

INVESTIGAÇÃO DE PRINCÍPIOS DE DESIGN PARA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE OS MECANISMOS DE TRANSMISSÃO DE CARACTERÍSTICAS HEREDITÁRIAS MONOGÊNICAS AUTOSSÔMICAS.

**Investigation of Design principles for teaching
sequence about the transmission mechanisms of the
monogenic autosomal hereditary characteristics.**

Karine Brandão Oliveira Rios

Universidade Estadual de Feira de Santana
Karine.bor@hotmail.com

Susie Vieira de Oliveira

Universidade Estadual de Feira de Santana
Susie_vieira@terra.com.br

Claudia de Alencar Serra e Sepulveda

Universidade Estadual de Feira de Santana
causepulveda@ig.com.br

Venessa Perpétua Garcia Santana Reis

Universidade Estadual de Feira de Santana
Vanesreis2@gmail.com

Ana Lúcia Albuquerque Pereira Costa Amarante

Colégio Modelo Luis Eduardo Magalhães
analuciaamarante23@gmail.com

José Roberto Cardoso Meireles

Universidade Estadual de Feira de Santana
jrcmeireles@gmail.com

Resumo

Este artigo tem como objetivo apresentar o processo de construção e investigação de uma sequência didática sobre o ensino de genética mendeliana, realizado por meio da abordagem metodológica da *design reserch*. A sequência foi validada internamente pela comparação entre as vias de aprendizagem que planejamos alcançar e as vias de aprendizagem efetivamente realizadas em sala de aula, por meio da aplicação de pós e pré-teste. Buscamos validar os *princípios de design* com base na análise dos resultados obtidos a partir da

aplicação de um primeiro protótipo, em uma turma da terceira série do ensino médio de uma escola pública.

Palavras- chave: ensino de genética; sequência didática; monoibridismo; design research; *Drosophila melanogaster*.

Abstract

This article has aimed to present the construction and investigation process of a teaching sequence concerning to mendelian genetic, performed by the design research metodological approach. The internal validation of the sequence was carried out by comparing the expected routes of learning with achieved ones by the pre- and post-tests application. Data analysis of the first prototype applied in a high school class were used for validation of the design principles.

Key words: teaching of genetics; didactic sequence; monohybridism; design research; *Drosophila melanogaster*

INTRODUÇÃO

Os aspectos relacionados à herança biológica, à natureza do material genético e dinâmica de sua transmissão, expressão, interações e alterações, são reconhecidos como conteúdos curriculares centrais no contexto da “biologia escolar” (GOLBACH e MACEDO, 2008). No entanto, a genética é também uma área de conhecimento que apresenta problemas no que diz respeito à aprendizagem dos conceitos a ela relacionados. Sheid e Ferrari (2008) apontam para resultados preocupantes de várias pesquisas, os quais revelam que conceitos básicos de genética, como a relação gene/cromossomo e a finalidade dos processos de mitose e de meiose, não são plenamente compreendidos pelos estudantes ao final dos anos de escolaridade obrigatória.

A compreensão da segregação cromossômica na meiose e sua relação com as proporções observadas em cruzamentos mendelianos, um aspecto considerado de fundamental importância como base biológica da hereditariedade, especialmente a chamada genética clássica, se mostra como um dos desafios mais comumente relatados por professores, tanto do ensino médio, como no ensino superior (LEWIS & WOOD-ROBINSON, 2000; MARILIA & NETO, 2005; FALA *et al.*, 2010). Outra dificuldade indicada na literatura diz respeito à resolução de problemas, que são classicamente trabalhados na Educação Básica a fim de promover a apropriação dos conteúdos de genética pelos estudantes, que, por vezes, conseguem resolver problemas relativos às questões matemáticas e analíticas, sem de fato compreenderem os conceitos envolvidos (THOMSON & STEWART, 2003; BANET & AYUSO, 2003; AZNAR & IBANEZ, 2005).

Diante do exposto, e levando em conta a importância da compreensão dos conceitos de genética como um dos desafios mais comumente relatados por professores e apontados na literatura, investimos na produção de uma sequência didática com foco no monoibridismo e os seus desdobramentos conceituais, utilizando-se como principal estratégia metodológica a condução de experimentos controlados em *Drosophila melanogaster* (“mosca da fruta”), e posterior interpretação e discussão dos resultados obtidos.

A proposta de construção, desenvolvimento e aplicação desta sequência didática ocorreu no âmbito da prática social de um grupo colaborativo de pesquisa em Ensino de ciências, que atualmente integra professores de escolas públicas da Bahia, pesquisadores da área de Ensino, Filosofia e História das Ciências, licenciandos e pós-graduandos que se reúnem para tratar de aspectos relacionados à construção e investigação de inovações educacionais (EL-HANI et al., 2011).

Este artigo tem como objetivo apresentar o processo de construção e investigação da referida sequência e os resultados oriundos da aplicação de um primeiro protótipo em uma turma da terceira série do ensino médio em uma escola pública do Estado da Bahia.

CAMINHO METODOLÓGICO

A abordagem metodológica adotada foi a *design research*, que pode ser entendida como o estudo sistemático do planejamento, da implementação, da avaliação e da manutenção de intervenções educacionais inovadoras como soluções para problemas complexos da prática educacional (BAUMGARTNER et al. 2003; PLOMP, 2009).

O processo pelo qual tais investigações foram conduzidas podem ser descritos em termos da realização cíclica de três fases: pesquisa preliminar, fase de prototipagem e fase avaliativa. Na primeira fase, por meio do diálogo entre a literatura em ensino de ciências e o saber experiencial (TARDIF, 2007) dos professores da Educação Básica, são levantados conhecimentos substantivos e procedimentais que geram *princípios de design* ou de planejamento que orientam a elaboração de protótipos de intervenções pedagógicas. Esta fase dá lugar a ciclos de pequenas investigações em que estes protótipos de intervenções são aplicados, testados empiricamente e aperfeiçoados. Por fim, na terceira fase, é feita uma avaliação somativa, de modo a concluir se as intervenções propostas atingiram as expectativas planejadas. Esta fase também resulta em recomendações e diretrizes para o aprimoramento da intervenção.

Os protótipos das intervenções educacionais são investigados empiricamente por meio da comparação entre as vias de aprendizagem que planejamos alcançar e as vias de aprendizagem efetivamente realizadas em sala de aula, o que nos possibilita a validação interna dos *princípios de design*. Empregando esta abordagem metodológica, pretendemos responder a questão de pesquisa: Quais características uma sequência didática para o ensino de genética mendeliana deve apresentar para promover a compreensão dos mecanismos de transmissão de características hereditárias monogênicas autossômicas?

Durante todo o processo de desenvolvimento dessas três fases deve-se realizar reflexões e documentação sistemática, que por sua vez, orientam a produção de novos princípios de design relativos à área de estudo. Estes princípios são enunciados heurísticos construídos com a intenção de orientar o planejamento de intervenções educacionais ao dispor informações sobre características e atividades que as podem tornar efetivas e funcionais. Tais princípios podem desenvolver generalizações situadas (SIMONS et al., 2003), ao se constituir em construtos teóricos podendo ser utilizados por outros professores no planejamento e na aplicação de novas práticas educativas.

A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Os princípios de design que nortearam a construção da primeira prototipagem da sequência didática, aqui apresentanda, são:

Se você deseja construir uma sequência didática sobre o ensino de genética mendeliana com o propósito de promover a compreensão dos mecanismos de transmissão de características hereditárias monogênicas autossômicas para turmas da terceira série do Ensino Médio, é aconselhável:

- (1) Apresentação do trabalho de Mendel com os experimentos com ervilhas para promover a apropriação dos conceitos de gene, alelo, cruzamento recíproco, dominância e recessividade, o que poderá ser realizado a partir da dinâmica de leitura de textos de divulgação científica. Pois a interpretação da análise estatística dos dados de cruzamentos com ervilhas apresentada por Mendel proporciona um contexto discursivo para introduzir conceitos de dominância, recessividade, cruzamentos recíprocos e a existência de “fatores” que condicionavam as características dos seres.
- (2) O uso de experimentos controlados em *Drosófilas*, para promover a aproximação dos alunos com o processo de produção de conhecimento científico, a apropriação dos conceitos de gene, alelo, cruzamento recíproco, dominância e recessividade, compreensão da relação entre os resultados obtidos em cruzamentos monóbridos e os mecanismos de segregação cromossômica na meiose e a habilidade de interpretar dados empíricos de um cruzamento. Para tanto, podem ser usados os seguintes procedimentos: apresentação da mosca da fruta para os alunos, explicação da importância das *Drosófilas* para a genética, apresentação das diferentes linhagens das moscas (selvagem e mutantes), explicação de que as linhagens mutantes tem características recessivas em relação à linhagem selvagem, realização de cruzamentos em *Drosófilas* entre machos selvagens e fêmeas mutantes e de cruzamento recíproco, análise e discussão dos resultados desses cruzamentos e comparação entre estes resultados com os obtidos por Mendel nos cruzamentos com as ervilhas e da relação destes resultados com os mecanismos de segregação cromossômica na meiose. Estas atividades permitem que o professor possa abordar vários aspectos relacionados à padrões de herança e que os alunos, através do experimento, desenvolvam habilidades que os aproxima do processo de construção do conhecimento científico, como observação, análise e associação dos resultados obtidos durante a atividade.
- (3) O uso de estratégias de simulação de cruzamentos para promover a compreensão da relação entre a segregação cromossômica na meiose e as proporções mendelianas, a partir do uso de atividade de simulação de cruzamentos genéticos com utilização de botões de pressão, pois permite uma visualização material de um cruzamento com a analogia dos botões de pressão, tornando este processo menos abstrato para os alunos.

Com base nestes princípios de design, foi planejado um primeiro protótipo da sequência didática aplicado em uma escola pública do Estado da Bahia, em uma turma de Biologia da terceira série do ensino Médio, no ano de 2014, envolvendo a efetiva participação de 33 estudantes, com faixa etária entre 17 e 19 anos.

A sequência didática foi estruturada em 4 momentos: 1) introdução ao conceito de herança e sua construção histórica; 2) apresentação do trabalho de Gregor Mendel, sua história e contribuição para a compreensão da hereditariedade através dos experimentos com ervilhas; discussão da meiose como mecanismo gerador da variabilidade genética relacionado à formação de gametas e para isso utilizando a estratégia de simulação de cruzamentos com o uso dos botões de pressão; 3) experimentação controlada em *Drosophila melanogaster*; 4) análise e discussão dos resultados obtidos nos cruzamentos realizados nos experimentos.

Experimentos controlados em *D. melanogaster* tem sido extensivamente usados em disciplinas de genética básica no ensino superior, principalmente como estratégia didático-

pedagógica para a compreensão da relação entre resultados obtidos em cruzamentos monoíbridos e os mecanismos de segregação cromossômica na meiose (SEPEL & LORETO, 2010). Estes experimentos demandam o acompanhamento por parte dos alunos, em horários extra-classe, para registro dos descendentes da geração filial 1 (F1) e 2 (F2), o que dura entre 30 e 40 dias. Tal exercício, além de ter um caráter motivacional, também forma os alunos na prática científica em atividades laboratoriais e permite que os mesmos possam relacionar dados empíricos com conceitos em genética.

Baseados nestes pressupostos, apostamos na realização dos experimentos nas escolas de ensino médio. No entanto, fatores como carga horária semanal reduzida na disciplina Biologia, ausência de espaço e tempo extra-classe, adequados para o acompanhamento diário dos experimentos, nos levaram a adotar um formato adaptado a essa realidade. No primeiro momento, os alunos foram orientados a manusear as Drosófilas, reconhecer o dimorfismo sexual e identificar as linhagens usadas no experimento, selvagem e mutantes (Sépia e Vestigial). A partir daí, os experimentos foram realizados no Laboratório de Drosófilas da universidade com a qual a escola mantém parceria, por membros do grupo de pesquisa, obedecendo às seguintes etapas: a) montagem da Geração Parental, contida por moscas do tipo Selvagem e Sápia e Selvagem e Vestigial; b) contagem dos organismos obtidos na geração F1; c) cruzamentos de F1 com F1, para obtenção da geração F2 e d) contagem de F2. Assim, apenas os resultados dos experimentos foram disponibilizados aos alunos, para posterior condução das discussões em sala de aula, mediadas pelo professor.

CONSTRUÇÃO DO INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Os instrumentos de coleta de dados (pré e pós-testes) foram construídos de forma espelhada, iniciados com um texto sobre cruzamentos de ervilhas tal como realizados por Gregor Mendel no pré-teste e sobre cruzamentos com Drosófilas no pós-teste, seguidos por um esquema ilustrando um cruzamento monoíbrido e apresentando resultados numéricos hipotéticos destes cruzamentos.

O pré e pós-testes apresentaram as mesmas questões: Questão 1 contendo 6 proposições, de “a” a “f”, a serem analisadas como falsas ou verdadeiras e que mobilizaram alguns conceitos como: gene, alelo, dominância, recessividade, segregação cromossômica e meiose. Estas alternativas foram construídas aos pares, em que cada par mobilizou as mesmas noções conceituais, sendo a primeira alternativa escrita em uma linguagem próxima da linguagem social cotidiana e a segunda, escrita na linguagem social da ciência escolar; Questão 2 estruturada a partir de quatro representações esquemáticas da meiose, para mobilização dos conhecimentos do aluno na explicação deste processo em três níveis: molecular, estrutural e informacional. As quatro representações foram organizadas da seguinte maneira: uma alternativa com a perspectiva da ciência escolar e as demais apresentando erros na duplicação cromossômica, na meiose I; durante a segregação dos homólogos, e na meiose II, durante a segregação das cromátides irmãs.

A tabela abaixo faz uma análise de como pretendemos validar os *princípios de design* por meio dos dados coletados por este instrumento. Na terceira coluna são apresentados os itens do questionário que podem nos apresentar dados sobre o sucesso ou fracasso em atingir a expectativa em termos de promoção da aprendizagem dos estudantes por meio da característica que provemos à sequência didática.

O pré-teste foi aplicado no início da sequência didática, de forma a avaliar os conhecimentos prévios dos alunos, especialmente em relação à apropriação da linguagem social da ciência escolar. Já o pós-teste foi aplicado após a discussão dos resultados dos experimentos

controlados em drosófilas, tendo como principal alvo a verificação de possível diferença de desempenho dos mesmos quando comparado aos resultados do pré-teste.

Expectativa	Característica	Itens do instrumento de coleta de dados
Promover a apropriação dos conceitos de gene, alelo, da minância e recessividade.	Apresentação do trabalho de Mendel através dos experimentos com ervilhas.	1ª Questão, alternativa a e b.
Desenvolver a compreensão do processo da meiose.	Uso de estratégias de simulação de cruzamentos (Botões de pressão)	2ª Questão
Desenvolver a apropriação do conceito de cruzamento recíproco.		1ª Questão, alternativa c e d
Desenvolver a compreensão da relação entre a segregação cromossômica e as proporções mendelianas .	Uso de experimentos controlados em Drosófilas .	1ª Questão, alternativa c e d
		1ª Questão, alternativa e e f
2ª Questão		
1ª Questão		
Promover a habilidade de interpretar dados empíricos de um cruzamento.		

Tabela1 : Análise do instrumento para a validação dos princípios.

A avaliação do desempenho dos estudantes, baseado nas respostas dos instrumentos de coleta de dados (pré e pós-teste), foi estabelecida da seguinte maneira: 1 para resposta correta e 0 para incorreta. O conjunto das respostas das Questões 1 (proposições de “a” a “f”) e da Questão 2, conferiu um “score” para cada estudante, que variou de “0” (sem rendimento) a “7” (100% de rendimento). A partir disso, foi realizada a comparação dos “scores” individuais, obtidos pelos alunos no pré e pós-teste, usando o Teste T de Student para amostras pareadas. Este teste é usado quando o objetivo é avaliar a existência de diferenças entre performance/desempenho quando se tem um mesmo grupo de sujeitos, avaliados em dois momentos distintos (KING & MINIMUM, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do Teste T de Student nos permitiu observar que as médias dos “scores” no pré e pós-testes não diferem entre si. Portanto, não foi observado aumento de desempenho dos estudantes no pós-teste, quando comparado ao desempenho observado no pré-teste. Este resultado, no entanto, não refuta de imediato a aplicação do experimento como uma ferramenta facilitadora do aprendizado.

O Gráfico 1, mostra a porcentagem de acertos dos alunos sobre a primeira questão, comparando os resultados do pré e pós-teste. Os alunos tem uma maior porcentagem de erros nas alternativas que utilizam a linguagem social da ciência escolar (Letras a, c, e) do que aquelas que utilizam uma linguagem próxima da social cotidiana (Letras b, d, f).

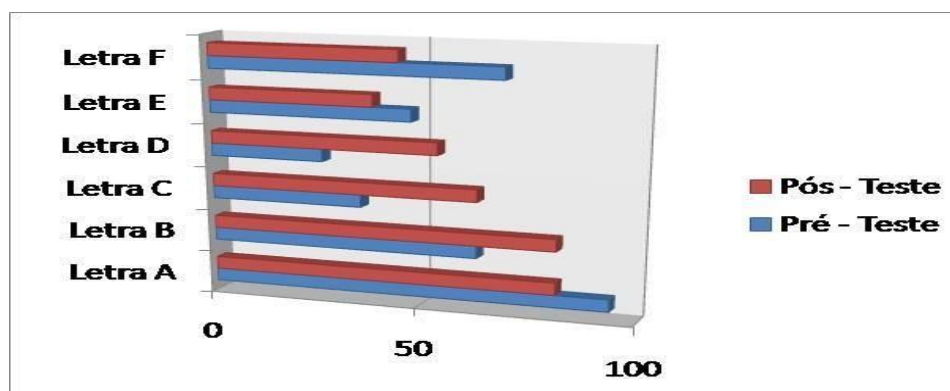


Gráfico 1: Resultado da porcentagem de acertos da 1ª questão, comparando-se pré e pós-teste.

Os resultados também nos mostram que os estudantes conseguiram se apropriar dos conceitos de gene, alelo, dominância, recessividade e cruzamento recíproco, além da habilidade de interpretar dados empíricos de um cruzamento, visto que o número de acertos do pós-teste para as alternativas referentes a estes conceitos (Letras a, b, c, d) são maiores do que as do pré-teste, indicando que a nossa aposta em termos de características que promovemos ao primeiro protótipo foram validadas para estas expectativas (Tabela 1).

Entretanto, percebemos que os alunos não alcançaram a expectativa da compreensão do processo da meiose, bem como da relação entre a segregação cromossômica e as proporções mendelianas. Isto ficou evidenciado pelo número de acertos observados nas alternativas "e" e "f" da Questão 1, tanto no pré-teste quanto no pós-teste, bem como na Questão 2 (21,2% de acerto no pré-teste e 27,7% no pós-teste).

Esses resultados podem ser explicados, em parte, pelos problemas do contexto no qual a sequência foi realizada, evidenciados nas filmagens das aulas e no relato da professora da classe. Um destes problemas diz respeito à organização do tempo escolar, visto que as aulas da matéria Biologia não eram geminadas, além de ocorrerem em dias diferentes da semana, o que ocasionou em aulas com tempo reduzido. Este fato comprometeu o desenvolvimento do experimento com as *Drosófilas*, pois os estudantes tiveram um único contato com as moscas na escola e este contato também foi comprometido por outro agente externo: a realização de uma excursão pela escola, sem a prévia comunicação aos professores da turma, o que resultou na entrada tardia dos alunos na sala de aula, e consequente redução do tempo de contato com as moscas e dispersão durante a atividade prática.

A atividade com a simulação de cruzamentos utilizando botões de pressão também foi comprometida pelo tempo de aula, pois houveram atrasos na saída do professor da aula anterior e na montagem dos equipamentos de audiovisual. A professora ainda relata que os alunos reclamaram da segunda questão do pré e pós-teste, segundo ela, muitos deles disseram que as figuras dos diagramas os confundia.

Somam-se a todos estes aspectos, a constatação quase que unânime entre professores, e relatada amplamente na literatura, de que a compreensão da segregação cromossômica na meiose e sua relação com as proporções mendelianas é um dos desafios mais comumente enfrentados em salas de aula do ensino médio.

CONCLUSÃO

Estes resultados não justificam abandonarmos os *princípios de design*, mas nos faz pensar em mudanças nos procedimentos inicialmente planejados para operacionalizar as características que baseiam os princípios que orientaram o primeiro protótipo ou na construção de novos princípios para elaboração de um segundo protótipo. Consideramos necessário maior investimento em atividades centradas na compreensão do processo da meiose em seus três níveis (molecular, estrutural e informacional), assim como a compreensão da relação deste processo como base biológica da hereditariedade, buscando o desenvolvimento, pelos alunos, da apropriação da linguagem social da ciência escolar. Outro investimento também necessário, será a introdução, no instrumento de coleta de dados, de questões que permitam avaliar o caráter motivacional da execução de experimentos controlados como prática laboratorial no programa da disciplina Biologia no ensino médio.

Entendemos que o nosso esforço será no sentido de discutirmos todos os aspectos da sequência, dos instrumentos de coleta de dados e da discussão dos resultados em sala de aula, mediada pelo professor, para levantarmos os aspectos positivos (e que devem ser mantidos em um segundo protótipo) e os negativos que, obviamente, deverão ser revistos na nova “modelagem”.

REFERÊNCIAS

- AZNAR, M.M.; IBANEZ, O.T. Solving problems in genetics. **International Journal of Science Education**, v.27, p.101-121, 2005.
- BANET, E.; AYUSO, G. E. Teaching of Biological Inheritance and Evolution of Living Beings in Secondary School. **International Journal of Science Education**, v.25, p.373-407, 2003.
- BAUMGARTNER, E., BELL, P., BOPHY, S. ET AL. Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32, 5–8, 2003.
- EL-HANI, C.; GRECA, I. M. Participação em uma comunidade virtual de prática desenhada como meio de diminuir a lacuna pesquisa-prática na educação em Biologia. **Ciência e Educação**, v. 17, n.3, p. 579- 601, 2011.
- FALA, A. M., CORREIA, E. M & PEREIRA, H. M. Atividades práticas no ensino médio: uma abordagem experimental para aulas de genética. **Ciências & Cognição**, Vol 15 (1): 137- 154. 2010.
- GOLDBACH, T.; MACEDO, A.G. Produção científica e saberes escolares na área de Ensino de Genética: olhares e tendências. In: JORNADAS LATINO-AMERICANAS DE ESTUDOS SOCIAIS DAS CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS (ESOCITE), 7., 2008, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008. p. 1-12. Disponível em: <www.necso.ufrj.br/esocite2008/resumos/36294.htm>.
- KING, B.M.; MINIUM, E.M. Statistical reasoning in psychology and education. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 4th Ed. 2003.
- LEWIS, J.; WOOD-ROBINSON, C. Genes, chromosomes, cell division and inheritance – students see any relationship? **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 2, p 177-195, 2000.

MARÍLIA, C.; NETO, A. J. Dificuldades de Aprendizagem e Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: o Caso da Genética. **Enseñanza de lasCiencias**, número extra.VII Congreso, 2005.

PLOMP, T. Educational Design Research: an Introduction. In: PLOMP, T. NIEVEEN. N. An introduction to educational Design Research. Enschede: SLO-Netherlands Institute for Curriculum Development. pp. 9-35. 2009.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N. A história da ciência como aliada no ensino de genética. **Revista Genética na Escola**, v. 1 n. 1, p. 17-18, 2008.

SEPEL, L.M.N., LORETO, E.L.S. 2010: Um século de *Drosophila* na genética. **Genética na Escola**, 5(2):42-47, 2010.

SIMONS, H.; KUSHNER, S.; JONES, K. & JAMES, D. From evidence-based practice to practice-based evidence: the idea of situated generalization *Research Papers in Education*, v. 18, p. 347-364, 2003.

TARDIF, M. Saberes docentes e formação profissional. Petrópolis: Vozes, 8ª Ed. 2007.

THOMSON, N.; STEWART, J. Genetics inquiry: strategies and knowledge geneticists use in solving transmission genetics problems. **Science Education**, v.87, p.161-180, 2003.