estudantes de Ciências Biológicas e da Saúde, este conteúdo científico é normalmente abordado apenas de forma teórica, dificultando seu aprendizado. Percebe-se a necessidade de novas propostas que possibilitem a efetiva aquisição do conhecimento científico de Biologia no ensino formal, como os recursos didáticos (JUSTINA *et. al.*, 2013). Quando é utilizado um modelo, aprende-se sobre a situação representada por ele. Já quando o próprio aluno o constrói, este cria um tipo de estrutura representativa a qual permite o desenvolvimento de uma forma científica de pensar semelhante àquela utilizada pelos cientistas na construção do conhecimento científico (JUSTI, 2006 *apud* DA SILVA BRAGA 2010). Dessa maneira, dá-se aos alunos a oportunidade de tornarem-se aprendizes ativos, engajando-os em atividades através das quais possam

desenvolver seu próprio conhecimento dos fenômenos (SAMPAIO, 2000 *apud* DA SILVA BRAGA 2010).

O termo "estilos de aprendizagem" refere-se ao conceito de que os indivíduos diferem em relação ao modo de instrução ou estudo mais eficaz para eles (PASHLER *et al.*, 2008). Há várias classificações para estes estilos, sendo a mais básica: estilo auditivo, visual e sinestésico. Alunos auditivos gostam de explicar novas ideias aos outros, discutir tópicos com colegas e professores, usar um gravador, participar de palestras e grupos de discussão, sendo assim, o indivíduo aprende mais por meio da audição. Alunos visuais preferem mapas, gráficos, diagramas, folhetos, fluxogramas, marcadores, cores diferentes, imagens e diferentes arranjos espaciais, assim, aprendem de forma mais eficaz por meio da visão. Estudantes sinestésicos gostam de viagens de campo, aulas em laboratórios, receitas e soluções para problemas, e abordagens práticas usando seus sentidos, portanto aprendem melhor movendo, tocando e fazendo (HAWK *et al.*, 2007). Quando o estilo é identificado recursos didáticos e estratégias devem ser implementadas para potencializar a aprendizagem (ADAMS, 2013). A compreensão dos estilos de aprendizagem adquiriu grande influência dentro do campo da educação e influencia a dinâmica de ensino desde a educação infantil à pós-graduação (PASHLER *et al.*, 2008).

Tem-se como hipótese que um modelo didático facilita a aprendizagem de conhecimento sobre fenômenos citogenéticos complexos, a qual pretende-se sua efetivação por meio da validação do modelo didático proposto recentemente por Ribeiro e Silva (2016). O modelo é construído com massinhas de modelar, de modo que seja possível ilustrar as etapas que originam cromossomos rearranjados, suas formas de pareamento, recombinação e modos de segregação durante a meiose I. Acredita-se que a construção deste modelo beneficiará principalmente os alunos que apresentam o estilo de aprendizagem sinestésico e visual. Portanto, objetiva-se também investigar se o aproveitamento dos alunos está associado aos seus respectivos estilos de aprendizagem. A sua validação pode direcionar novas práticas em sala de aula, com o intuito de contribuir com o processo de construção do conhecimento, junto com os alunos. Pretende-se que os resultados obtidos a partir dessa pesquisa sirvam de auxílio para que os professores possam fazer uso desse método de ensino. Além disso, espera-se que os alunos sejam estimulados com a prática utilizada, proporcionando uma melhor aprendizagem e capacitação de futuros melhores profissionais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa de campo, que envolve dados qualitativos e quantitativos, do tipo exploratória com a intervenção de uma aula prática de aproximadamente duas horas com alunos de oito turmas do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR), matriculados na disciplina de Genética 2 (BG039), 4 do turno matutino e 4 do noturno. Ao todo, 106 alunos participaram voluntariamente da pesquisa, a qual foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde da UFPR, após assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Parecer nº 1693365). Os critérios de inclusão foram: estar cursando Ciências Biológicas e regularmente matriculado na referida disciplina acadêmica. O critério de exclusão foi não preencher os dois questionários, no início e ao final da aula. A amostra consistiu em 67 alunos do sexo feminino e 39 do masculino, com média de idade de 21 anos, sendo que 92% dos alunos apresentaram idade entre 18 e 26 anos. A idade mínima foi de 18 anos e a máxima, de 51 anos.

Questionários

Para caracterizar o estilo de aprendizagem dos alunos, estes responderam um questionário informal de autor desconhecido (ANEXO 1), preenchendo a folha de respostas 1 (ANEXO 2). Os estilos de aprendizagem definidos com base no questionário foram: auditivo, sinestésico e visual.

O questionário básico para avaliar a compreensão do conteúdo “mutações cromossômicas estruturais”, (ANEXO 3), o qual foi desenvolvido pelos autores, foi aplicado duas vezes. Este tinha a nota 11 como máxima. Como os alunos já haviam tido aula teórica anteriormente sobre o mesmo conteúdo (cerca de duas semanas antes), a primeira aplicação ocorreu no início da aula prática. Para tanto, os alunos participantes preencheram as questões na folha de respostas 2 (exceto as questões 9,10 e 11) (ANEXO 4), individualmente e sem consulta bibliográfica. A segunda aplicação foi feita no final da aula prática. As questões 9, 10 e 11 foram acrescentadas para resposta ao questionário aplicado na segunda vez, para registrar a opinião pessoal dos alunos (ANEXO 4). A aplicação do questionário foi similar à realizada no início da aula (ANEXO 3).

Modelo didático

O modelo didático, construído pelos autores, consistiu na construção de cromossomos rearranjados com massinhas de modelar coloridas, distribuídas aos alunos para que estes construíssem os diferentes rearranjos e pareamentos cromossômicos (FIGURA 1). A

segregação de cromossomos translocados foi demonstrada por flechas de papel sulfite colorido (também fornecidas previamente aos alunos), as quais deveriam ser dispostas de modo a apontar o polo para o qual o cromossomo se dirige em cada um dos diferentes modos de segregação: adjacente 1, adjacente 2 e alternada.

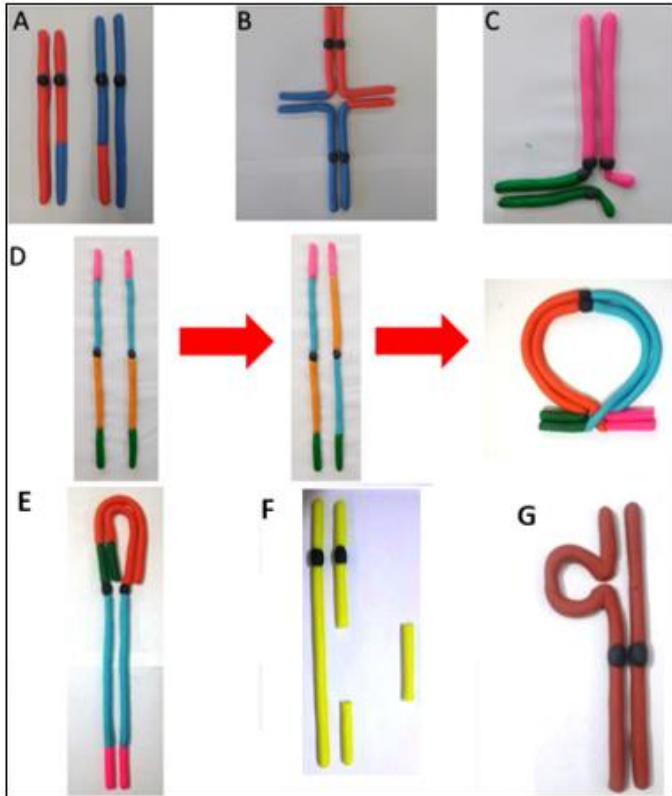


FIGURA 1: Modelos didáticos construídos pelos pesquisadores.

FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

LEGENDA: A) Translocação balanceada, B) Pareamento de cromossomos translocados, C) Pareamento de cromossomos que sofreram uma translocação robertsoniana. D) Inversão pericêntrica e pareamento destes cromossomos. E) Pareamento de cromossomos com inversão paracêntrica. F) Deleção intercalar. G) Alça de duplicação.

Aula prática

Na sequência, a aula prática foi realizada seguindo os passos do plano de aula e com o auxílio de slides (ANEXO 5 e 6). Conforme o professor ministrava a aula, os alunos, simultaneamente, construíam o modelo didático de acordo com a situação apresentada pelo professor. Assim, os alunos construíram cromossomos translocados, invertidos, deletados e duplicados (FIGURA 2). Estes cromossomos foram pareados de acordo com as orientações dos

professores, simulando os pareamentos que ocorrem na prófase meiótica 1. Todos os cromossomos foram representados de forma simples, ou seja, sem a cromátide irmã, para facilitar o manuseio do material. As construções dos cromossomos deveriam estar de acordo quanto à forma, disposição, sentido e cores. Os professores auxiliaram os alunos a recriar os cromossomos rearranjados, quando estes apresentavam erros. Dessa forma, as aulas transcorreram com a construção e a visualização bidimensional dos modelos desejados.

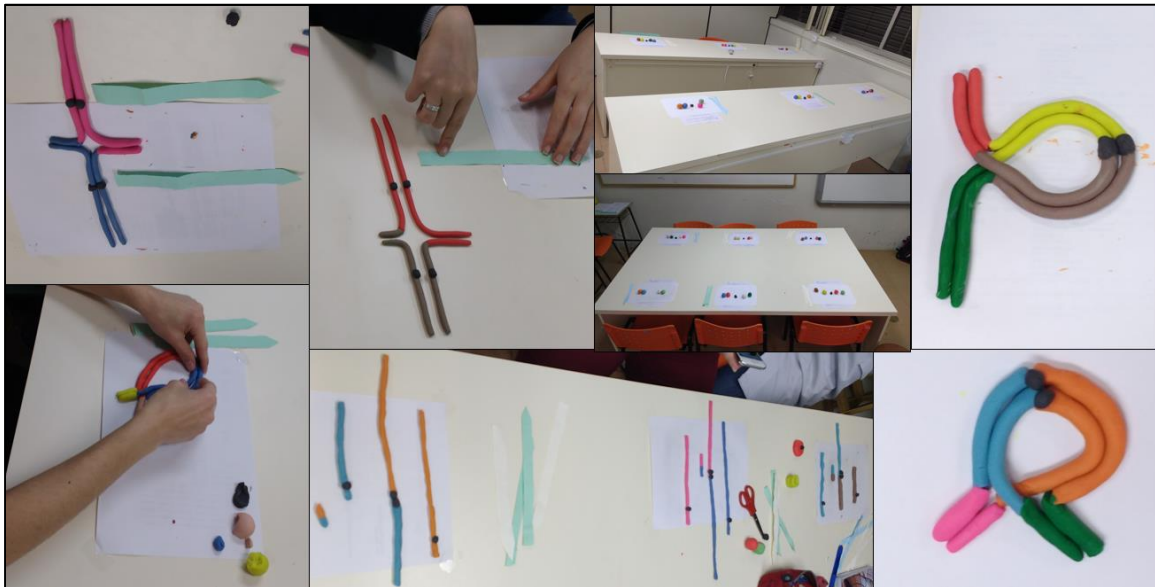


FIGURA 2: Construção do modelo didático pelos alunos de Biologia.
FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

Como mencionado anteriormente, a aula prática foi seguida pela aplicação do questionário avaliativo (ANEXO 4) para verificar o aprendizado referente a aula prática.

Análise estatística

O desempenho dos alunos foi comparado antes e após a aula prática, para a nota de cada questão e a nota total do questionário. Também se avaliou a possibilidade de associação entre os estilos de aprendizagem com as notas obtidas antes e depois da aula prática. Estas comparações foram feitas com o uso do programa Graphpad Prism v.5 por meio de análises de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis, em conformidade com a distribuição não normal dos dados, testada pelo teste de Shapiro-Wilk. Também foram analisadas com o programa STATA v.9.2, por meio de regressão logística binária univariada para o cálculo de Odds Ratio e valor de P, após verificação da hipótese de homogeneidade entre as turmas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

• Caracterização dos participantes

As oito turmas foram homogêneas entre si em relação às notas obtidas antes e depois da aula prática, embora as turmas da manhã (TA, TB, TC, TD) tenham uma tendência em apresentar notas superiores às turmas noturnas (TE, TF, TG, TH) (Kruskal-Wallis para ambos: $P = 0,07-0,08$). Também foram homogêneas em relação à distribuição de estilos de aprendizagem, embora isso possa se dever a um viés amostral (Kruskal-Wallis $P = 0,37$). Logo, foi possível agrupar as turmas em apenas uma amostra (FIGURA 3).

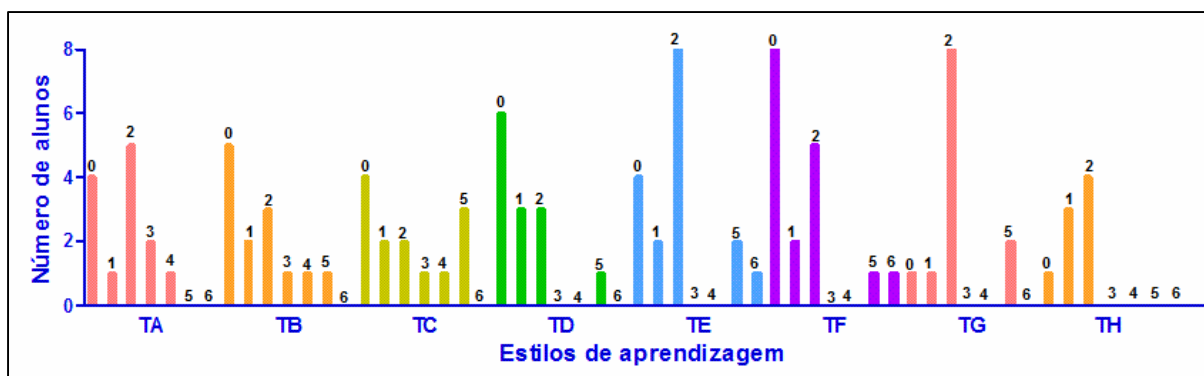


FIGURA 3: Distribuição do estilo de aprendizagem das oito turmas de Biologia.

FONTE: Boldt; Bumiller; Franzoi, 2016.

NOTA: Em todas as turmas foi observado uma alta diversidade em relação a classificação do estilo de aprendizagem. A turma A apresenta os três estilos de aprendizagem diferentes (sinestésico, visual e auditivo), e mais dois grupos de alunos com mais de um estilo de aprendizagem: visual e auditivo e, auditivo e sinestésico. As turmas B e C apresentam os três estilos de aprendizagem diferentes, e mais três grupos de alunos com mais de um estilo de aprendizagem: visual e auditivo; auditivo e sinestésico; visual, auditivo e sinestésico. A turma D apresenta os três estilos de aprendizagem diferentes, e mais um grupo de alunos com mais de um estilo de aprendizagem: visual, auditivo e sinestésico. As turmas E e F apresentam os três estilos de aprendizagem diferentes, e mais dois grupos de alunos com mais de um estilo de aprendizagem: visual, auditivo e sinestésico, e, visual e sinestésico. Já, a turma G apresenta os três estilos de aprendizagem diferentes, e mais um grupo de alunos com mais de um estilo de aprendizagem: visual, auditivo e sinestésico. Por fim, a turma H apresenta os três estilos de aprendizagem diferentes.

LEGENDA: 0= sinestésico, 1= visual, 2= auditivo, 3= visual e auditivo, 4= auditivo e sinestésico, 5= visual, auditivo e sinestésico, 6= visual e sinestésico.

Dentre os 106 alunos, 36% apresentaram o estilo de aprendizagem auditivo, 31% sinestésico e 15% visual. Um número menor de alunos compartilhou dois estilos de aprendizagem: visual e sinestésico (2%), auditivo e sinestésico (3%), ou visual e auditivo (4%), sendo que alguns apresentaram os três estilos de aprendizagem: visual, sinestésico e auditivo (9%) (FIGURA 4). Isto demonstra a heterogeneidade do estilo de aprendizagem dos alunos e a

importância da aula alcançar a todos. Neste trabalho, acredita-se que uma das maneiras de beneficiar alunos sinestésicos é enriquecendo as aulas com modelos didáticos, construídos por eles próprios.

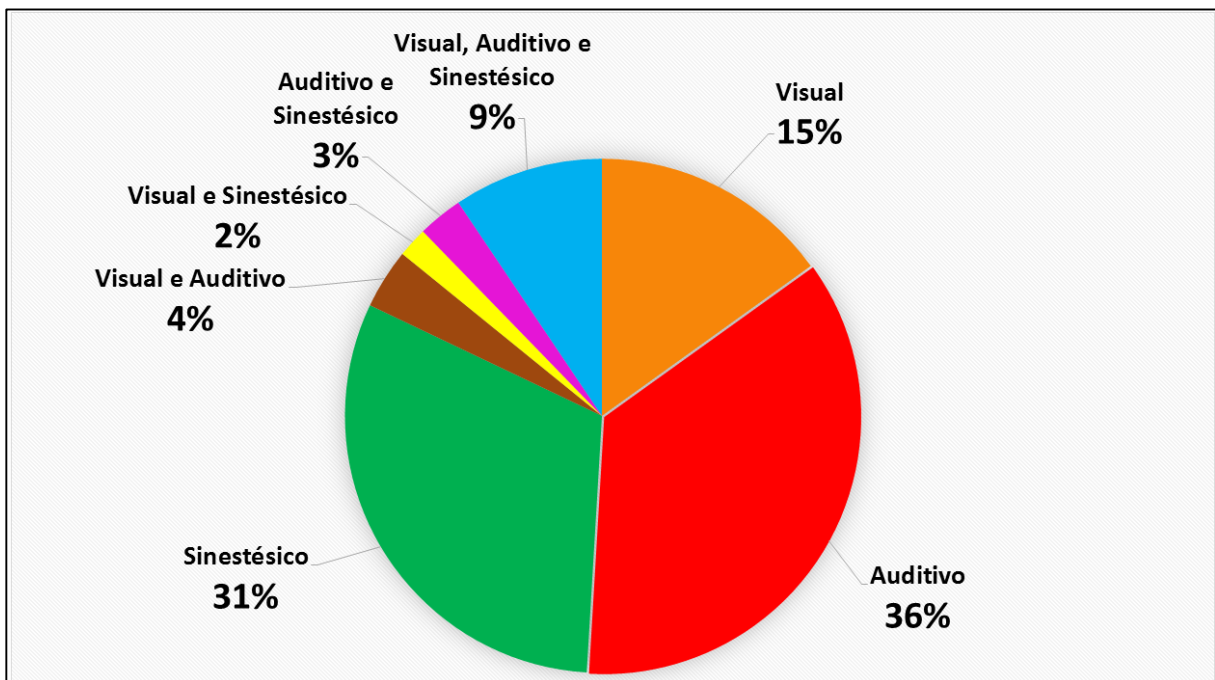


FIGURA 4: Caracterização do estilo de aprendizagem dos alunos de Biologia.

FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

NOTA: Distribuição do estilo de aprendizagem de todos os alunos do curso de Biologia.

Validação do modelo didático

Todas as turmas e estilos de aprendizado apresentaram desempenho melhor, após a aplicação da aula prática (FIGURAS 5 e 6).

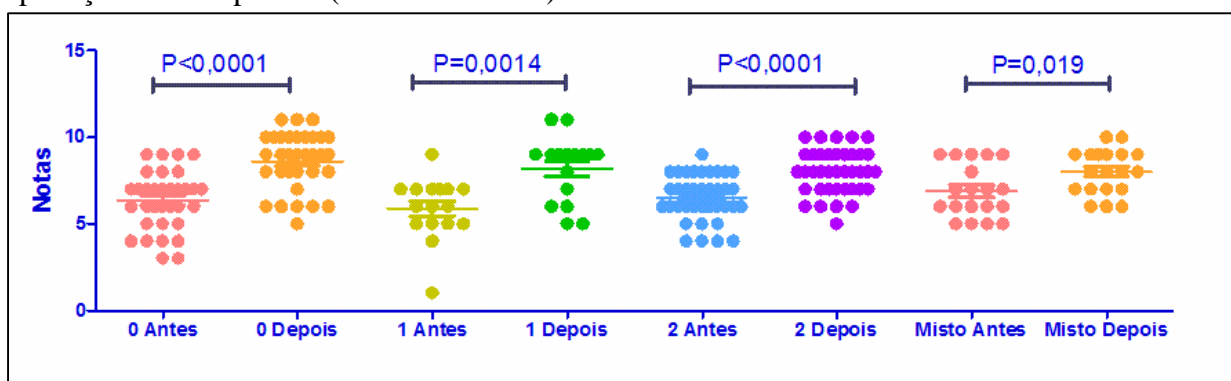


FIGURA 5: Distribuição de notas em relação aos estilos de aprendizagem.

FONTE: Boldt, 2016.

NOTA: Ao agrupar os alunos nos estilos de aprendizagem: sinestésico, visual, auditivo e misto; foi observado que todos os grupos apresentaram aumento de acerto significativo após a aula prática.

LEGENDA: 0= sinestésico, 1= visual, 2= auditivo, MISTO= mais de um estilo de aprendizagem (visual e auditivo; auditivo e sinestésico; visual, auditivo e sinestésico; visual e sinestésico).

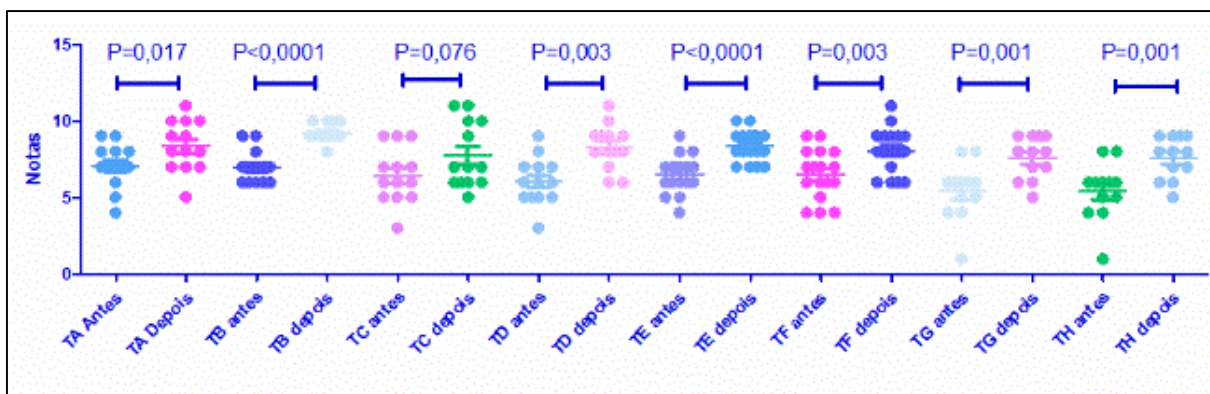


FIGURA 6: Distribuição de notas das oito turmas antes e depois da prática.

FONTE: Boldt, 2016.

NOTA: As oito turmas apresentaram uma tendência à diferenciação antes e depois da aula prática ($P= 0,07$ e $0,06$, respectivamente) em relação à distribuição de notas. Destas, sete obtiveram um aumento de nota significativa após a prática. Apenas uma, a turma C, obteve uma tendência de aumento.

LEGENDA: TA= Turma A, TB= Turma B, TC= Turma C, TD= Turma E, TE= Turma E, TF= Turma F, TG= Turma G, TH= Turma H.

Ao analisar as respostas dos questionários, observou-se que a nota final obtida pelos alunos após a aula prática foi maior, em relação à nota inicial, a mediana anterior a prática foi 6,5 e após a prática foi 8 (FIGURA 7). Logo, a realização do modelo didático aumentou a chance em cerca de duas vezes, de compreender melhor o conteúdo e aumentar a nota ($OR = 2.139$, $IC95\% = [1.706 - 2.682]$, $p < 0,001$), assegurando uma melhora no aprendizado do conteúdo.

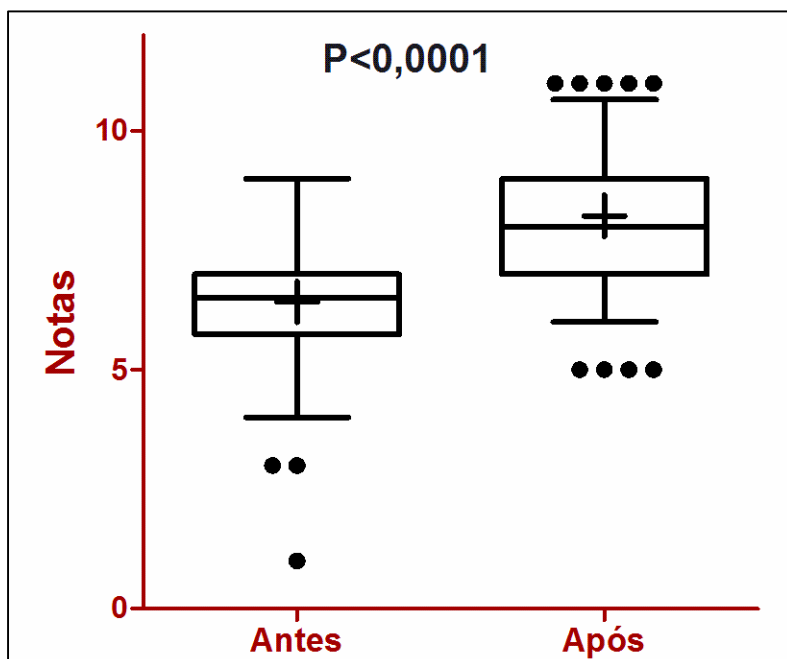


FIGURA 7. Distribuição das notas dos questionários aplicados no início (I) e final (F) da aula prática. FONTE: Boldt, 2016.

NOTA: Box-plot com dispersão das notas antes e após a aula prática em torno da mediana. A mediana anterior a prática foi 6,5, a nota mínima foi 1 e a máxima 9. Enquanto após a prática a mediana passou a ser 8, a nota mínima 5 e a máxima 11, a qual é a nota máxima do questionário.

Ao analisar as questões de forma isolada, percebe-se que as questões 1.I, 4 e 7 obtiveram um grande número de acertos após a prática, enquanto nas questões 3.I, 3.II, 3.III, não houve diferença apreciável antes e depois da aula prática.

Uma das questões que apresentou um grande número de acertos após a aula prática foi a questão 1.I. A qual avaliou a compreensão sobre inversão cromossômica. Foi observado que 51,8% dos alunos responderam a questão corretamente apenas com a aula teórica, dificuldade superada após a aula prática com a construção do modelo e sua visualização (82%). Obteve-se um valor de OR de 4,25 ([IC95%= 2,27-7,94], $p < 0,001$) mostrando que a chance do aluno acertar após a aula prática é cerca de quatro vezes maior. De fato, 82% dos participantes acertaram a resposta após a construção do modelo, comparado a 51,8%, antes da aula prática (FIGURA 8).

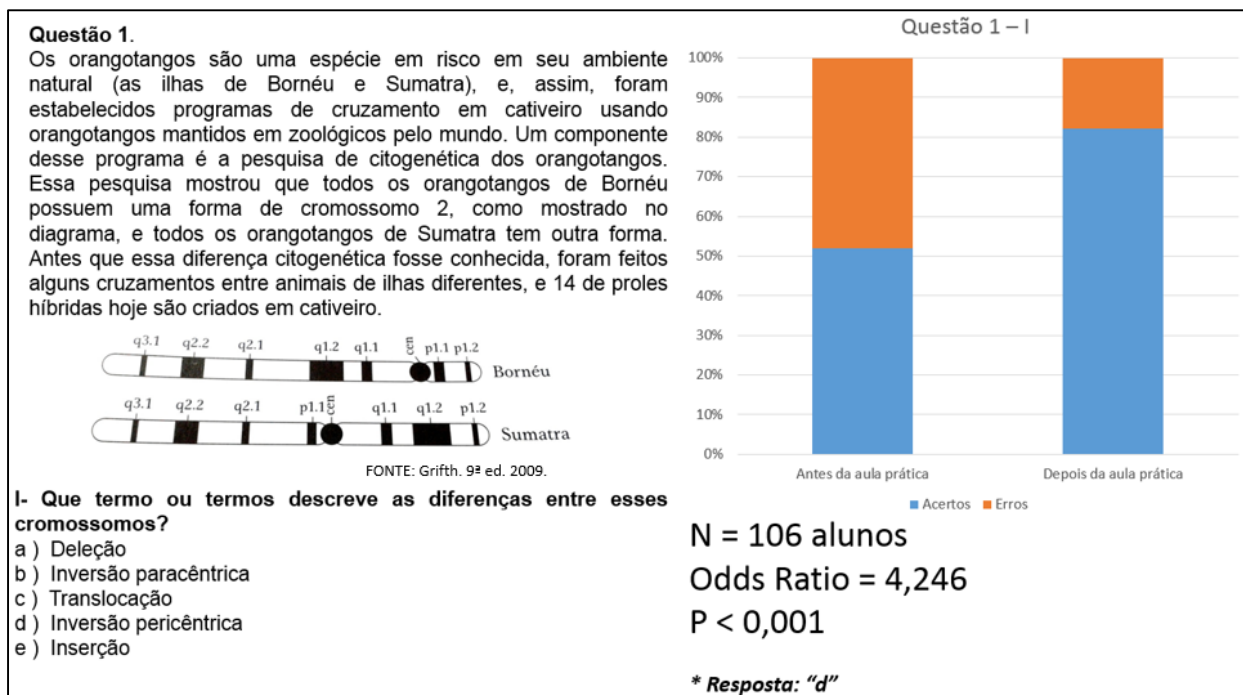


FIGURA 8. Questão 1.I e frequência de acertos antes e depois da aula prática.

FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

NOTA: Os gráficos mostram antes e após a aula prática a porcentagem de acertos em azul, e de erros em vermelho. O aumento de acertos foi significativo (OR= 4,25 [IC95%= 2,27-7,94], $p < 0,001$).

A questão 1.II avalia a compreensão sobre o pareamento dos cromossomos com inversão pericêntrica. Foi observado que apenas 29,2% dos alunos responderam a questão corretamente apenas com a aula teórica, dificuldade amenizada após a aula prática, OR= 1,79

[IC95% =1,01-3,15], $p < 0,046$) mostrando que houve um aumento significativo no número de respostas certas após a aula prática. Porém, a frequência de acertos ainda foi baixa (42,4%) (FIGURA 9).

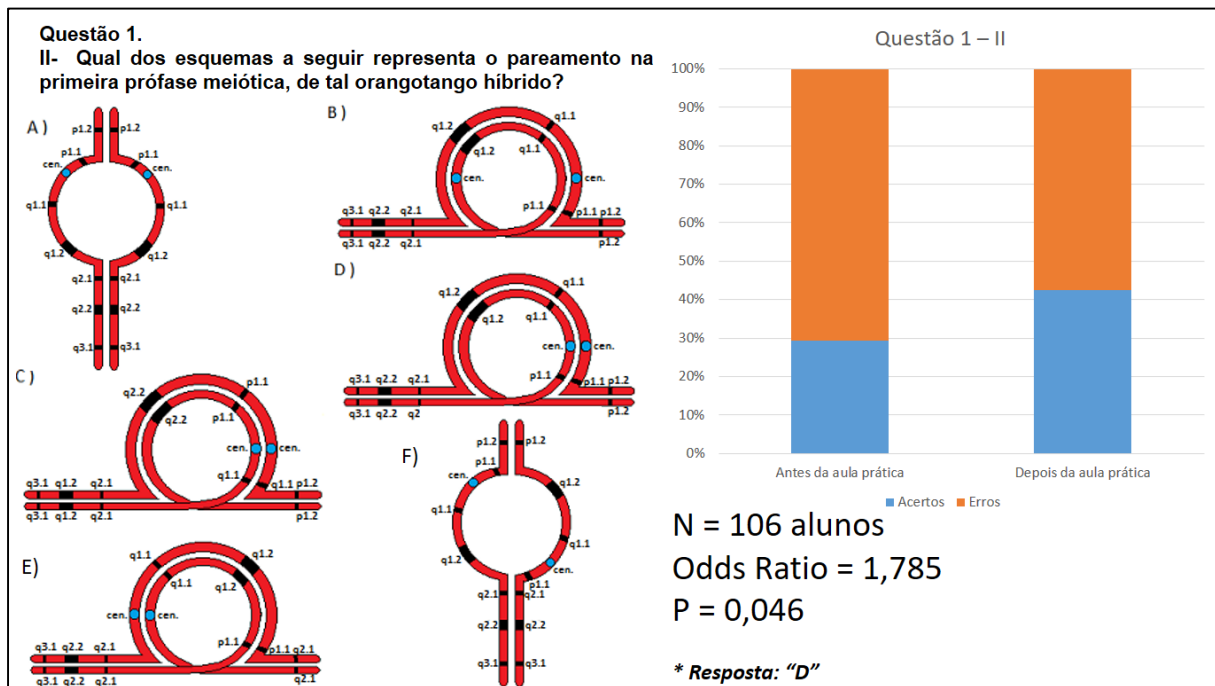


FIGURA 9. Questão 1.II e frequência de acertos antes e depois da aula prática. FONTE: FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

NOTA: Os gráficos mostram antes e após a aula prática a porcentagem de acertos em azul, e de erros em vermelho. O aumento de acertos foi significativo (OR= 1,79 [IC95% =1,01-3,15], $p < 0,046$).

A questão 2.I, que trata do processo de formação de cromossomos com translocação recíproca, também apresentou resultado superior, comparando os acertos após a aula prática, em relação aos acertos apenas com a aula teórica (FIGURA 10). Obteve-se um valor OR de 2,675 ([IC95%= 1.12-6.42], $p < 0,028$), significando que após a aula prática, a chance de acerto é maior que o dobro, destacando a eficiência do modelo didático construído.

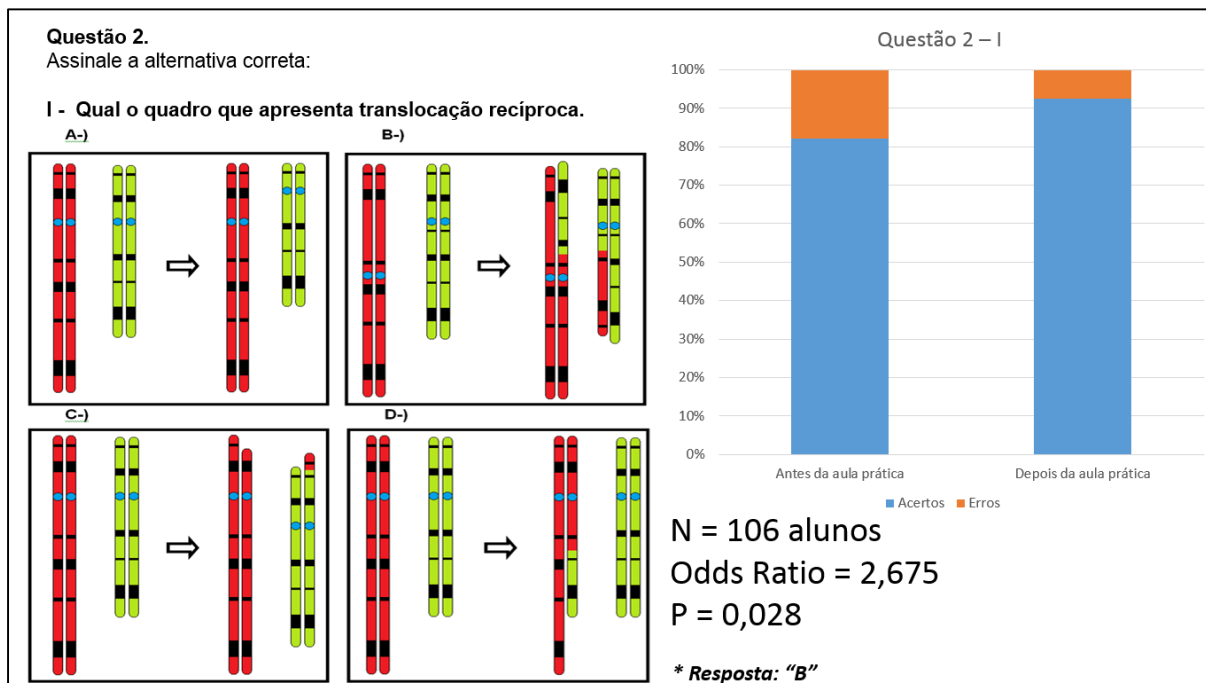


FIGURA 10. Questão 2.I e frequência de acertos antes e depois da aula prática.

FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

NOTA: Os gráficos mostram antes e após a aula prática a porcentagem de acertos em azul (82,1% antes da aula prática e 92,4% depois da aula prática), e de erros em vermelho. O aumento de acertos foi significativo (OR= 2,675 [IC95%= 1.12-6.42], $p < 0,028$).

Ainda na questão 2, sobre o pareamento entre cromossomos com translocação recíproca, novamente obtivemos uma melhora com OR= 2,19 ([IC95%= 1,26-3.81], $p < 0,006$) (FIGURA 11).

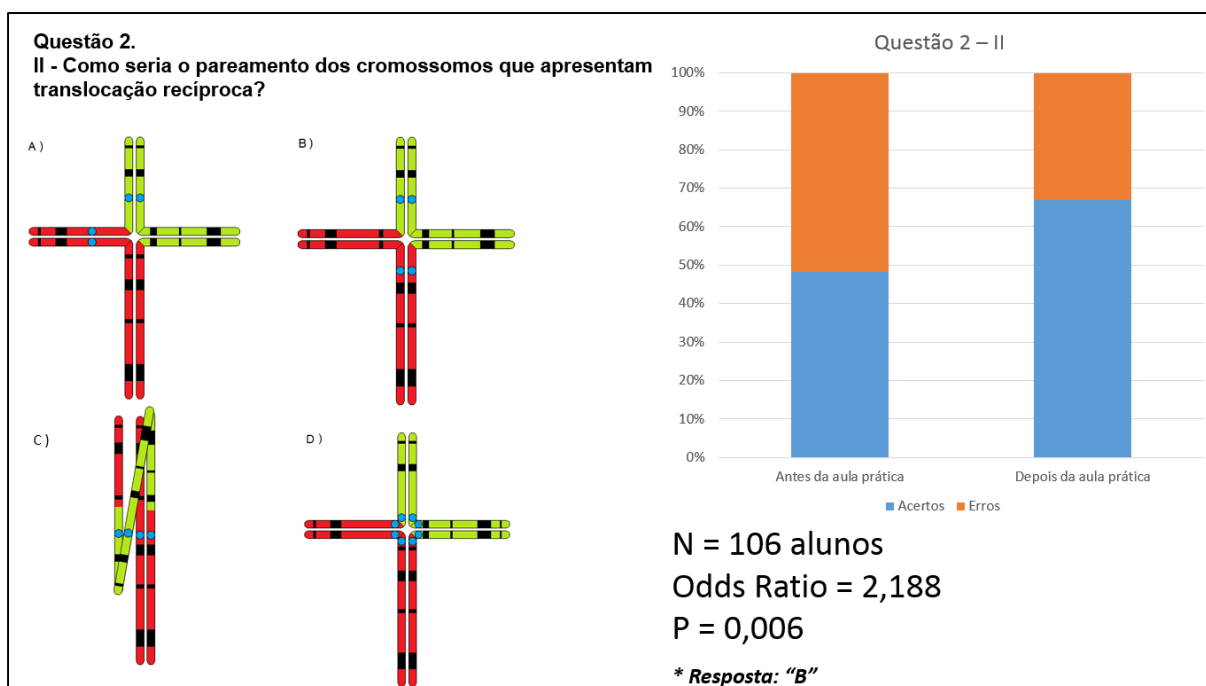


FIGURA 11. Questão 2.II e frequência de acertos antes e depois da aula prática.

FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

NOTA: Os gráficos mostram antes e após a aula prática a porcentagem de acertos em azul (48,1% antes da aula prática e 67% depois da aula prática), e de erros em vermelho. A chance de aumento de acertos foi significativo (OR= 2,19 [IC95%= 1,26-3.81], $p < 0,006$).

A questão 3 não inclui imagens e explora a compreensão de conceitos de rearranjos cromossômicos, através de assinalamentos com “V” de verdadeiro ou “F” de falso. Na 3.I, houve tendência de melhora no número de acertos, após a aula prática, com OR= 1,70 ([IC95%= 0.99 - 2.93], $p < 0,055$) (FIGURA 12).

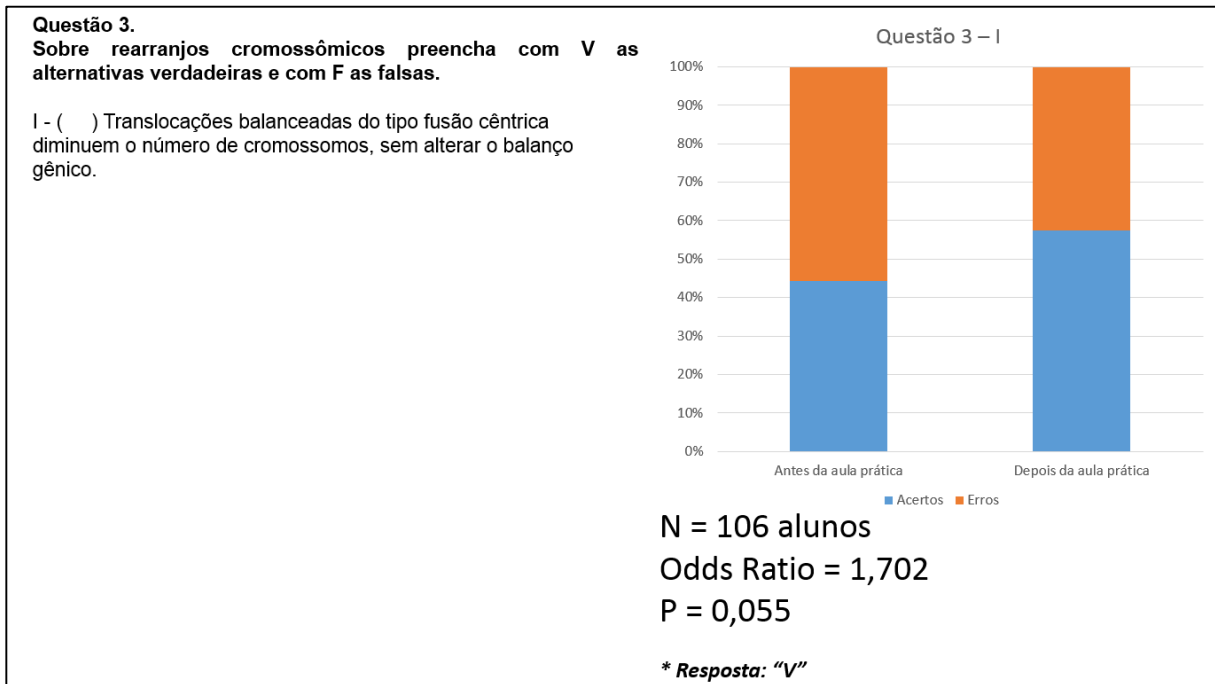


FIGURA 12: Questão 3.I e frequência de acertos antes e depois da aula prática.

FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

NOTA: Os gráficos mostram antes e após a aula prática a porcentagem de acertos em azul (44,3% antes da aula prática e 57,5% depois da aula prática), e de erros em vermelho. O aumento de acertos foi sugestivo (OR= 1,70 [IC95%= 0.99 - 2.93], $p < 0,055$).

Situação similar houve com a questão 3.II, que avalia a compreensão da consequência de uma recombinação na alça de inversão paracêntrica (OR=1,687 [IC95%= 0,98-2,92], $p = 0,061$) (FIGURA 13). O baixo nível de acerto após a aula prática observado nesta questão, em particular, provavelmente deve-se ao fato de que não houve tempo disponível para explorar as consequências das recombinações nas alças de inversão com a massa de modelar, no tempo de aula.

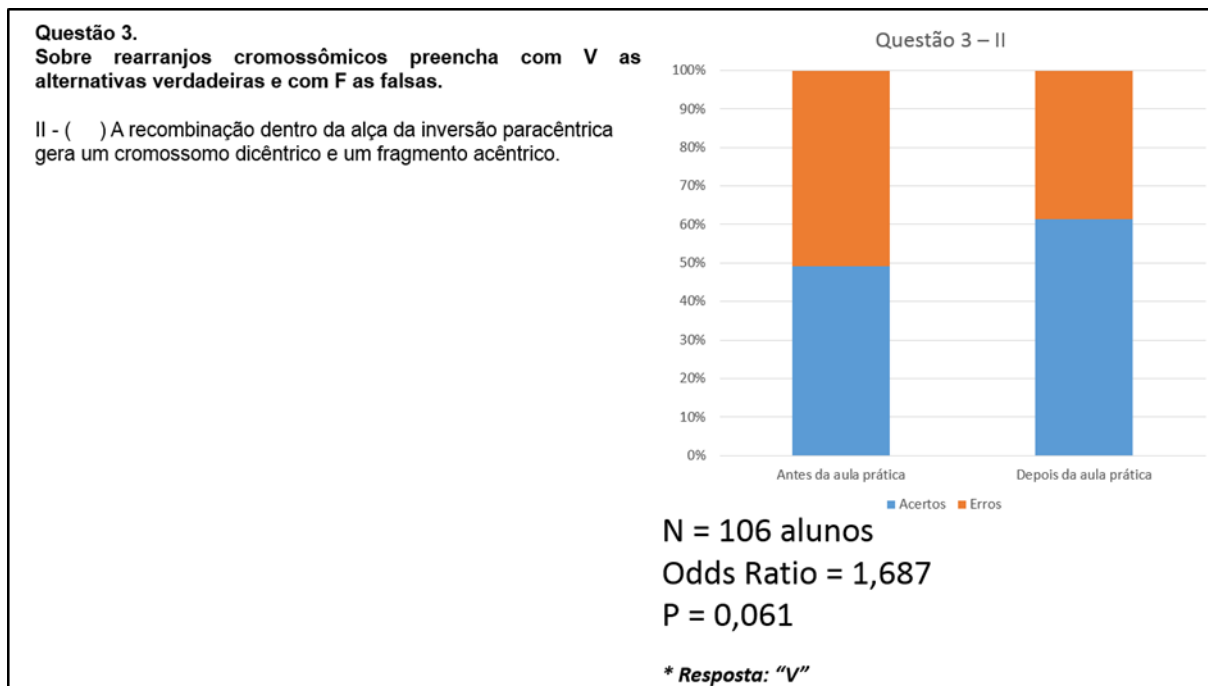


FIGURA 13: Questão 3.II e frequência de acertos antes e depois da aula prática.

FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

NOTA: Os gráficos mostram antes e após a aula prática a porcentagem de acertos em azul (49% antes da aula prática e 61,3% depois da aula prática), e de erros em vermelho. A probabilidade de aumento nos acertos foi sugestivo (OR=1,687 [IC95%= 0,98-2,92], p= 0,061).

Não houve tendência de melhora no número de acertos em resposta à questão 3.III (OR= 1,25 [IC95%= 0.64 - 2.40], p= 0,506). Neste caso, acredita-se que o resultado se deva ao fato de que as consequências da hereditariedade de translocações recíprocas, abordadas pela questão, não tenham sido trabalhadas adequadamente, com os modelos construídos em sala de aula. Outra possível explicação seria que somente a questão 3 e seus respectivos subitens não apresentavam imagens, como nas outras questões. Esta questão é exclusivamente escrita, sem o auxílio de uma imagem para ajudar a compreensão do aluno.

Questões como a número 4 (FIGURA 14) corroboram a hipótese de que aula prática dessa natureza proporcionam condições que facilitam a aprendizagem de conhecimentos sobre os mecanismos envolvendo cromossomos arranjados. A questão aborda o pareamento entre cromossomos, dos quais um apresenta uma duplicação. Mesmo apresentando uma alta taxa de acertos apenas com a aula teórica (70,7%), a realização do modelo aumentou em quase 6 vezes a probabilidade de acertos deste conteúdo, aumentando a taxa de acertos para 93,4% (OR= 5,85 [IC95%= 2,44-14,0], p< 0,001).

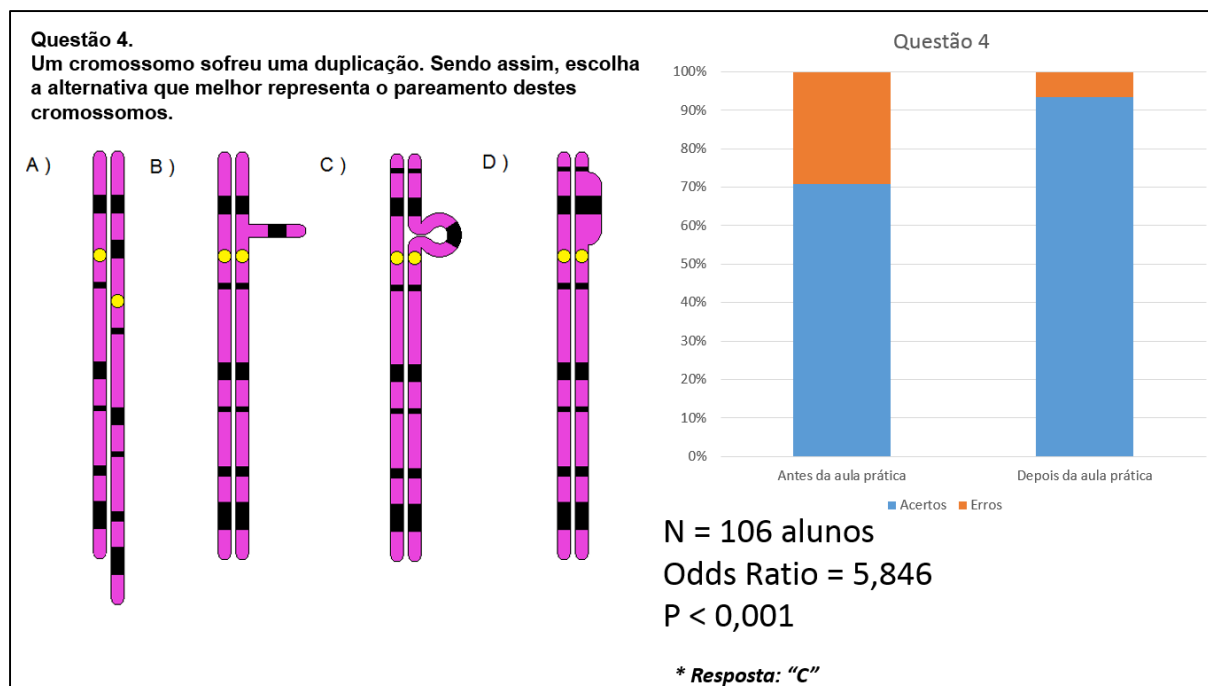


FIGURA 14: Questão 4 e frequência de acertos antes e depois da aula prática.

FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

NOTA: Os gráficos mostram antes e após a aula prática a porcentagem de acertos em azul, e de erros em vermelho. O aumento na probabilidade de acertos foi significativo (OR= 5,85 [IC95%= 2,44-14,0], $p < 0,001$).

A questão 5 mostra três cariótipos, o primeiro representando o padrão da espécie, e os demais com rearranjos cromossômicos. Na questão 5.I o cariótipo alterado mostrava uma translocação robertsoniana, para essa questão não houve melhora após construção do modelo ($p = 0,65$). Já a questão 5.II apresentava um cariótipo alterado por uma deleção, e, como anteriormente, o número de acertos não aumentou significativamente após a aula prática ($p = 0,27$). A principal razão para este resultado parece ser, neste caso, que a aula teórica foi suficiente para a aprendizagem do conteúdo abordado. A porcentagem de acertos totais da questão 5 antes da aula prática foi de 85,4% e após a aula prática, de 87,3%.

A questão que obteve o maior aumento de acertos foi a questão 7 (21 acertos antes da aula prática - 19,8% e 76 após a aula prática- 71,7%) (FIGURA 15). Esta também foi uma questão complexa, abordando o pareamento de cromossomos rearranjados, modos de segregação e resultado da segregação na forma de gametas balanceados ou desbalanceados para conteúdo genômico (OR= 10,25 [IC95%= 5,42-19,40], $p < 0,001$). O aumento na probabilidade de acerto após a aula prática pode de fato ser atribuído à confecção do modelo didático. Os alunos confeccionaram dois pares de cromossomos, demonstraram a translocação recíproca, representaram as três segregações possíveis (segregação independente, como sugerida na

questão, de fato não existe) e com isso fixaram melhor esses conteúdos, tendo a chance de acerto aumentada em mais de 10 vezes.

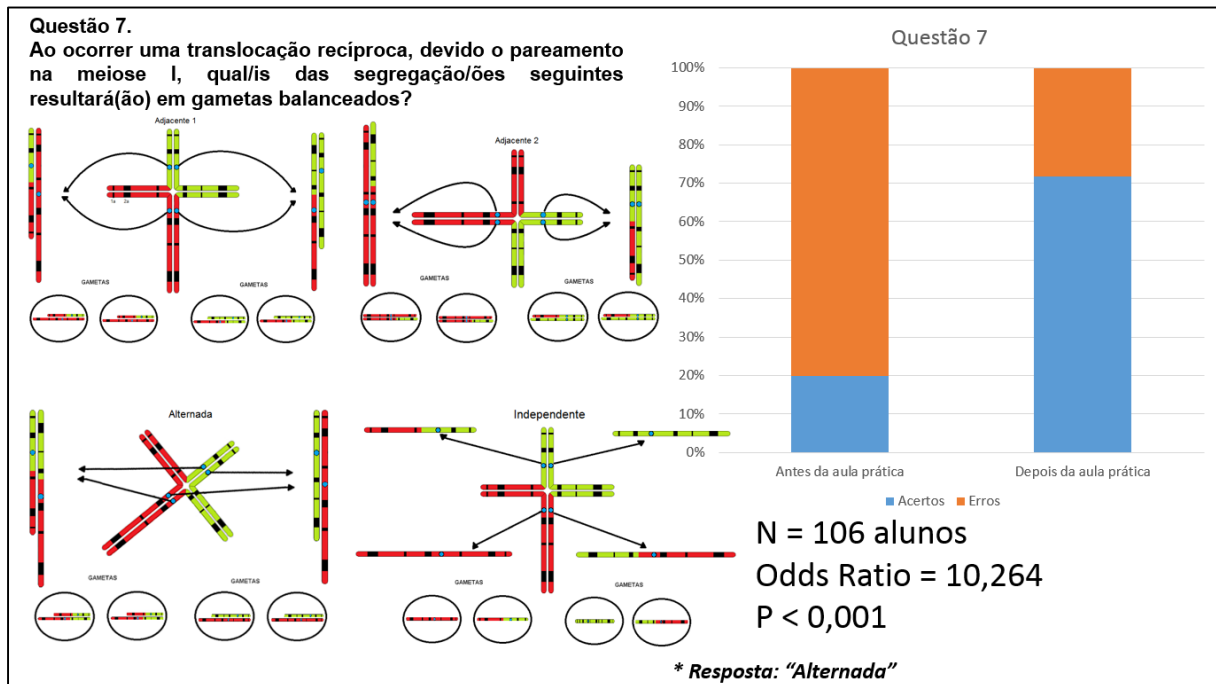


FIGURA 15: Questão 7, acompanhada do gráfico mostrando a % de erros e acertos antes e depois da aula prática e os valores de OR e “p”. FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

NOTA: Os gráficos mostram antes e após a aula prática a porcentagem de acertos em azul, e de erros em vermelho. O aumento na probabilidade de acertos foi significativo (OR= 10,25 [IC95%= 5,42-19,40], $p < 0,001$).

Quando questionados sobre estarem satisfeitos com o conteúdo aprendido, 90,6% dos alunos se mostraram satisfeitos após a aula prática, comparado a apenas 22,6% com a aula teórica. De fato, a chance de satisfação na compreensão do conteúdo aumentou em quase 33 vezes após a confecção do modelo (OR= 32,8 [IC95%= 14,82-72,59], $p < 0,001$) (FIGURA 16). A efetividade de aulas práticas foi corroborada tanto pelos índices de acerto das respostas, antes e depois da aula prática como pela opinião dos próprios alunos (FIGURA 17 e TABELA 1).

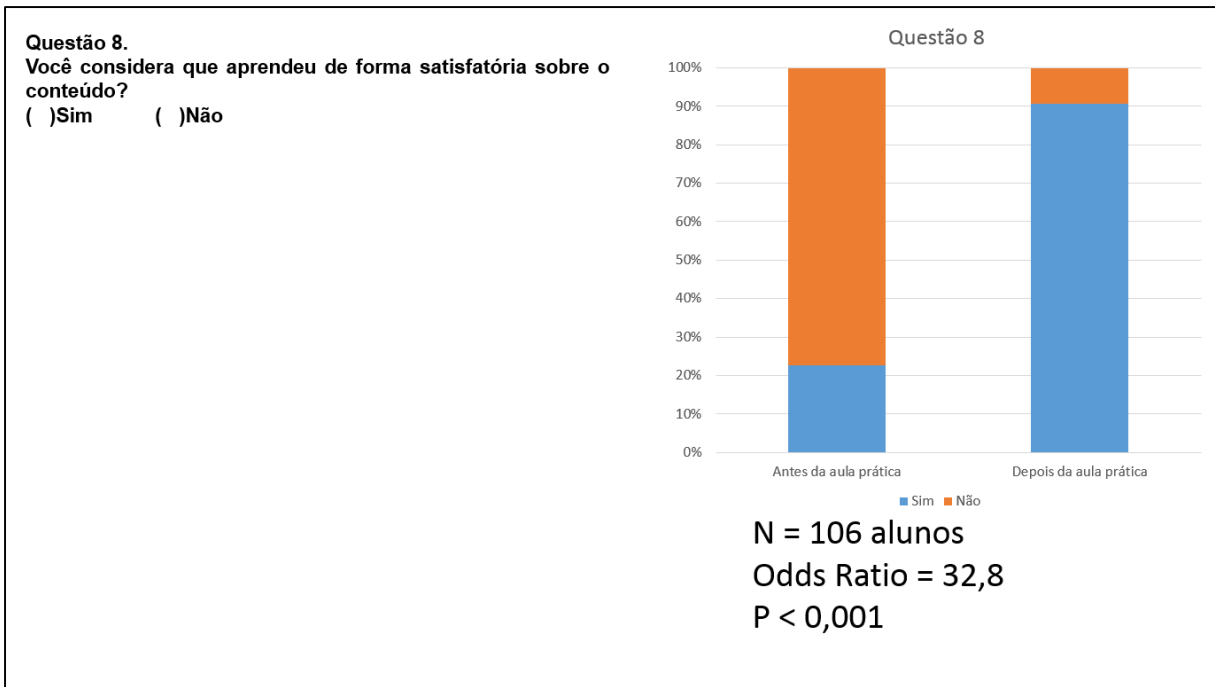


FIGURA 16: Questão 8 com o gráfico mostrando as respostas dos alunos.

FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

NOTA: Os gráficos mostram antes e após a aula prática as opiniões positivas em azul, e negativas em vermelho, em porcentagem. Em relação a satisfação dos alunos ao aprendizado antes e após a aula prática.

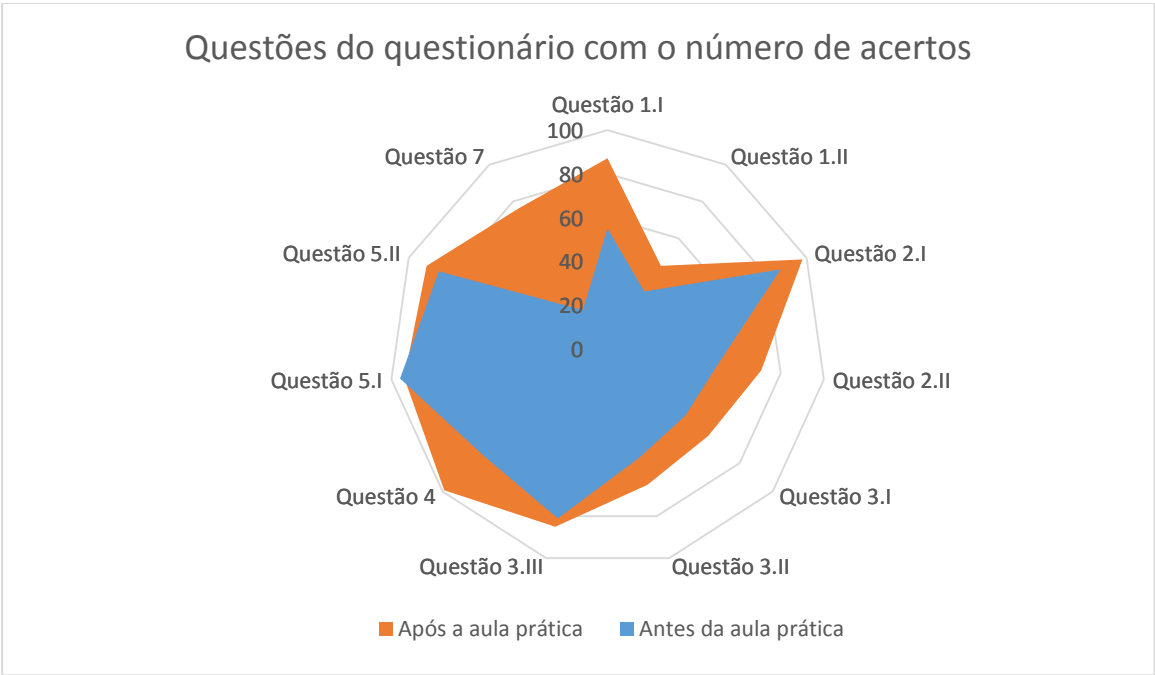


FIGURA 17: Visão geral das questões antes e depois da aula prática.

FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

NOTA: Nesta figura pode-se observar a comparação das notas antes da aula prática (em azul) e após a aula prática (em vermelho). Evidenciando com a área maior, um número maior de respostas corretas.

TABELA 1- frequência de acertos antes e depois da prática.

QUESTÃO	NOTA TOTAL		OR	P	IC 95%
	Antes da aula prática	Após a aula prática			
1-I	55	87	4.246	<0.001	[2.271 - 7.938]
1-II	31	45	1.785	0,046	[1.010 - 3.152]
2-I	87	98	2.675	0,028	[1.115 - 6.418]
2-II	51	71	2.188	0,006	[1.255 - 3.814]
3-I	47	61	1.702	0,055	[0.988 - 2.930]
3-II	52	65	1.687	0,061	[0.975 - 2.919]
3-III	81	85	1.249	0,506	[0.649 - 2.405]
4	75	99	5.846	<0,001	[2.440 - 13.999]
5-I	96	94	0.816	0,653	[0.336 - 1.979]
5-II	85	91	1.499	0,274	[0.725 - 3.096]
7	21	76	10.254	<0,001	[5.419 - 19.402]

FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

NOTA: Das onze questões, dez apresentaram aumento na chance de acerto.

A questão 6, que abordava escolhas pessoais entre duas imagens mostrando o mesmo processo, sendo a 6.I sobre inversões paracêntricas e pericêntricas, onde houve uma preferência grande pela imagem I, sendo escolhida por 86% dos alunos antes da prática e 83% após a prática (FIGURA 18). Os alunos demonstraram preferência pela imagem I, a qual apresenta cores que auxiliam na orientação da inversão do segmento cromossômico. Desta forma, em comparação com a imagem II, a imagem I proporciona maior compreensão do processo.

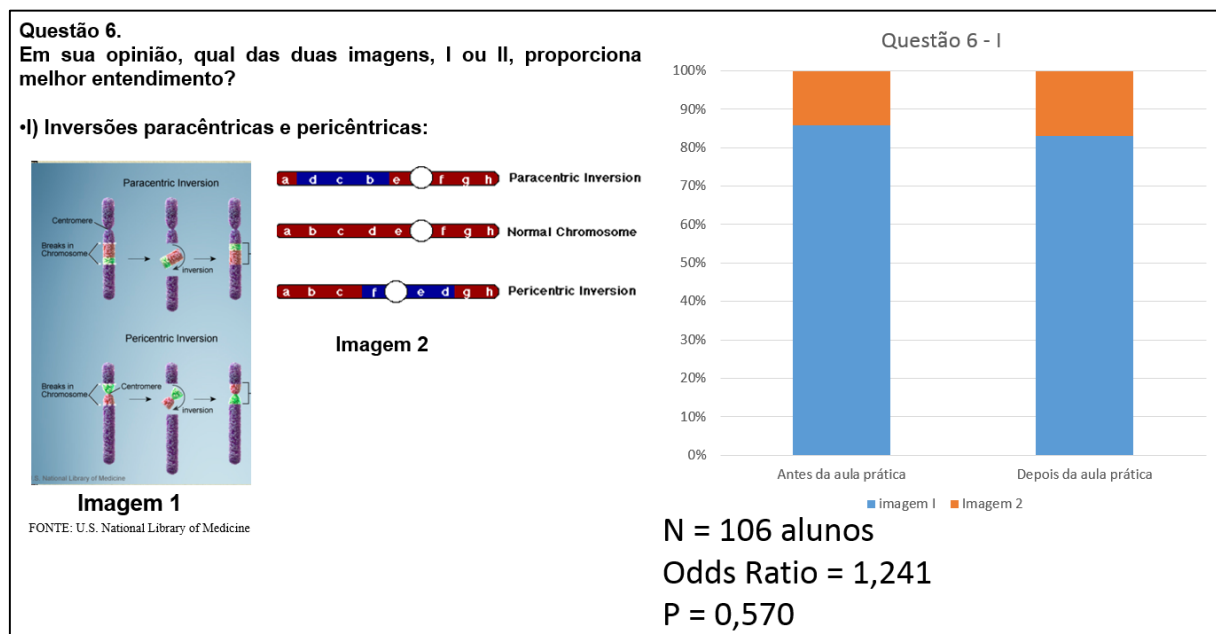


FIGURA 18: Questão 6.I, acompanhada do gráfico. FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

NOTA: Os gráficos mostram antes e após a aula prática a porcentagem de escolha da imagem I em azul, e da imagem II em vermelho. A imagem I teve preferência pelos alunos, tanto antes como após a aula prática.

Na questão 6.II que abordava sobre alça de inversão, primeiramente 78% dos alunos preferiram a imagem II, e no segundo momento subiram para 82% (FIGURA 19). A imagem 2 teve preferência pelos alunos tanto antes como após a aula prática. Provavelmente porque a imagem 2 facilita a representação do pareamento de uma inversão pericêntrica com a utilização de letras, as quais geram uma sequência.

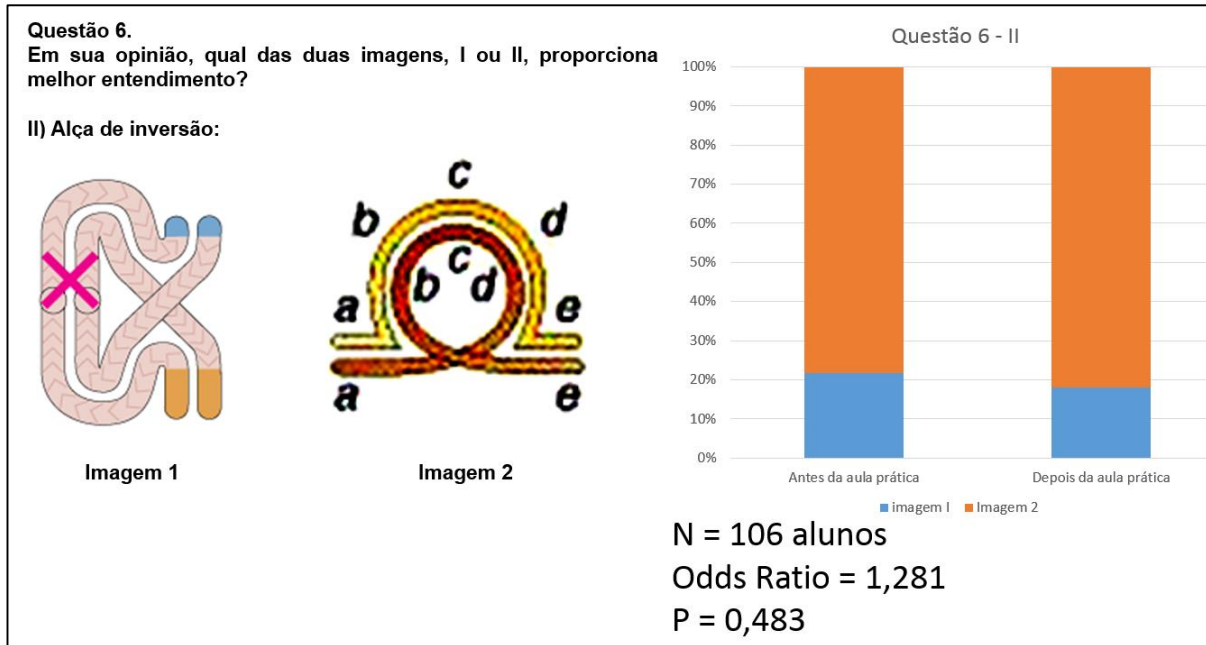


FIGURA 19: Questão 6.II, acompanhada do gráfico. FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

NOTA: Os gráficos mostram antes e após a aula prática a porcentagem de escolha da imagem I em azul, e da imagem II em vermelho. A imagem II teve preferência pelos alunos, tanto antes como após a aula prática.

Já na questão 6.III sobre o resultado produzido pela alça de inversão não houve um contraste grande na escolha das imagens como nas anteriores. Inicialmente 53% dos alunos preferiram a imagem II e após a aula prática esse número ficou ainda mais perto da metade com 52% preferindo a imagem II e 48% a imagem I (FIGURA 20). Possivelmente esse resultado foi obtido porque ambas as imagens proporcionam o mesmo entendimento.

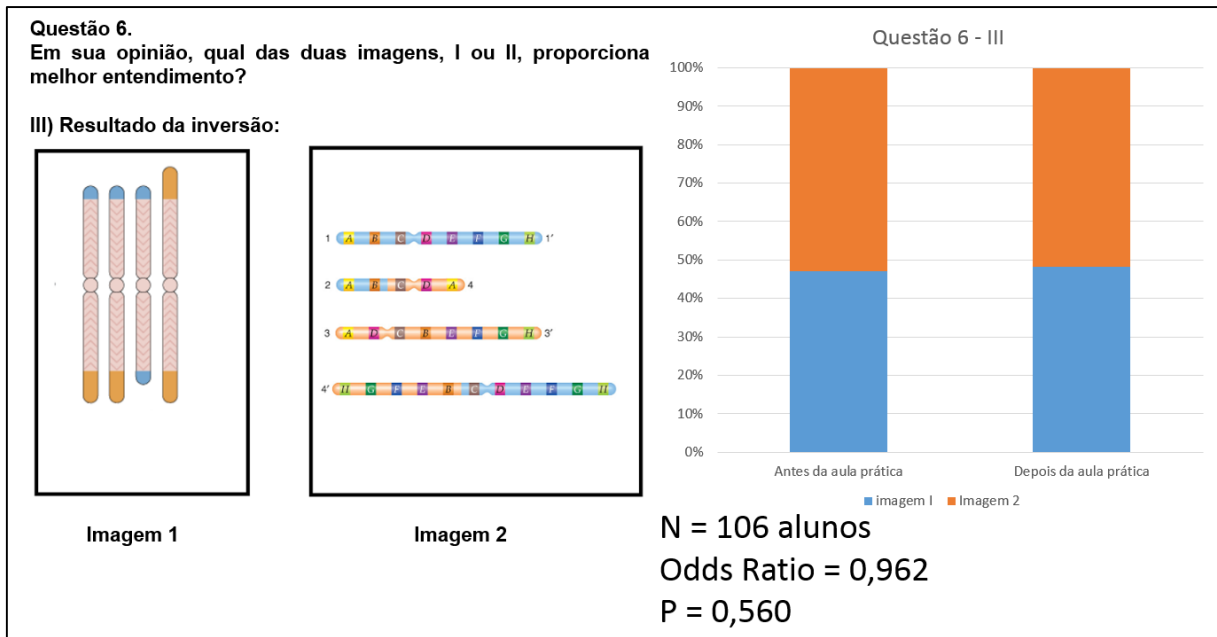


FIGURA 20: Questão 6.III, acompanhada do gráfico. FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.
NOTA: Os gráficos mostram antes e após a aula prática a porcentagem de escolha da imagem I em azul, e da imagem II em vermelho. A imagem II teve uma ligeira preferência pelos alunos, tanto antes como após a aula prática.

A questão 11 aborda o uso de modelos didáticos como ferramenta complementar à aula teórica, e pedia a opinião do aluno, entre positivo, não fez diferença ou negativo. Obtivemos 104 respostas positivas, apenas 2 respostas de que não fez diferença e nenhuma negativa, representando 98,1% de respostas positivas, na opinião dos próprios alunos (FIGURA 21).

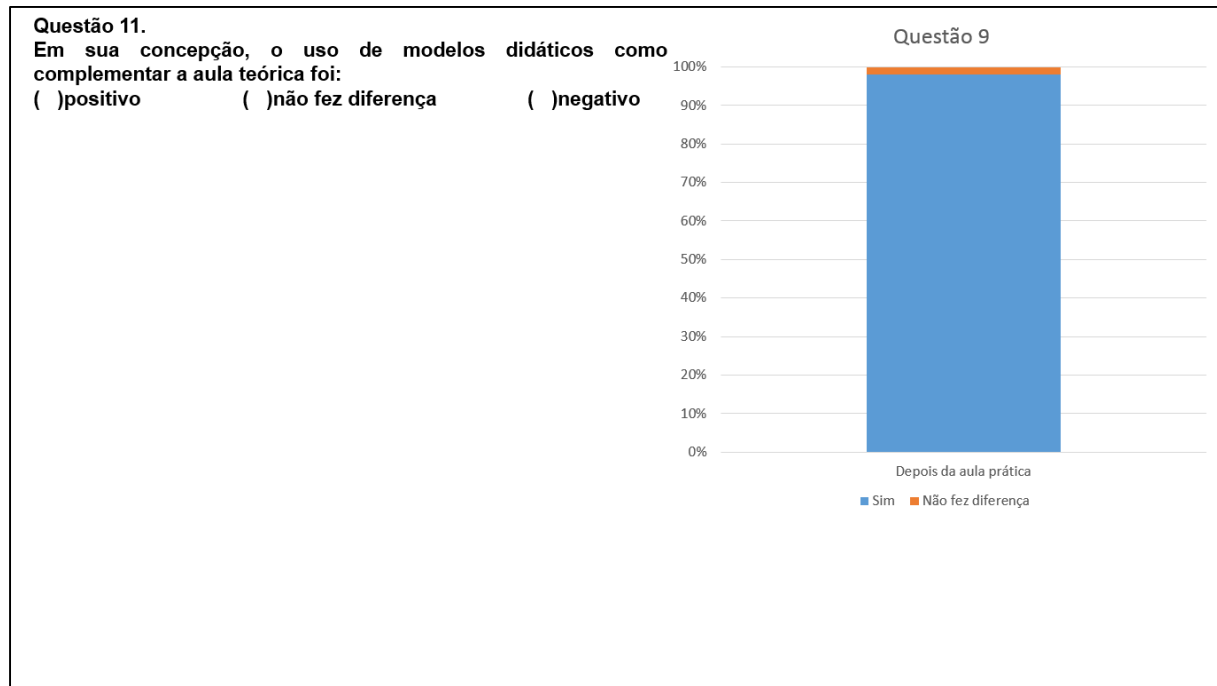


FIGURA 21. Questão 11 e frequência de alunos que apresentaram opinião positiva sobre o uso do modelo didático, como complementar à aula teórica. FONTE: Bumiller; Franzoi, 2016.

Na questão 09 os alunos foram questionados, após a aula prática, se esta proporcionou um melhor entendimento do conteúdo, e a resposta foi 100% afirmativa.

Para a grande maioria dos alunos (86%), a resposta qualitativa à questão 10 “Descreva como foi para você manusear e construir o material” foi positiva. Os alunos descreveram que conseguiram aprender mais facilmente o conteúdo com a construção do modelo didático, por ser visual e eles mesmos manusearem o material individualmente. Porém, 15 alunos (14%) salientaram que o tempo de aproximadamente duas horas para cumprir toda a proposta da aula prática foi curto, tendo em vista que para a construção dos modelos necessitariam de mais tempo.

CONCLUSÃO

Em geral, os alunos compreenderam o conteúdo acerca da formação e segregação de cromossomos rearranjados, com cerca de pelo menos duas vezes e meia mais facilidade, após a utilização do modelo proposto. Porém, não foram identificadas associações entre os estilos de aprendizagem e a melhora no aprendizado.

Das onze questões referente ao conteúdo “rearranjos cromossômicos”, seis obtiveram aumento significativo no número de acertos (1.I, 1.II, 2.I, 2.II, 4 e 7), e quatro aumentaram de forma sugestiva (3.I, 3.II, 3.III e 5.II). Os alunos foram organizados conforme os diferentes estilos de aprendizagem: auditivo, sinestésico e visual. Muitos compartilham mais de um estilos: visual e auditivo; auditivo e sinestésico; visual, auditivo e sinestésico; e visual e sinestésico.

Dessa forma, conclui-se que independentemente do estilo de aprendizagem dos alunos, a aula prática com a utilização deste modelo didático é bastante proveitosa, recomendando-se a sua aplicação na rotina de ensino do curso de graduação de Ciências Biológicas. Assim como recomenda-se o uso em outros cursos, como os de Ciências da Saúde, que também tem aulas sobre o mesmo conteúdo.

Finalmente, ao utilizar o modelo proposto por este trabalho, os alunos aprenderam a situação representada por ele, já que os próprios o construíram ao longo da aula prática. Deu-se aos alunos a oportunidade de tornarem-se aprendizes ativos, engajando-se na construção do modelo didático e no desenvolvimento do próprio conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos acadêmicos participantes da pesquisa e aos professores Daniela Leme, Daniel Pacheco Bruschi e Ana Claudia Bonatto responsáveis pela disciplina Genética 2 (BG039).

REFERÊNCIAS

ADAMS, J.; Learning Styles: Concepts and Evidence. **Brief A Research to Practice Resource**, 2013.

BRAGA, C. M. D. S.; FERREIRA, L. B. M. & GASTAL, M. L. A. O uso de modelos em uma sequência didática para o ensino dos processos da divisão celular. **Revista da SBEnBio–Número**, v. 3, p. 3789, 2010.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de genética - exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. **Arquivos do Museu Dinâmico Interdisciplinar**, v. 10, n. 2, p. 35-40, 2013. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/viewFile/19924/10818>>. Acesso em: 15/10/2016.

HAWK, T. F.; SHAH, A. J. Using learning style instruments to enhance student learning. **Decision Sciences Journal of Innovative Education**, v. 5, n. 1, p. 1-19, 2007. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.470.4049&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 15/10/2016.



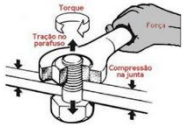
MILLER, O. J.; THERMAN, E. Human chromosomes. **Springer Science & Business Media**, 2011.

PASHLER, H. *et al.* Learning styles concepts and evidence. **Psychological Science in the Public Interest**, v. 9, n. 3, p. 105-119, 2008. Disponível em: <https://www.psychologicalscience.org/journals/pspi/PSPI_9_3.pdf>. Acesso em: 15/10/2016.

RIBEIRO, R. S.; SILVA, T. M. Alterações cromossômicas estruturais e segregação meiótica: um modelo didático usando massa de modelar. **Genética na Escola**, v. 11, n. 2, p. 138-147, 2016. Disponível em: <<http://www.geneticanaescola.com.br/volume-11-n-2>>. Acesso em: 15/10/2016.

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

ANEXO 1- Questionário estilo de aprendizagem

<p>Qual o seu estilo de aprendizado?</p> <p>Visual</p>  <p>Auditivo</p>  <p>Sinestésico</p> 	<p>A. Quando você visita um amigo pela primeira vez, a melhor forma de chegar é...</p> <ol style="list-style-type: none">1. Através de um mapa que o seu amigo desenhou.2. Recebendo instruções de seu amigo.3. Acompanhando, na primeira vez, o seu amigo para casa.
<p>B. Quando você escreve um trabalho, é importante...</p> <ol style="list-style-type: none">1. Que a mesa esteja organizada.2. Que não haja som ou barulhos dispersando a sua atenção.3. Que você possa se movimentar de vez em quando.	<p>C. O que você considera mais engraçado em um comediante?</p> <ol style="list-style-type: none">1. As caretas.2. Alterações da voz.3. Movimentos cômicos.
<p>D. Você não consegue se lembrar da ortografia de determinada palavra. O que você faz?</p> <ol style="list-style-type: none">1. Procura imaginar a palavra impressa ou escrita.2. Procura soletrar a palavra.3. Você escreve várias possibilidades e olha bem cada uma delas.	<p>E. O que você tem mais vontade de fazer?</p> <ol style="list-style-type: none">1. Assistir o último filme de um dos seus atores preferidos.2. Ouvir um show da sua banda preferida.3. Participar de um grupo de hip-hop.
<p>F. Para fazer uma receita para uma pessoa especial, você...</p> <ol style="list-style-type: none">1. Segue as instruções de um livro de receitas.2. Segue as instruções passo a passo de alguém ao seu lado (ou na TV).3. Experimenta fazê-la primeiro uma semana antes.	<p>G. Você pretende comprar um carro. Para você, o que é mais importante?</p> <ol style="list-style-type: none">1. O design.2. Informações do vendedor.3. A performance após um test drive.

H. A sua irmã caçula de 5 anos deseja saber como se parece um tamanduá. Para isso...

1. Você mostra um tamanduá numa figura da Internet.
2. Você tenta explicar como é o animal.
3. Você vai com ela ao zoológico, para que ela possa ver um de perto.

I. Você prefere professores...

1. Que escrevem muito no quadro-negro, mostram slides.
2. Que explicam detalhadamente os problemas.
3. Realizam experimentos com os alunos.

Contar quantos números 1, 2 e 3 foram assinalados e preencher no final do gabarito.



ANEXO 2 – folha de respostas referente a caracterização do estilo de aprendizagem.

GRR: _____ **Turma:** _____ **DATA:** ____/____/____
IDADE: _____ **SEXO:** _____

FOLHA DE RESPOSTAS 1

Qual o seu estilo de aprendizado?

- A. Quando você visita um amigo pela primeira vez, a melhor forma de chegar é...**
1 () 2 () 3 ()
- B. Quando você escreve um trabalho, é importante...**
1 () 2 () 3 ()
- C. O que você considera mais engraçado em um comediante?**
1 () 2 () 3 ()
- D. Você não consegue se lembrar da ortografia de determinada palavra. O que você faz?**
1 () 2 () 3 ()
- E. O que você tem mais vontade de fazer?**
1 () 2 () 3 ()
- F. Para fazer uma receita para uma pessoa especial, você...**
1 () 2 () 3 ()
- G. Você pretende comprar um carro. Para você, o que é mais importante?**
1 () 2 () 3 ()
- H. A sua irmã caçula de 5 anos deseja saber como se parece um tamanduá. Para isso...**
1 () 2 () 3 ()
- I. Você prefere professores...**
1 () 2 () 3 ()

Quantidade de números: 1 () 2 () 3 ()

Eu sou o tipo _____.

ANEXO 3 – Folha de respostas 2 referente a conteúdo “alterações cromossômicas estruturais”

GRR: _____ Turma: _____ DATA: ____/____/____

FOLHA DE RESPOSTAS 2

QUESTÃO 1

I. a() b() c() d(**X**) e()

II. a() b() c() d(**X**) e() f()

QUESTÃO 2

I. A() B(**X**) C() D() V ou F

II. A() B(**X**) C() D() 1. (**V**) 2. (**V**) 3. (**V**)

QUESTÃO 3

QUESTÃO 4

A() B() C(**X**) D()

QUESTÃO 5

I. a() b() c(**X**) d() e()

II. a() b() c() d() e(**X**)

QUESTÃO 6 (Escolha pessoal)

I. Imagem 1() Imagem 2()

II. Imagem 1() Imagem 2()

III. Imagem 1() Imagem 2()

QUESTÃO 7

Adjacente 1 () Adjacente 2 () Alternada (**X**) Independente ()

QUESTÃO 08 (Escolha pessoal)

Sim () Não ()

QUESTÃO 09 (Escolha pessoal)

Sim () Não ()

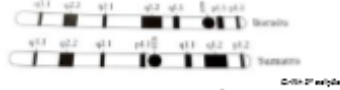
QUESTÃO 10 (Escolha pessoal)

QUESTÃO 11 (Escolha pessoal)

() **Positivo** () **Não fez diferença** () **Negativo**

ANEXO 4 – Questionário avaliativo

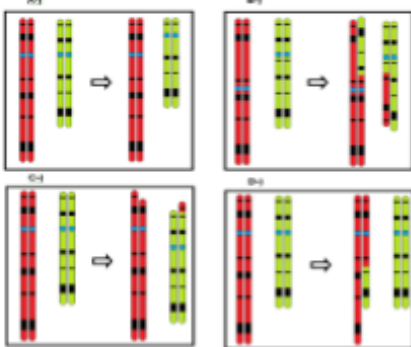
1. Os orangotangos são uma espécie em risco em seu ambiente natural (as ilhas de Bornéu e Sumatra), e, assim, foram estabelecidos programas de cruzamento em cativeiro usando orangotangos mantidos em zoológicos pelo mundo. Um componente desse programa é a pesquisa de citogenética dos orangotangos. Essa pesquisa mostrou que todos os orangotangos de Bornéu possuem uma forma de cromossomo 2, como mostrado no diagrama, e todos os orangotangos de Sumatra tem outra forma. Antes que essa diferença citogenética fosse conhecida, foram feitos alguns cruzamentos entre animais de ilhas diferentes, e 14 de proles híbridas hoje são criados em cativeiro.



- 1- Que termo ou termos descreve as diferenças entre esses cromossomos?
 a) Deleção
 b) Inversão paracêntrica
 c) Translocação
 d) Inversão pericêntrica
 e) Inserção

2. Assinale a alternativa correta:

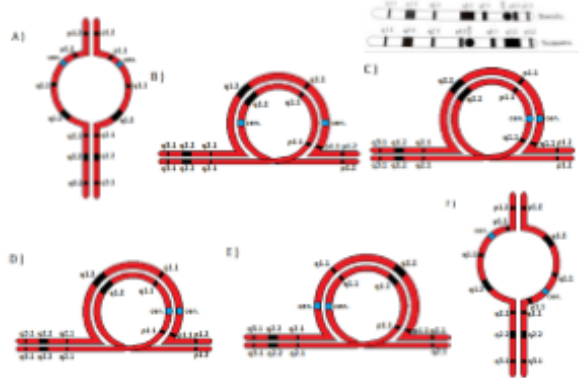
a) Qual o quadro que apresenta translocação recíproca.



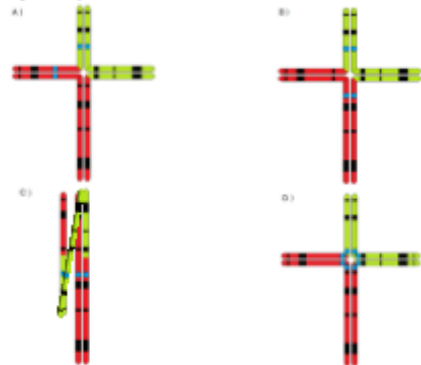
3. Sobre rearranjos cromossômicos preencha com V as afirmativas verdadeiras e com F as falsas.

- () Translocações balanceadas do tipo fusão cêntrica diminuem o número de cromossomos, sem alterar o balanço gênico.
 () A recombinação dentro da alça da Inversão paracêntrica gera um cromossomo dicêntrico e um fragmento acêntrico.
 () Certas trissomias podem ter caráter hereditário (não esporádico), quando um dos genitores é portador de uma inversão balanceada.

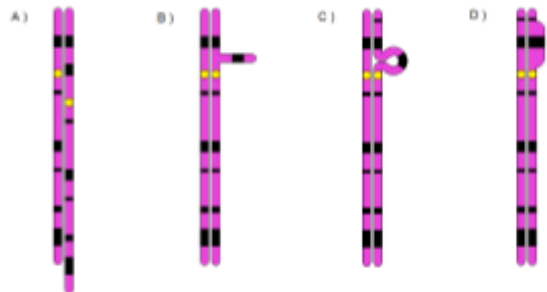
II- Qual dos esquemas a seguir representa o pareamento na primeira prófase meiótica, de tal orangotango híbrido?



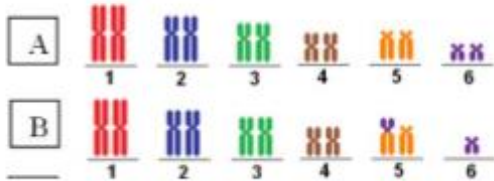
b-) Como seria o pareamento dos cromossomos que apresentam translocação recíproca?



4. Um cromossomo sofreu uma duplicação. Sendo assim, escolha a alternativa que melhor representa o pareamento destes cromossomos.

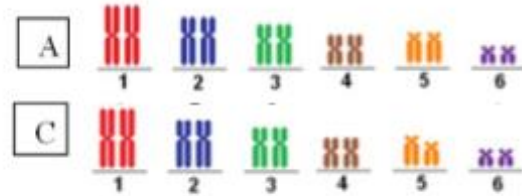


5. A figura abaixo apresenta três cariótipos obtidos de diferentes indivíduos, sendo o primeiro (A) considerado normal (ou padrão) para essa espécie. Diante dessas informações, responda:



I. Qual o tipo de alteração cromossômica encontrada no cariótipo B?

- a) Deleção
- b) Inversão paracêntrica
- c) Translocação robertsoniana
- d) Inversão pericêntrica
- e) Duplicação

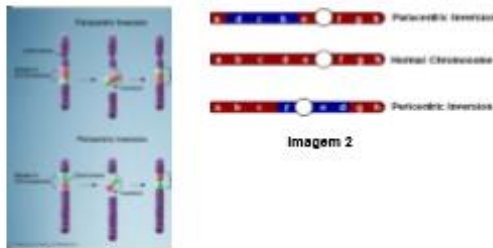


II. Quais os tipos de alterações cromossômicas encontradas no cariótipo C?

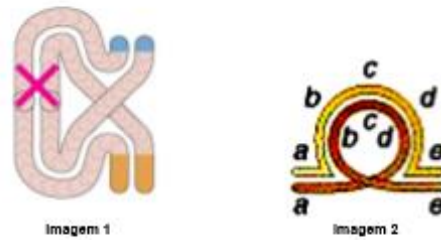
- a) Deleção
- b) Inversão paracêntrica
- c) Translocação balanceada
- d) Inversão pericêntrica
- e) Duplicação

6. Em sua opinião, qual das duas imagens, I ou II, proporciona melhor entendimento?

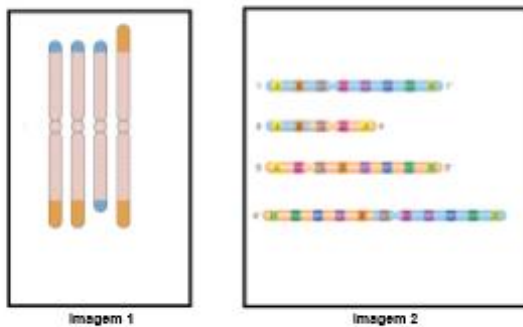
-I) Inversões paracêntricas e pericêntricas:



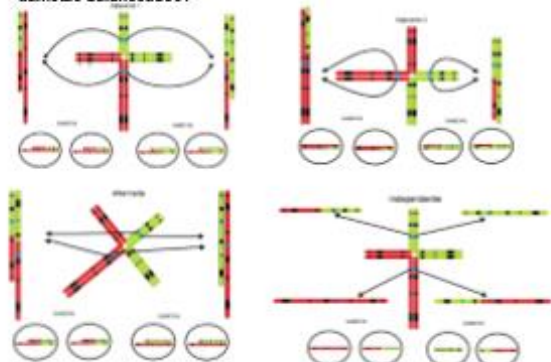
II) Alça de Inversão:



III) Resultado da Inversão:



7. Ao ocorrer uma translocação recíproca, devido o pareamento na meiose I, quais das segregações/ões seguintes resultará(ão) em gametas balanceados?



08. Você considera que aprendeu de forma satisfatória sobre o conteúdo?
 Sim Não

09. Em sua opinião, a aula prática proporcionou um melhor entendimento do conteúdo?
 Sim Não

10. Descreva como foi para você manusear e construir o material.

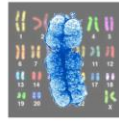
11. Em sua concepção, o uso de modelos didáticos como complementar a aula teórica foi:
 positivo não fez diferença negativo

ANEXO 5 – Aula: mutações cromossômicas

Mutações cromossômicas estruturais



FONTE: www.sobiologia.com.br



FONTE: <http://www.biodidaccao.blogspot.com.br/biologia/cromossomos.html>

Angelica Beate Winter Boldt
Pedro Arcanjo Petenuce Franzoi
Valéria Bumiller Bini

1

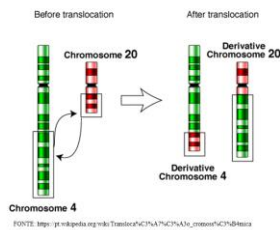
TRANSLOCAÇÃO

- Envolve quebras em dois cromossomos e posterior ligação trocada dessas partes.
- A informação genética é mantida, mas a fertilidade é comprometida.
- Diminui a fertilidade dos que têm a translocação balanceada: dois terços dos gametas formados são aneuplóides (falta ou sobra um cromossomo). Na teoria, um terço apenas é viável!

2

TRANSLOCAÇÃO BALANCEADA (ou recíproca)

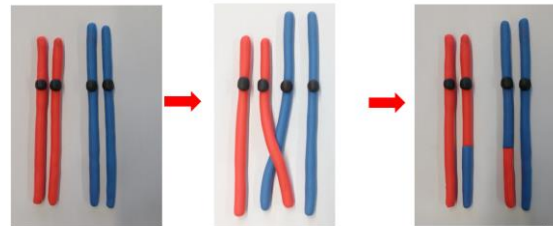
• Numeração de bandas



FONTE: http://pt.wikipedia.org/wiki/Transloca%C3%A7%C3%A3o_rec%C3%ADproca

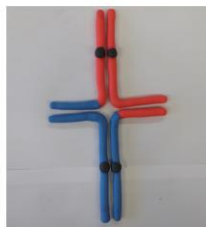
3

TRANSLOCAÇÃO BALANCEADA (ou recíproca)



FONTE: O AUTOR

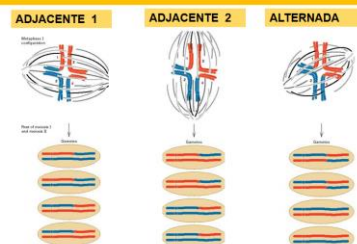
PAREAMENTO



FONTE: O AUTOR

5

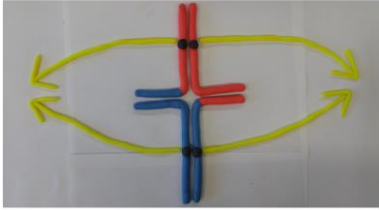
SEGREGAÇÃO



6

SEGREGAÇÃO

ADJACENTE 1



FONTE: O AUTOR

7

SEGREGAÇÃO

ADJACENTE 2

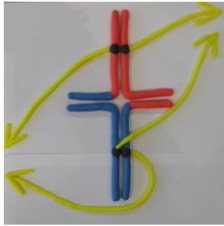


FONTE: O AUTOR

8

SEGREGAÇÃO

ALTERNADA

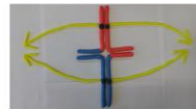


FONTE: O AUTOR

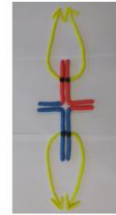
9

SEGREGAÇÃO

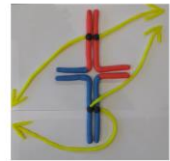
ADJACENTE 1



ADJACENTE 2



ALTERNADA

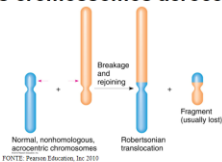


FONTE: O AUTOR

10

TRANSLOCAÇÃO ROBERTSONIANA OU FUSÃO CÊNTRICA

- União de dois cromossomos acrocêntricos.

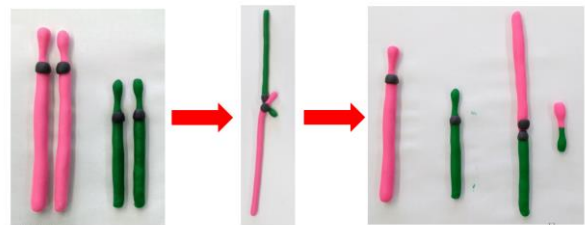


FONTE: Pearson Education, Inc. 2010

- Substituí dois cromossomos por um: mas **NÃO** é monossomia!

11

TRANSLOCAÇÃO ROBERTSONIANA OU FUSÃO CÊNTRICA



FONTE: O AUTOR

12

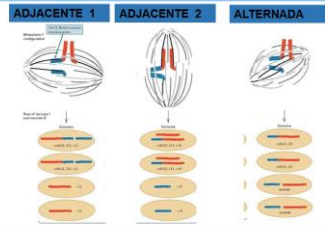
PAREAMENTO



FORTE: O AUTOR.

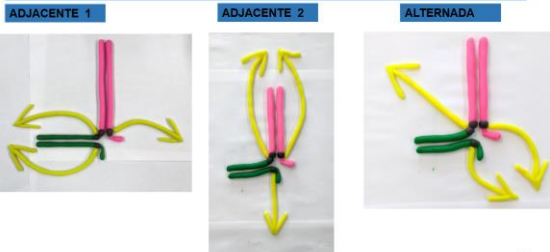
13

SEGREGAÇÃO



Também na translocação robertsoniana (envolvendo a união entre dois cromossomos acrocêntricos): somente 1/3 dos gametas serão viáveis. 14

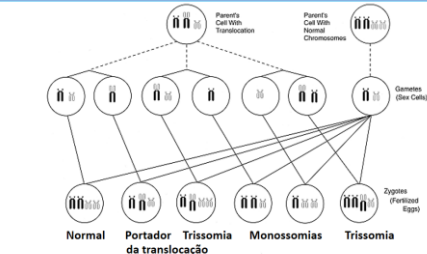
SEGREGAÇÃO



FORTE: O AUTOR.

15

PRODUÇÃO DE GAMETAS NA TRANSLOCAÇÃO ROBERTSONIANA



FORTE:

16

INVERSÃO

- Ocorre quando há duas quebras num mesmo cromossomo e o fragmento situado entre as quebras gira 180 graus, ressoldando-se.

- Paracêntrica (sem envolver o centrômero)
- Pericêntrica (envolvendo o centrômero).

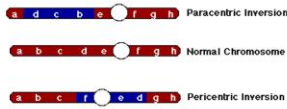
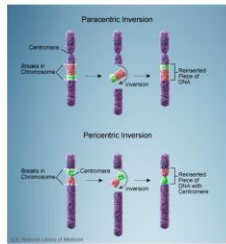
17

INVERSÃO

- A informação genética é mantida, mas a fertilidade é comprometida.
- Há a necessidade da formação de uma alça para que ocorra pareamento cromossômico.

18

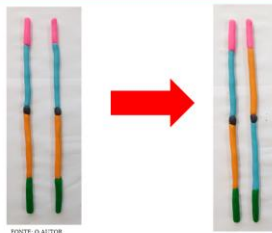
INVERSÃO



Fonte: U.S. National Library of Medicine

19

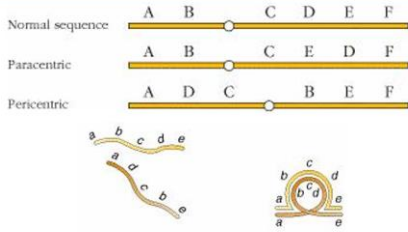
INVERSÃO PERICÊNTRICA



Fonte: O autor

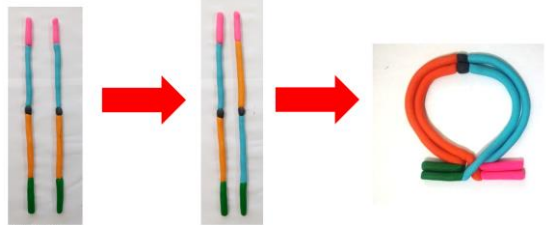
20

ALÇAS DE INVERSÕES: problema no pareamento



21

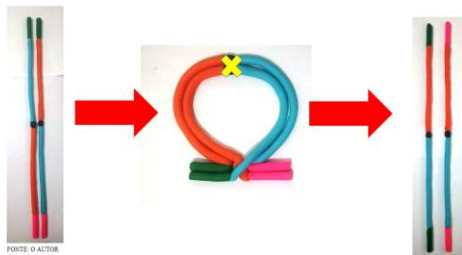
PAREAMENTO: INVERSÃO PERICÊNTRICA



Fonte: O autor

22

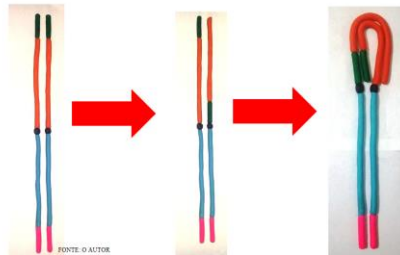
RECOMBINAÇÃO NA ALÇA DA INVERSÃO PERICÊNTRICA



Fonte: O autor

23

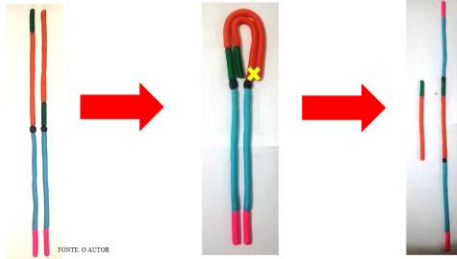
INVERSÃO PARACÊNTRICA PAREAMENTO



Fonte: O autor

24

RECOMBINAÇÃO NA ALÇA DA INVERSÃO PARACÊNTRICA



FORTE: O AUTOR

25

DELEÇÃO

- Requer duas quebras se o fragmento for intercalar e geram fragmentos acêntricos que são perdidos na divisão celular.

DUPLIÇÃO

- Pode ser em tandem ou insercional. Na prófase meiótica, heterozigotos para duplicação em tandem apresentam uma alça que consiste na região extra não-pareada.

DELEÇÃO



FORTE: O AUTOR

DUPLIÇÃO



27

ALÇA DE DELEÇÃO



FORTE: O AUTOR

28

ALÇA DE DUPLICAÇÃO



FORTE: O AUTOR

29

AGRADECEMOS A SUA PARTICIPAÇÃO!!!!

30



ENSINO DE GENÉTICA: VALIDAÇÃO DE UM MODELO DIDÁTICO SOBRE FORMAÇÃO, PAREAMENTO, RECOMBINAÇÃO E SEGREGAÇÃO DE CROMOSSOMOS REARRANJADOS

➤ **DATA:** _____

➤ **TURMA:** _____

EXECUÇÃO DA AULA PRÁTICA: Conforme o professor ministra a aula, os alunos, simultaneamente, irão construir o modelo didático de acordo com a situação apresentada pelo professor. Assim, os alunos deverão montar o rearranjo cromossômico, seu pareamento, recombinação e segregação de acordo com a proposta do professor, que deverá estar de acordo quanto à forma, disposição, sentido e cores. Depois disso, o professor visualizará os modelos e, se houver erros, recriará e explicará o modelo de forma correta na frente da sala para que todos vejam. Dessa forma, a aula decorrerá com a construção e a visualização bidimensional dos modelos desejados.

ETAPAS	ATIVIDADES	TEMPO
1 <u>INTRODUÇÃO DA AULA</u>	Teoria (slide 1)	2 minutos
2 <u>TRANSLOCAÇÃO</u>	Teoria (slide 2)	1 minuto
2.1 Translocação balanceada	Construir modelo (slides 3 e 4)	5 minutos
2.2 Pareamento de cromossomos translocados	Construir modelo (slide 5)	3 minutos

2.3 Segregação dos homólogos translocados e gametas produzidos	Observar no modelo (slides 6 à 10)	3 minutos
3 <u>TRANSLOCAÇÃO ROBERTSONIANA</u>	Teoria (slide 11)	1 minuto
3.1 Translocação robertsoniana	Construir modelo (slide 12)	5 minutos
3.2 Pareamento de cromossomos com translocação robertsoniana	Construir modelo (slide 13)	3 minutos
3.3 Segregação dos homólogos com translocação robertsoniana	Observar no modelo (slides 14 e 15)	3 minutos
3.4 Gametas produzidos	Teoria (slide 16)	2 minutos
4 <u>INVERSÃO</u>	Teoria (slide 17 à 19)	1 minuto
4.1 Inversão pericêntrica	Construir modelo (slides 20 e 21)	5 minutos
4.2 Pareamento dos cromossomos homólogos com inversão pericêntrica (alça de inversão).	Construir modelo (slide 22)	3 minutos

4.3 Recombinação na alça de inversão pericêntrica	Teoria (slide 23)	3 minutos
4.4 Inversão paracêntrica	Teoria (slide 24)	5 minutos
4.5 Pareamento dos cromossomos homólogos com inversão paracêntrica (alça de inversão).	Teoria (slide 24)	3 minutos
4.6 Recombinação na alça de inversão paracêntrica	Teoria (slide 24)	5 minutos
5 <u>DELEÇÃO</u>	Teoria (slide 26)	1 minuto
5.1 Deleção	Construir modelo (slide 27)	3 minutos
5.2 Alça de deleção	Construir modelo (slide 28)	3 minutos
6 <u>DUPLICAÇÃO</u>	Teoria (slide 26)	1 minuto
6.1 Duplicação	Construir modelo (slide 27)	3 minutos
6.2 Alça de duplicação	Construir modelo (slide 29)	3 minutos

7 AVALIAÇÃO	Questionário	13 minutos
MATERIAIS: slides, data show, massinhas, papel sulfite e gabarito.		
AVALIAÇÃO: A avaliação da aprendizagem dos alunos será realizada no final da aula prática com um questionário aos alunos, o qual será distribuído aos alunos, que deverão responder sem consultar nenhum material.		