



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

PERCEPÇÕES DE ESTUDANTES DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS
NATURAIS SOBRE UMA UNIDADE DIDÁTICA ACERCA DA HUMANIZAÇÃO
DAS CIÊNCIAS COM BASE NOS ESTUDOS DE GREGOR MENDEL SOBRE A
HEREDITARIEDADE

JULIANA RICARDA DE MELO

Brasília, DF
2013



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

Percepções de estudantes de licenciatura em Ciências Naturais sobre uma unidade didática acerca da humanização das ciências com base nos estudos de Gregor Mendel sobre a hereditariedade

Juliana Ricarda de Melo

Dissertação realizada sob orientação da Prof.^a Dr.^a Louise Brandes Moura Ferreira e co-orientação da Prof.^a Dr.^a Maria de Nazaré Klautau Guimarães – 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
2013

FOLHA DE APROVAÇÃO

JULIANA RICARDA DE MELO

Percepções de estudantes de licenciatura em Ciências Naturais sobre uma unidade didática acerca da humanização das ciências com base nos estudos de Gregor Mendel sobre a hereditariedade.

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 .

BANCA EXAMINADORA

Prof.^(a) Dr.^(a) Louise Brandes Moura Ferreira
(Presidente)

Prof. Dr. Paulo Petrolínio Correia
(Membro externo – FUP/ UnB)

Prof.^(a) Dr.^(a) Maria Luíza de Araújo Gastal
(Membro interno – PPGEC/UnB)

Não há ninguém mais merecedor desse trabalho do que meu filho. Ele veio junto com o mestrado, nasceu junto com a história e foi responsável por me fazer desenvolver tantas habilidades necessárias nessa empreitada. Esse é um trabalho feito com amor para alguém que tem todo o meu amor. Que ele cresça sabendo fazer bons julgamentos e que minha formação humana se reflita em ensinamentos de bondade e bom senso para a minha maior contribuição à humanidade, o Miguel.

AGRADECIMENTOS

Com certeza nessa jornada não estive só. Muitas pessoas foram de grande valia para minha formação nesse período de estudo e merecem ser lembradas por toda a contribuição, que foi indispensável.

Em primeiro lugar agradeço a minha orientadora, Louise Brandes Moura Ferreira, por toda dedicação, carinho e atenção. Sem dúvida alguma posso chama-la de “mãe acadêmica”, pois só assim para expressar toda minha gratidão.

Aos meus pais, Ivana e Ismael, agradeço pela minha criação e pelos cuidados ao meu mais precioso bem, meu filho. Sem meus pais provavelmente não teria chegado até esse ponto. Espero que saibam sempre o quão importante são para mim e quão grande é o amor que tenho por vocês.

Aos professores Maria de Nazaré Klautau Gimarães, Gilberto Brandão e Dulce Maria da Rocha pelas valiosas contribuições para aperfeiçoamento da unidade didática .

Aos meus colegas de discussão científica, Lucas, Felipe, Delzimar e Maria José por ajudarem a clarear alguns pensamentos e confundir outros, processo essencial na produção científica.

Aos participantes da pesquisa por terem sido solitários e fornecerem dados tão valiosos.

À minha irmã Jenifer por ter confeccionado algumas das figuras que utilizei na história e por ter sido minha auxiliar em tantos momentos.

Ao Julian Miguel por ter sido prestativo e por ter desenhado algumas figuras.

Ao meu filho por ter me dado sorrisos que me fizeram prosseguir mesmo nos momentos mais críticos, por ter me aceitado como mãe, professora, aluna, dona de casa, esposa e muitas outras coisas que me fizeram ser ausente. Miguel, com certeza você foi e é a chave para a pessoa que sou hoje.

RESUMO

Com o objetivo de verificar as percepções de licenciandos em Ciências Naturais sobre uma unidade didática acerca da humanização da ciência e da imagem de cientista dentro do estudo sobre hereditariedade desenvolvido por Mendel, fez-se uma pesquisa de caráter qualitativo, com utilização de múltiplas ferramentas de coleta de dados, tais como entrevistas, questionários, notas descritivas, diário de bordo e atividades escritas em sala de aula. Os estudantes realizaram leituras e discussões sobre um diálogo modelado no Programa de Filosofia para Crianças e intitulado *O monge que plantava ervilhas*. Entre os pontos destacados nos resultados estão as percepções dos futuros professores sobre a humanização da ciência e a concepção de cientista, a estrutura física da unidade didática e sua aplicabilidade no ensino de ciências. A unidade foi avaliada de forma positiva, com destaque para a linguagem simples, sendo considerada aplicável no contexto escolar. Por fim, conclui-se que os princípios do Programa de Filosofia para Crianças de Matthew Lipman podem ser aplicados na busca de novos recursos didáticos no ensino de ciências, principalmente se relacionados à tentativa de que os estudantes tenham um ensino mais reflexivo, voltado para o pensar crítico. Na unidade didática trabalhada, houve o esforço de aliar tais princípios com o ensino de ciências e, de acordo com os resultados obtidos, tal objetivo foi alcançado ao se tratar de humanização da ciência e Primeira lei de Mendel.

Palavras-chave: Filosofia para Crianças. Humanização da ciência. Concepção de cientista. Diálogo. Pensamento crítico.

ABSTRACT

This work was a qualitative study aimed at investigating the perceptions of a group (n=4) of undergraduates enrolled at a Science teachers' program about a teaching unit. The unit covers the humanization of science and the image of scientist concerning the work of Gregor Mendel. It was composed by a Philosophy for Children modeled science story named The monk who planted peas and an accompanying teachers' manual. The story was read by the participants and classroom dialogue followed each chapter. Data collection tools were used such as interviews, questionnaires, descriptive logs, the researcher's logs and materials produced by the participants during the course to assess their perceptions. The participants found the unit useful, especially regarding how language was used to help in understanding difficult concepts. The results indicate that Philosophy for Children modeled materials can be applied to science teaching, especially if one is concerned with teaching for critical thinking.

Keywords: Philosophy for Children. Science Humanization. Perceptions of the scientist. Dialogue. Critical thinking.

LISTA DE SIGLAS

Diário de bordo	D.B.
Entrevista	Entr.
Questionário	Quest.
Atividade de sala de aula	Ativ.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	11
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 Ciências da Natureza, Cientista e a Humanização das Ciências da Natureza no Ensino.....	16
2.1.1 A imagem de ciências e de cientista na escola.....	16
2.1.2 A humanização das ciências como via para desmistificação do trabalho científico	20
2.2 A Filosofia para Crianças	24
2.2.1 As novelas filosóficas do Programa de Filosofia para Crianças	25
2.2.2. A Filosofia para Crianças e o ensino de ciências	29
3 OBJETIVOS	32
3.1 Objetivo geral da pesquisa	32
3.2 Objetivos específicos da pesquisa.....	32
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA.....	33
4.1 Embasamento teórico: o Programa de Matthew Lipman	33
4.1.1 O pensar crítico	34
4.1.2 O pensar criativo	35
4.1.3 O pensar de ordem superior.....	36
4.1.4 Comunidade de investigação	38
4.2 Embasamento metodológico da pesquisa.....	40
4.3 Contexto e amostra da pesquisa.....	41
4.4 Instrumentos de coleta de dados.....	42
4.4.1 Questionário	43
4.4.2 Gravação e transcrição de áudio.....	43
4.4.3 Notas	44
4.4.4 Entrevistas	45
4.4.5 Atividades de sala de aula	45
4.5 Procedimentos de coleta de dados.....	46
4.5.1 Aula 1: Capítulo 1 da unidade didática	47
4.5.2 Aula 2: Capítulo 2 da unidade didática	48
4.5.3 Aula 3: Capítulo 3 da unidade didática	48

4.5.4 Aula 4: Capítulo 4 da unidade didática	49
4.5.5 Aula 5: Análise geral da unidade didática	49
4.5.6 Entrevista.....	50
4.6 Procedimentos de análise dos dados coletados	50
4.7 Considerações éticas.....	52
5 DESCRIÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA	53
5.1.1 Objetivo geral da unidade didática.....	53
5.1.2 Objetivos específicos da unidade didática.....	54
5.3 Componentes do recurso didático.....	56
5.3.1 O diálogo	56
5.3.2 O manual	58
5.2 Validação pedagógica e de conteúdo	58
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
6.1 Impressões gerais sobre a unidade didática.....	61
6.2 Estrutura física: linguagem, diagramação, organização geral.....	70
6.3 Ideias abordadas no diálogo: humanização das ciências e a imagem de cientista.....	73
7 CONCLUSÕES.....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS	88
ANEXO 01: Aprovação da pesquisa na comissão de ética em pesquisa	89
ANEXO 02: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	90
APÊNDICES	92
APÊNDICE 1: Questionário 01.	93
APÊNDICE 2: Questionário 02.	95
APÊNDICE 3: Questionário 03.	97
APÊNDICE 4: Questionário 04.	99
APÊNDICE 5: Questionário 05.	101
APÊNDICE 6: Entrevista.....	102
APÊNDICE 7: Versão do diálogo utilizado na pesquisa.	103
APÊNDICE 8: Versão final do diálogo.	128
APÊNDICE 9: Manuais do professor.....	154

APRESENTAÇÃO

Muitas foram as contribuições para minha jornada, para minhas escolhas na pesquisa e durante a elaboração da unidade didática que será detalhada nos próximos capítulos dessa dissertação.

Ser professora foi uma escolha minha desde os anos finais do ensino fundamental, devido a uma grande admiração pela professora de matemática, sendo essa a disciplina aquela que eu desejava lecionar. Entretanto no ensino médio abandonei a ideia e fiquei perdida entre as tantas opções profissionais que surgiram com o vestibular. Terminei ingressando, aos 16 anos, em uma Licenciatura em História, e foi aí que tive meu primeiro contato com os questionamentos sobre a importância do conhecimento para o ser humano e aprendi a encará-lo como produto histórico da humanidade. Foi um momento de quebra de muitos conceitos, novos olhares e descoberta de interesses. Porém, meu interesse maior ainda era voltado para a matemática e ocupava algumas horas na faculdade dentro da biblioteca na seção de “ciências exatas”.

Pouco depois de eu começar a licenciatura em História surgiu a notícia de um novo curso no Distrito Federal, a Licenciatura em Ciências Naturais e, até então, pouca gente havia se interessado ou sabia do que se tratava tal curso. Por curiosidade, olhei na biblioteca os livros que estavam nessa seção (uma subseção das “ciências exatas”) e comecei a gostar quando percebi os temas tratados: física, biologia, com um toque de matemática. Daí decidi tentar uma vaga e, felizmente, obtive sucesso sendo aprovada para a primeira turma, junto com minha irmã.

Por ser a primeira turma da Licenciatura, vivenciamos uma experiência educativa diferenciada, onde, junto com nossos cinco professores, “testamos” o currículo do curso, num constante processo dialógico. Éramos como “cobaias ativas”, que experimentavam as disciplinas ofertadas pela primeira vez e dávamos *feedback* sobre elas.

Uma forte característica da formação em Ciências Naturais é a tentativa de criar uma visão integral do fenômeno observado. Por exemplo, compreender que uma folha não é objeto de estudo exclusivo da biologia, pois nela ocorre a fotossíntese, que é um processo químico, dependente de um espectro da luz solar, que é um fenômeno da física

e que para sobreviver depende de características físico-químico-geológicas do solo, da água, etc. E essa percepção também se estendia ao ensino, pois em muitas disciplinas aprendíamos o conteúdo, como e porquê ensiná-los aos jovens.

Dentro da licenciatura identifiquei-me bastante com as discussões históricas e filosóficas sobre as ciências, o que me levou a fazer uma pesquisa como Trabalho de Conclusão de Curso sobre a concepção de cientista de um grupo de estudantes do ensino fundamental. Com a revisão da literatura e a análise dos resultados, refleti sobre o significado de entender como a investigação científica ocorre para o ensino de ciências, sendo que essa compreensão não deve se pautar só em identificar as etapas do raciocínio científico como observei em diversos livros didáticos, que dão enfoque ao empiricismo.

Compreender a investigação científica, para mim, é visualizar as ciências como uma produção advinda do esforço humano de saber o que acontece ao seu redor e, por ser produzida por seres humanos, é afetada por fatores como criatividade, interesses pessoais, a economia e a história de vida do cientista.

Após a conclusão do curso me tornei professora de jovens e adultos. Essa experiência me fez refletir constantemente sobre o significado de ensinar e aprender ciências na escola, pois estava diante de um público em que “ensinar para a vida” ou para o vestibular eram justificativas fracas e falhas. Então repensei o que deveria ensinar e, principalmente como. Junto a esse momento ingressei no Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e percebi que meus questionamentos eram compartilhados com meus colegas de curso, e que era necessário, de alguma maneira, modificar os hábitos de ensino.

As contribuições também fluíram da literatura. O contato com as ideias de Fleck, Vigostski, Matthews e Lipman me auxiliaram a definir uma linha de pensamento educacional mais consistente, norteando minhas escolhas como professora e como pesquisadora. Assim surgiu a ideia da criação de uma unidade didática que se assemelhasse a um livro de literatura, onde o conteúdo está envolto em um contexto que pretendi como autora ser interessante para o estudante. Além disso, era uma proposta de colocar em prática muitas reflexões pessoais, ideias advindas das discussões com minha orientadora e com nosso grupo de pesquisa e planos teóricos que formulei a partir da leitura dos autores citados anteriormente.

Ao final da jornada percebo que atingi meus objetivos pessoais enquanto educadora dentro de um programa de qualificação profissional. As diferentes experiências pelas quais passei nos meus vinte e quatro anos me levaram ao ponto que estou hoje, o que inclui a pesquisa e a unidade didática que são os objetos explorados nas próximas páginas, onde espero que o leitor perceba e se envolva, em algum grau, com a proposta desenvolvida.

1 INTRODUÇÃO

A imagem de cientista que o estudante e o educador possuem influenciam na maneira como eles percebem as ciências e o significado do ensino de ciências (FERNÁNDEZ et al., 2002). Quando essa imagem está baseada em uma concepção de cientista extremista, seja “maluco” ou sério demais, sem contato com família, colegas ou com qualquer outra pessoa, sempre em um laboratório (REIS; GALVÃO, 2006), rodeado por vidrarias ou em experimentos de criação de monstros, a informação para o estudante é que as ciências são distantes, reforçando os mitos sobre ela (McCOMAS, 1998).

Humanizar as ciências é uma maneira de minimizar os problemas causados por tal imagem, que já faz parte do senso comum e é também amplamente veiculada em filmes, desenhos, revistas e outros meios de comunicação. Ao se falar em humanização, devemos entendê-la como realçar características humanas aos envolvidos diretamente em uma determinada área. Sendo assim, humanizar as ciências da natureza no ensino de ciências da natureza, é apresentar ao estudante uma forma de conhecimento feita por seres humanos, dependente de diversas influências, tais como os sentimentos, a sociedade, interesses pessoais e de época, passível ao erro e a mudança (MATTHEWS, 1994). Estudar biografias de cientistas pode ser um caminho para isso, pois apresenta não apenas o produto científico final, que comumente é visto nas escolas, mas também todo o processo de criação e suas relações com os momentos da vida deste profissional (MARTINS, 1998).

Ensinar baseando-se não apenas nos produtos, mas também na natureza das ciências (ou ao menos alguns aspectos dessa natureza, como os humanos), auxilia a formação integral do estudante. A preocupação dessa formação vai além da aprovação em testes. Está voltada para educação de um cidadão que esteja consciente de seus atos e escolhas, que raciocine com base em julgamentos e critérios razoáveis sobre as decisões a tomar.

Pensando nessa perspectiva educacional, o Programa de Filosofia para Crianças fornece os caminhos a trilhar no desenvolvimento e aprimoramento do pensar de ordem superior, que une o pensar crítico e criativo para uma boa educação (LIPMAN, 2008).

Com base nessas considerações, a pesquisa aqui apresentada para o Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília pretende responder a seguinte pergunta: quais são as percepções de um grupo de licenciandos em Ciências Naturais sobre uma unidade didática que aborda a humanização das ciências da natureza e a concepção de cientista ao tratar dos estudos sobre hereditariedade de Gregor Mendel (1822-1884)?

Utilizando abordagens características da pesquisa qualitativa, como gravações e transcrições de áudio, entrevistas e diário de bordo, foram coletadas informações sobre uma unidade didática modelada na Filosofia para Crianças de Matthew Lipman, composta por um diálogo científico intitulado *O monge que plantava ervilhas* e um manual para o professor. Sendo assim, os objetivos da pesquisa dentro do contexto apresentado foram: desenvolver a unidade didática descrita acima, coletar informações sobre as percepções de um grupo de licenciandos sobre ela e estimular o pensar acerca da concepção de cientista e aspectos da natureza da ciência, tendo como base a Filosofia para Crianças.

Esta dissertação está dividida em sete capítulos para melhor organização e entendimento das ideias tratadas. O primeiro capítulo intitula-se “Introdução” e traz uma pequena apresentação de todo a pesquisa; o capítulo 2, "Revisão da Literatura" contém o estado da arte e uma discussão dos temas dessa pesquisa: concepção de cientista, humanização da ciência e Filosofia para Crianças. Na sequência, no capítulo 3 tem-se os objetivos da pesquisa. As fundamentações teórica e metodológica estão no capítulo 4, onde discorro sobre os pressupostos teóricos de Matthew Lipman sobre o pensar que embasam o Programa de Filosofia para Crianças, e toda a descrição da metodologia de trabalho selecionada para essa investigação estruturada dentro da metodologia qualitativa de pesquisa. Já o capítulo 5 é a parte onde descrevo a proposição didática, fruto da dissertação. O capítulo 6 trata da análise e discussão dos resultados. Por fim, o capítulo 7 traz as conclusões da pesquisa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção serão desenvolvidos os principais temas da pesquisa aqui apresentada. Esta foi escrita com o intuito de apresentar o estado da arte e aprofundar a literatura especializada sobre os mesmos, sendo dividida em dois grandes assuntos, com subdivisões em cada um para facilitar a disposição e compreensão das ideias principais. A primeira parte versa sobre a concepção de ciências da natureza e de cientista entre os estudantes do ensino básico, suas implicações para o ensino dessas ciências e a humanização da mesma. O segundo grupo de ideias é sobre o Programa de Filosofia para Crianças que é utilizado nessa proposta de pesquisa como um modelo alternativo para aulas de ciências da natureza que visem a formação de pessoas críticas e reflexivas.

2.1 Ciências da Natureza, Cientista e a Humanização das Ciências da Natureza no Ensino.

Há evidências de que existe uma forte relação entre as concepções que o sujeito têm sobre as ciências da natureza e sobre os cientistas e suas práticas (GIL-PEREZ et al, 2001), e que tais concepções são reforçadas no imaginário social, pela mídia e pela escola (REIS; RODRIGUES; SILVA, 2006, PECHULA, 2007), se mantendo ao longo dos níveis escolares (KOSMINSKY; GIORDAN, 2002). A seguir serão discutidas concepções de ciências da natureza e de cientistas e suas implicações para o ensino dessas ciências e, nesse contexto, será desenvolvido o tema humanização das ciências.

2.1.1 A imagem de ciências¹ e de cientista na escola

¹ Durante todo o texto a palavra “ciências” se refere ao campo das ciências da natureza ou ciências naturais.

Estudos como os de Lafosse-Marin (2007) nas séries iniciais do ensino fundamental, de Reis, Rodrigues e Santos (2006), Melo e Rotta (2010) nas séries finais do ensino fundamental e Kosminsky e Giordan (2002) no ensino médio revelam que os estudantes do ensino básico, de maneira geral, possuem uma imagem estereotipada do cientista e seu trabalho. Reis, Rodrigues e Santos (2006) após análise de pesquisas em que diversos instrumentos de coleta (questionários, desenhos, produção de histórias e entrevistas) foram utilizados para identificar a imagem de cientista dos estudantes, descreveram sete grupos de concepções em que a visão de cientista varia desde um inventor até um professor, podendo sua conduta ser boa ou má. Infelizmente os autores não disponibilizam dados numéricos que revelem quais dos grupos de caracterização do cientista é mais expressivo, porém fornecem um panorama do que é comum como resultado nesse tipo de pesquisa.

Apesar da variedade de grupos de concepções partilhadas pelos estudantes que os autores acima descreveram, todos apresentam ideias incompletas ou errôneas sobre o trabalho científico, sendo tais concepções reforçadas ao longo dos anos escolares. Comparando pesquisas com estudantes da educação fundamental (REIS, GALVÃO, 2006; LAFOSSE-MARIN; LAGÜES, 2007) e média (KOSMINSK, GIORDAN, 2002) verifica-se que, quanto mais alto no nível escolar, mais forte são os traços estereotipados de cientista.

A origem dessa concepção equivocada tem raízes tanto na sociedade quanto na escola. As crianças comumente citam como principais vias em que “conheceram” um cientista a televisão, em desenhos e filmes, livros e revistas (PECHULA, 2007). No contexto infantil, os desenhos formam boa parte da programação que assistem na televisão (SIQUEIRA, 2006).

Os desenhos utilizam uma larga linha de estereótipos de cientistas para o entretenimento e, dentre eles, os personagens comuns são idosos e professores (SIQUEIRA, 2006). Quando perguntadas por algum cientista, é comum as crianças lembrarem-se de figuras fictícias, como o Dexter de “O laboratório de Dexter”, o professor, de “As meninas superpoderosas” e o professor, de “Pica-pau”. Em todas essas animações, o cientista é colocado como uma pessoa separada da sociedade, com “manias” e inteligência acima do padrão, entretido, atormentado e por vezes metido em encrencas com suas criações (SIQUEIRA, 2006).

Revistas também mostram traços de estereótipos semelhantes, mas nem sempre são apresentados de forma explícita. As revistas de divulgação científica mais populares, assim como jornais, apresentam as notícias de maneira simplificada, dando a impressão que o trabalho científico é facilmente construído, onde um grande pensador cria novas coisas para melhorar o mundo – e rapidamente. As notícias colocadas de maneira superficial, atreladas a imagens chamativas (algumas vezes bizarras) e com pouco contexto de produção, podem levar a um ideário semelhante ao produzido pelos desenhos e filmes: as ciências são para poucos iluminados, pessoas que vão salvar o mundo ou buscar a sua destruição (PECHULA, 2007).

A primeira vista, essas imagens dos meios de comunicação em massa podem ser ignorados ou vistos como não importante para a formação da criança devido a ingênua concepção de que não terão influência sobre ela. Porém, exercem grande impacto no estilo de vida da sociedade. Siqueira (2006) escreve:

Como não existe entretenimento vazio de conteúdos, de valores, de idéias, é grande equívoco pensar que as crianças, ao assistir à TV, ao jogar videogame ou até mesmo ao praticar esportes, estejam apenas brincando. Estão – como os adultos – em constante processo de socialização, de formação, aprendendo, captando, introjetando elementos da cultura na qual estão inseridas. Em última instância, estão aprendendo a criticar ou a reproduzir (Siqueira, 2006, p. 144).

Todavia, engana-se quem supõe que essas características deformadas do trabalho científico são veiculadas apenas pela mídia. Na escola, de maneira implícita nas aulas de ciências, o estereótipo vai se reafirmando com a postura do professor e o desencadear dos conteúdos (GIL-PÉREZ et al, 2001; FERNANDEZ et al, 2002). Não discutir a investigação científica, excluir os erros dessa empreitada humana e disponibilizar apenas os produtos finais aos estudantes desconsiderando o processo de sua construção, são maneiras de reforçar a ideia de ciência como algo distante e perfeito, que explica integralmente a realidade e não está disponível para todos, mas apenas para aqueles com alto grau de compreensão da “verdade”.

Gil-Pérez e colegas (2001) realizaram um trabalho sobre a concepção de ciências entre professores do ensino básico. Os resultados mostraram que a maioria dos professores tem atrelados a si uma visão “empírico-indutivista da ciência” (GIL-PÉREZ et al, 2001, p. 129) e alegam que isso influencia a maneira como eles organizam o trabalho didático, já que as estratégias pedagógicas possuem, em sua base, uma

fundamentação epistemológica que guia as escolhas profissionais do professor. Resultado semelhante é encontrado na pesquisa de Ferraz e Oliveira (2006). Esses investigadores também realizaram pesquisa sobre a concepção de professores acerca da natureza das ciências e perceberam que, em sua maioria, os professores têm forte inclinação para uma visão tradicional e empirista, em outras palavras, essa forma de conhecimento

(...) destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação (não influenciadas por ideias apriorísticas), esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo (GIL-PEREZ et al, 2001, p. 129).

El-Hani (2006) nota que tal visão é construída e reforçada desde a formação do educador, onde não há, em muitos casos, espaço para discussões que levem o futuro professor a refletir sobre quais ciências ele pretende ensinar, destacando ainda que, apesar das mudanças culturais, sociais e científicas que passamos nas últimas décadas, o ensino continua estagnado:

(...) a formação de professores e pesquisadores tipicamente se limita aos aspectos teóricos e práticos das várias Ciências e não fornece referenciais históricos e filosóficos necessários para suas práticas profissionais. Apesar das transformações sociais dos últimos 60 anos, que fizeram avanços científicos e tecnológicos influenciarem as estruturas sociais, a cultura e a vida cotidiana de uma maneira que não tem precedentes, os currículos de Ciências praticamente não mudaram, retratando a prática científica como se fosse separada da sociedade, da cultura e da vida cotidiana, e não possuísse uma dimensão histórica e filosófica (EL-HANI, 2006, p. 5).

É essa “dimensão histórica e filosófica” (EL-HANI, 2006, p. 5) que pode abrir caminho para a construção de uma visão menos deformada das ciências, que seja capaz de se manter na mente do sujeito, ainda que este se divirta com os estereótipos dos programas de entretenimento; ou seja, saiba discernir a realidade da ficção. Todavia, antes de detalhar esse tema, é necessário entender quais são as características das ciências que devem ser exploradas para construir e reforçar uma concepção menos deturpada e mais próxima da realidade da investigação científica, vista como produto do desenvolvimento humano ao longo de sua história.

2.1.2 A humanização das ciências como via para desmistificação do trabalho científico

Uma concepção adequada de ciências e de cientista pode ser utilizada no ensino a partir da introdução dos aspectos históricos e filosóficos das ciências. Matthews (1992) coloca que o ensino de ciências está incompleto por não contemplar uma abordagem de história, filosofia e sociologia da ciência. O objetivo de incluir a história e a filosofia das ciências no ensino de ciências é aproximar o aluno do conhecimento científico, bem como humanizar esse estudo. Em sua proposta, Matthews acredita que poderá superar o ensino de ciências que perdeu grande parte de seu sentido, “onde as fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a entender o que significam” (1992, p. 165).

Após vários anos de pesquisas sobre a inclusão da história das ciências no ensino, Matthews (1994) concentrou os argumentos em sete tópicos, que se entrelaçam em diversos momentos, reforçando a justificativa de que a história das ciências permite um ensino voltado tanto para a análise dos produtos científicos como dos processos da investigação científica. Goulart (2005, p. 211) reforça essa ideia ao escrever que o “estudo da história de uma ciência pode mostrar a marca indelével que uma teoria pode ocasionar no meio em que ela surgiu e, reciprocamente, trazer à tona as influências culturais sobre o desenvolvimento científico”.

Os argumentos em favor da inclusão da história das ciências no ensino de ciências destacados por Matthews (1994, p. 36) envolvem as ideias de que, além da história promover uma melhor compreensão de conceitos e métodos científicos, conectando o pensamento individual com o coletivo e reduzindo o cientificismo de textos escolares, ela é também é intrinsecamente relevante por tratar de momentos históricos importantes da ciência e da cultura e humanizá-la.

Dos sete argumentos elencados por Matthews (1994), será desenvolvido o número 6, onde ele destaca que “a história, através do exame da vida e tempo dos cientistas, humaniza os assuntos científicos, fazendo com que sejam menos abstratos e mais envolventes para os estudantes” (MATTHEWS, 1994, p. 36), pois pode ser uma via para aproximar e instigar os estudantes sobre a investigação científica. Ao humanizar as ciências, desmistificam-se as ideias sobre os cientistas, como foi abordado

anteriormente. Sendo assim, humanizar as ciências significa torná-las palpável do ponto de vista educacional, retirando-as de um plano superior inexistente para que se tornem comuns aos mortais, passíveis de erro; em processos de desenvolvimento e construção. Faria (2011) afirma que:

(...) a abordagem histórica da ciência fornece ao estudante a oportunidade de perceber a ciência como construção humana, que tem sua história e depende da época e sociedade onde se desenvolve. Isso possibilita ao professor uma compreensão diferenciada de seu objeto de ensino – a ciência – trazendo à tona a riqueza contida na história da produção do conhecimento científico e escondida atrás da proteção da neutralidade e linearidade com que é abordada normalmente pela comunidade científica e pela educação. Essa abordagem chamada por Mathews (1995) de contextual defende que a ciência deva ser ensinada em seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico e tecnológico. (FARIA, 2011, p. 14)

Por exemplo, o estudo da história de Mendel (sua vida e obra) auxilia na compreensão que, não necessariamente pelo fato de Mendel ser um monge, ele era isolado do mundo, sem acesso à esfera científica e sociedades de horticultura. Ao contrário, ele viveu em um mosteiro onde havia incentivo à discussão científica, contando inclusive com uma considerável biblioteca (OLBY, 1985). O estudo com enfoque histórico sobre Mendel também é humanizador por mostrar a personalidade além do monge, tornando-o tão humano (com medos, dúvidas, dificuldades) quanto os estudantes que se deparam com os resultados de seus experimentos nas aulas de biologia e nos livros didáticos. É nesse sentido que Matthews (1994) afirma que “a história é uma maneira de colocar um rosto na Lei de Boyle, na Lei de Ohm, nas descobertas de Curie, na constante de Planck e outros” (p. 52).

Humanizar as ciências também é uma maneira de minimizar o efeito que os mitos têm ao reforçarem o imaginário social, tal como os colocados por McComas (1998). Dos quinze mitos pontuados e discutidos por ele, a humanização das ciências no ensino de ciências pode auxiliar no combate de alguns, como a ideia de que as ciências pouco tem a ver com a criatividade sendo os cientistas particularmente objetivos em uma busca solitária.

Dois exemplos da história das ciências podem ajudar a compreender o motivo dessas ideias serem consideradas mitos, quando vistos sob uma perspectiva humanizadora. Ao falar do “nascimento” da genética, uma abordagem histórica dos

experimentos de Mendel permite discutir a influência do contexto histórico e cultural na produção científica. Olby, (1985), Corcos e Monaghan (1993) e Brandão e Ferreira (2009) mostram que sua produção estava relacionada com suas diferentes experiências, como os estudos de botânica, interesses da comunidade da Morávia onde o mosteiro se localizava e linhas de pesquisa dos hibridizadores da época. Além disso, todo o processo envolvendo diferentes pesquisadores até a revelação do trabalho com ervilhas após a morte de Mendel, também pode exemplificar uma transição de teoria sobre a herança de características dos seres, com o abandono de ideias como a herança de mistura e aceitação no início do Século XX das proporções e probabilidades como mecanismo no aparecimento de tais características (MAYR, 1983).

Outro caso que exemplifica esse conceito de ciências é a modificação do modelo ptolomaico para copernicano do Sistema Solar. Quando Copérnico veiculou suas ideias, fez um trabalho altamente reflexivo, utilizando em grande parte dados já existentes e usados por Ptolomeu para modelar o sistema geostacionário. Ou seja, Copérnico, pelas informações históricas, não fez nenhuma observação astronômica nova significativa para propor seu modelo, dando uma interpretação diferente às tábuas de dados que Ptolomeu obteve (KUHN, 2002; MARTINS, 2003). Quanto ao contexto, Copérnico esteve muito preocupado com a publicação de sua proposta por causa das repreensões que poderiam ocorrer por parte da Igreja.

Em ambos os casos, os cientistas obtiveram ajuda em suas pesquisas, seja através de estudos anteriores ou nos debates com seus contemporâneos, além do fato de que propuseram novas abordagens a conhecimentos já produzidos. Mendel adicionou uma visão matemática à sua análise de dados, contabilizando as características das ervilhas (FREIRE-MAIA, 1995), e Copérnico reestruturou o sistema de epiciclos-deferentes já utilizado por Eudoxo e Ptolomeu (MARTINS, 2003).

O uso de biografias e, junto a elas, da história das ciências, como via de humanização destas (brevemente colocado nos exemplos acima) pode ser uma maneira efetiva de minimizar os problemas no ensino de ciências já tratados nesta seção. Contudo, é necessário que se tomem alguns cuidados. Martins (1998) faz as seguintes considerações sobre a maneira adequada de se usar biografias no ensino de ciências:

a) deve-se evitar o uso de "biografias longas, repletas de datas, sem nenhuma referência à filosofia e às ideias científicas, ao contexto" (MARTINS, 1998, p. 18): isso porque o estudo de linhas do tempo da produção científica com intuito apenas de conhecer ou

memorizar nomes e datas é desinteressante para o estudante e não abre espaço para explorar toda a riqueza da história envolvida em uma grande descoberta. A história das ciências que se defende para inclusão nos currículos é mais profunda, aliando-se à filosofia para dar suporte a discussões sobre as relações entre ideias emergentes, contexto e seus produtores, aumentando o foco em questões relevantes como o significado e modos da produção de conhecimentos.

b) deve-se “evitar também mostrar apenas aquilo que deu certo” (MARTINS, 1998, p. 18): ao omitir os erros e dificuldades que os cientistas tiveram ao longo de suas jornadas, o professor pode contribuir para a formação de uma imagem deturpada da ciência, onde os cientistas são vistos como salvadores da sociedade e pessoas brilhantes. Além disso, ao negar o erro, o professor perde a possibilidade do diálogo sobre a natureza das ciências e de aproximação com o estudante, pois poderia mostrar que todos erram e que os erros também podem ajudar no desenvolvimento de um pensamento.

c) deve-se “evitar (...) não considerar ou mesmo desvalorizar a experiência do próprio aluno” (MARTINS, 1998, p. 18): o professor pode aproveitar as experiências dos discentes, fazendo analogias com algumas etapas que os cientistas trilham ao construir certo conceito, o que pode aproximar o estudante do objeto de estudo.

As biografias podem ser colocadas sob a forma de narrativas históricas, conectando elementos motivadores e humanizadores das ciências em uma única proposta educacional. Segundo Metz e colegas (2007), as narrativas históricas são intrinsecamente humanizadoras, uma vez que incluem em seus discursos elementos éticos, sociais, sociológicos, filosóficos e políticos.

O uso de narrativas deve ser feito com intenções claras, com o emprego de componentes imaginativos e manipulativos, no sentido de direcionar o fio condutor da história para os objetivos educacionais traçados inicialmente, como proposto no programa do grupo *Centre for Science Stories* (2008). Em sua página na Internet (CENTRE FOR SCIENCE STORIES, estão disponibilizados textos em língua inglesa sobre alguns cientistas nas áreas de astronomia, ciências biológicas, química, ciências da Terra e física. Em cada texto são ressaltados aspectos sobre a natureza da produção científica juntamente à explanação sobre algum conteúdo. No texto sobre a vida de Gregor Mendel, intitulado “Criatividade e descoberta: o trabalho de Gregor Mendel” (*Creativity and discovery: The work of Gregor Mendel* WILLIAMS et al, 2008), os autores ressaltam vários marcos da sua jornada até as conclusões com os experimentos

de hibridização com ervilhas, destacando o valor da criatividade na sua maneira de interpretar os dados e realizar o experimento. A abordagem utilizada neste texto conta, ainda, com algumas questões colocadas ao longo do mesmo para que o estudante reflita sobre o trabalho científico e, particularmente, sobre os achados de Mendel. Abaixo, duas perguntas do texto :

2. Como o trabalho de Mendel ilustra que a observação e análise de dados não é objetiva (isto é, cientistas “veem” através das lentes de seus pressupostos teóricos)?
3. Muitos estudantes atualmente preferem não seguir carreiras na ciência, pensando que ciência não requer criatividade. Como a ideia original de Mendel, a abordagem para testá-la, e sua análise de dados ilustra que a ciência é um esforço criativo? (WILLIAMS et al, 2008, p. 5)

Nesta seção discuti a importância da humanização da ciência e uma proposta curricular na área de ensino de ciências, qual seja, o uso de narrativas históricas. As narrativas também são aplicadas em outras áreas de ensino, tal como a filosofia. Um exemplo é o programa de Filosofia para Crianças, que será abordado na seção seguinte, com destaque para algumas de suas aplicações no ensino de ciências.

2.2 A Filosofia para Crianças

A Filosofia para Crianças é um programa de educação filosófica, voltado para o desenvolvimento do pensamento crítico das crianças (LIPMAN, 2008). Matthew Lipman, criador do mesmo, afirma que deve-se estimular o raciocínio e a linguagem das crianças desde seus primeiros anos escolares.

Lipman, juntamente com Falcone, defende:

Não é suficiente que os estudantes simplesmente aprendam o conteúdo das disciplinas acadêmicas; para que os estudantes sejam verdadeiramente educados, precisam ser capazes de raciocinar naquelas disciplinas (FALCONE; LIPMAN, 1990, p. 238).

Pensando nesse objetivo, Lipman discute o significado desse “educar”, onde tal ato se daria na formação de cidadãos capazes de fazer escolhas **razoáveis**, o que seria

obtido a partir de um ensino **razoável** (grifos meus). Essa razoabilidade (*reasonableness*) (LIPMAN, 2008, p. 22) defendida pelo autor refere-se à habilidade de realizar escolhas e tomar atitudes que sejam ponderáveis, passíveis de compreensão. Para isso é importante que a criança esteja em um currículo que promova o pensar por si, desenvolvendo habilidades de raciocínio.

Dentro desse contexto, são criadas as novelas filosóficas, recurso didático em que conteúdos de filosofia são abordados em uma linguagem e contexto familiares às crianças, com três principais objetivos (LIPMAN, 1990):

- iniciação filosófica de crianças e jovens: iniciar, desde cedo, o pensamento reflexivo nas crianças e jovens, de tal maneira que sejam capazes de contribuir com suas visões pessoais para a construção de orientações para a vida humana. Ou seja, que a pessoa construa sua própria forma de ver e entender o mundo, mas não de forma ingênua, ou de maneira não razoável. Que ela tenha consciência das alternativas teóricas e práticas que terão implicações nas escolhas da vida.
- educação para o pensar²: essa iniciação filosófica leva a uma proposta de educação para o pensar que visa exercitar e aprimorar o raciocínio através do pensar crítico a partir de interações sociolinguísticas.
- preparação para uma cidadania responsável: juntamente com a educação para o pensar e a introdução da criança à filosofia, o Programa busca prepará-las para a cidadania, representada pelo respeito às ideias alheias, pelos bons argumentos para defender as próprias concepções e pelos bons julgamentos.

2.2.1 As novelas filosóficas do Programa de Filosofia para Crianças

Na década de 1970, o criador da Filosofia para Crianças, Matthew Lipman (1922-2010) iniciou a construção de um currículo que atualmente é composto por uma série de novelas filosóficas acompanhadas de manuais para os professores utilizarem em

² Esse conceito, assim como a comunidade de investigação e o pensamento crítico são abordados com maior profundidade no capítulo da fundamentação teórica e metodológica.

sala de aula³ (LIPMAN, 1990). Traduzidos e adaptados à cultura brasileira, existem quatro obras: *Issao e Guga* (LIPMAN, 1997) para os atuais 2º e 3º anos; *Pimpa* (LIPMAN, 1997) voltado para os 4º, 5º e 6º anos; *A descoberta de Ari dos Telles* (LIPMAN, 1995) para 7º e 8º anos; e *Luísa* (LIPMAN, 1999) destinada para o 9º ano.

Uma das características das novelas filosóficas de Lipman está nos personagens, que permite às crianças a identificação com os atores do diálogo, tanto pela linguagem utilizada quanto pelas questões levantadas. Toda a história se passa em um contexto que poderia ser real para o leitor infantil.

Durante o diálogo, as crianças fazem questionamentos, levantam e testam hipóteses e, quando encontram algum obstáculo para a descoberta, buscam maneiras de reformular ou explicar o novo fenômeno:

Às crianças que são personagens das novelas, não são ensinados, por exemplo, os princípios da lógica; mas elas os descobrem por si mesmas, no processo de discussão de conceitos filosóficos que lhes são importantes, tais como justiça, amizade e verdade. As crianças, na classe, discutem essas descobertas de maneira cooperativa (LIPMAN, 1990, p. 246).

Os personagens se utilizam de “padrões do pensamento, padrões da investigação, padrões de conduta, padrões de julgamento” (LIPMAN, 1992, p. 9). São esses padrões dos personagens que devem inspirar as crianças reais a se “libertarem do pensamento superficial, não construtivo ou mecânico” (LIPMAN, 1992, p. 9).

Um exemplo é o diálogo que ocorre em *A Descoberta de Ari dos Telles* (LIPMAN, 1995), em que Ari, o personagem principal da história, desenvolve o raciocínio sobre a conversão de proposições lógicas (SPLITTER, 1992):

Luísa também estava na classe de Ari, mas, por alguma razão achava que ela não tinha rido dele. Ari achou que se contasse o que tinha descoberto, ela seria capaz de entender!

- Luísa, acabei de ter uma ideia engraçada!

Luísa sorriu esperando o resto.

- Quando você vira as frases ao contrário, elas não são mais verdadeiras.

Luísa torceu o nariz.

³ Estou me referindo ao currículo criado pelo professor Lipman e colaboradores no Instituto para o Avanço da Filosofia para Crianças (*Institute for the Advancement of Philosophy for Children, Montclair State University, New Jersey, US*).

- E o que isso tem de engraçado?
 - Me dá uma frase, qualquer frase, e eu mostro pra você.
 - Mas que tipo de frase? Eu não consigo inventar uma frase assim do nada.
 - Uma frase com dois tipos de coisas, como cães e gatos, sorvetes e comidas ou astronautas e gente.
 - Luísa pensou um pouco. E, quando ia dizer alguma coisa, balançou a cabeça e pensou mais um pouco.
 - Vamos lá! Qualquer coisa, pediu Ari.
 - Finalmente Luísa se decidiu.
 - Nenhum leão é águia.
 - Imediatamente Ari rebateu a frase como seu gato teria feito com o novelo de lã.
 - Nenhuma águia é leão.
 - Ele ficou atordoado. A primeira frase “Nenhum leão é águia” era verdadeira, mas “Nenhuma águia é leão” também era.
 - Ari não podia entender por que não tinha funcionado.
 - Funcionou antes, começou a dizer, mas não pôde terminar a frase.
 - Luísa olhou para ele, intrigada.
 - Por que ela tinha dado uma frase tão boba? Pensou Ari um pouco ressentido. Mas, então, lhe passou pela cabeça que, se realmente tivesse descoberto uma regra, ela também deveria funcionar com frases bobas. Portanto não tinha sido culpa da Luísa.
 - Pela segunda vez, naquele dia, Ari sentiu que, por alguma razão, havia falhado. Seu único consolo era que Luísa não estava rindo dele.
 - Eu pensei que tinha descoberto alguma coisa. Realmente pensei que tinha.
 - Você experimentou para ver se funcionava? Perguntou Luísa.
 - Seus olhos verdes estavam brilhantes e sérios.
 - É claro. Peguei frases como “Todos os planetas giram em torno do Sol”, “Todos os carrinhos são brinquedos”, “Todos os tomates são vegetais” e descobri que, quando colocávamos a última parte no começo, as frases não eram mais verdadeiras.
 - Mas a frase que eu dei não era igual às suas. Todas as suas frases começavam com *todos* e a minha começou com *nenhum*.
 - Luísa estava certa! Mas será que aquilo fazia alguma diferença?
- (p. 4-5, grifos do autor)

No extrato anterior é possível perceber várias características dos diálogos filosóficos do Programa de Filosofia para Crianças, como a discussão entre os personagens, que numa comunidade de investigação buscam respostas para os questionamentos que surgem de contextos comuns (no caso, as ideias de Ari foram suscitadas durante uma aula de ciências); o estudo dos conteúdos filosóficos sob uma perspectiva da criança, sem utilizar linguagem técnica ou fazer alusão a grandes pensadores, e a existência das emoções que estão ligadas a descoberta e a dúvida. Ari, por exemplo, tem momentos de euforia quando acredita ter descoberto uma nova regra,

mas logo se decepciona ao ver que ela não funciona para todos os casos, tendo, em outros momentos da história, ápices de animação, irritação, desconfiança e alegria (LIPMAN, 2008).

A construção do Programa se deu com base em sete estratégias descritas por Lipman (1990, p. 168-170):

- estratégia 1: seguir o desencadeamento de acontecimentos comuns na construção de currículos do ensino fundamental e médio: primeiro aperfeiçoar habilidades pela prática, depois o entendimento da explicação (lógica das linguagens que utilizam) e, por fim, mostrar a utilidade disso na vida cotidiana, aplicando tais habilidades a problemas reais.

- estratégia 2: os tratamentos curriculares são sequenciados e aninhados. As novelas filosóficas seguem os três passos citados na estratégia 1, agrupando características com pontos comuns em cada diálogo que compõe a coleção, sendo que a novela anterior traz meios para desenvolvimento das habilidades necessárias para trabalhar a novela seguinte.

- estratégia 3: a lógica é o eixo na elaboração curricular, para que haja racionalidade em sua produção e posterior execução, selecionando o que deve vir primeiro ou por último para se alcançar o objetivo final do Programa, que é o pensar elaborado, de ordem superior.

- estratégia 4: a continuidade do currículo deve ser tanto afetiva quanto cognitiva, estimulando a reflexão e a investigação, devendo, por consequência, ser motivadora, para que a criança se sinta envolvida e possa então, se engajar no processo reflexivo e investigativo proposto sob molde de histórias para crianças.

- estratégia 5: as crianças fictícias servirão como modelos para as crianças reais. Por isso, devem apresentar características que as crianças reais possam se identificar. Logo, na história, todos os personagens infantis não devem ser “o ideal”, extremamente ativas, participativas e completamente envolvidas com as questões filosóficas sem algum incentivo externo.

- estratégia 6: os manuais de instrução estimulam a continuidade das discussões da novela. As atividades dos manuais tem a intenção de levantar novas perguntas, e não de encontrar respostas explícitas.

- estratégia 7: promover a autocorreção na comunidade de investigação, sobre o erro e sobre a parcialidade, levando em consideração diversas visões sobre um mesmo objeto

de observação e reflexão. Práticas de cidadania são incentivadas e aprimoradas com o Programa, como saber ouvir e falar sem desmerecer as ideias alheias.

Todas essas estratégias convergem para o desenvolvimento do pensar. Idealmente, o professor que ministra as aulas deveria ser introduzido ao Programa por um grupo especializado para compreendê-lo tanto do ponto de vista teórico como prático e, assim, poder ensinar com vistas no melhoramento das habilidades de pensamento.

As ideias da proposta de Matthew Lipman foram aplicadas em diversas escolas estadunidenses com professores treinados, revelando um grande sucesso na promoção da melhoria da compreensão da leitura e do pensamento lógico (LIPMAN, 1985). A linha de ensino da Filosofia para Crianças foi utilizada como modelo para o ensino de ciências da natureza, sofrendo algumas adaptações pertinentes para tal disciplina, como são os casos das pesquisas de Sprod (1998) no âmbito do ensino de física e de Ferreira (2004) dentro do ensino de ciências da natureza.

2.2.2. A Filosofia para Crianças e o ensino de ciências

Existem muitas semelhanças entre os anseios educacionais da Filosofia para Crianças e os do ensino de ciências. Por exemplo, na Filosofia para Crianças, os currículos *Issao e Guga* (LIPMAN, 1997) e *A descoberta de Ari dos Telles* (LIPMAN, 1997) têm relação direta e intencional com o ensino de ciências, pois há o encorajamento dos estudantes na busca pelas próprias respostas, investigando os fenômenos através da observação, inferência, formulação de hipóteses, testes e reflexões sobre a descoberta (não necessariamente nessa ordem) dentro do contexto das ideias filosóficas (CENTRO BRASILEIRO DE FILOSOFIA PARA CRIANÇAS, s.d.). Duas pesquisas empíricas sobre a aplicação da Filosofia para Crianças no ensino de ciências foram desenvolvidas (SPROD, 1998, FERREIRA, 2004).

Sprod (1998) propôs uma conexão entre a Filosofia para Crianças e o ensino de física abordando o tema energia. Aliado ao uso de um diálogo científico, Sprod utilizou outras formas literárias e um experimento demonstrativo usando o Gerador de Van de Graaf para compor sua unidade de ensino. A coleta de dados contou com elementos

quantitativos e qualitativos que evidenciaram uma expressiva mudança nos níveis de compreensão sobre o raciocínio científico e sobre o conteúdo escolar.

Sprod (2011) possui uma página na Internet onde disponibiliza para uso público 18 pequenas histórias conectadas e com suporte ao professor para ensino de diferentes temas no nível médio, como energia, dinossauros e tempo de reação. Essas histórias mantêm a linha de escrita da Filosofia para Crianças, com personagens que se aproximam do público real nas falas, ações e sentimentos expressos.

Fruto de uma tese de doutorado em educação, “Mário descobre a ciência” (FERREIRA, 2004) é um diálogo científico com cinco capítulos modelado no programa de Filosofia para Crianças. O diálogo é acompanhado por um manual para o professor com intuito de estimular os alunos a raciocinar sobre três habilidades básicas da investigação científica, sendo elas a classificação, a observação e a inferência.

O diálogo científico se passa nas aulas de ciências da turma de Mário, o personagem principal. Com a ajuda do professor, as crianças discutem sobre as características dos seres vivos e sobre os critérios que os definem. Durante o enredo, é possível perceber várias influências das novelas da Filosofia para Crianças, como a criação de uma comunidade de investigação cujos participantes buscam compreender o que são coisas vivas a partir de metáforas, questionamentos, e a colocação dos conteúdos científicos em uma linguagem e contexto próximos ao da criança.

Todavia, é possível perceber diferenças cruciais entre as propostas de Sprod (1998) e Ferreira (2004) e o Programa de Lipman. Por exemplo, Ferreira (2004) utiliza algumas palavras pertinentes a linguagem técnica, como “glândulas secretoras de leite” (p. 196) ou “ancestral comum” (p. 197), e o desenvolvimento das habilidades de pensamento ocorre juntamente ao uso de conceitos científicos. O manual contém várias atividades práticas (*hands-on activities*), como a observação da queima de uma vela para o tratamento de questões sobre observação e inferência; o que não faz parte da proposta original do Programa.

Os resultados da pesquisa de Ferreira (2004) evidenciaram que os estudantes apresentaram uma boa resposta à unidade didática. As crianças se identificaram com as situações da história, fazendo um comparativo entre as atividades de sala de aula e os acontecimentos fictícios, e entre as atitudes dos professores e dos estudantes (reais e imaginários); além de resultados que indicaram compreensões sobre observação e inferência dentro do esperado.

As pesquisas analisadas acima mostram que o uso da metodologia modelada na Filosofia para Crianças, mesmo dentro de disciplinas diferentes como a física e a ciências da natureza, pode facilitar a compreensão e aprendizagem das ciências.

Esta dissertação é uma nova tentativa de usar o modelo da Filosofia pra Crianças no ensino de ciências. Como propostas anteriores, haverá semelhanças e diferenças com o modelo do Programa, de maneira a adequar as particularidades do ensino de ciências. De qualquer maneira, o fio principal sempre se mantém: o esforço para estimular e aperfeiçoar o pensar crítico.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral da pesquisa

- Identificar as percepções de um grupo de licenciandos em Ciências Naturais sobre uma unidade didática que aborda a humanização das ciências da natureza e a concepção de cientista ao tratar dos estudos sobre hereditariedade de Gregor Mendel (1822-1884).

3.2 Objetivos específicos da pesquisa

- Coletar por meio de pesquisa qualitativa as percepções de futuros professores acerca de uma unidade didática sobre a humanização das ciências da natureza.
- Coletar por meio de pesquisa qualitativa as percepções de futuros professores acerca de uma unidade didática sobre a hereditariedade (1^a Lei de Mendel) vista de uma perspectiva histórica.
- Coletar por meio de pesquisa qualitativa as percepções de futuros professores sobre o uso de diálogos acompanhados por manual para os professores no ensino de ciências.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

4.1 Embasamento teórico: o Programa de Matthew Lipman

Partindo de suas angústias enquanto educador universitário de Introdução à Lógica, ao se perguntar o significado do que estava ensinando aos estudantes e da percepção sobre a importância do raciocínio lógico para o desenvolvimento do pensamento, Lipman inicia a construção de diálogos filosóficos que estimulem o pensar crítico nas crianças, com traços da tradição de Dewey e Diderot (LIPMAN, 1992).

O Programa de Filosofia para Crianças, surgido a partir do contexto descrito acima, é voltado para o desenvolvimento de diversas características desejáveis quando se fala de formação de cidadãos críticos e reflexivos na educação formal.

Nesse programa, valoriza-se o raciocínio, que está relacionado a capacidade de interpretar situações (escritas, vividas, simuladas, etc.) e realizar inferências, promovendo um crescimento pessoal e interpessoal em comunidades de investigações. O raciocínio também é peça-chave para o desenvolvimento da ética, de encontrar sentido na experiência, descobrir alternativas, justificar crenças, generalizar e reconhecer casos não generalizáveis. Sendo assim, o raciocínio é visto como uma habilidade fundamental na formação do pensamento crítico. Lipman (2001) resume o sentido do seu programa de Filosofia no parágrafo transcrito abaixo:

Filosofia para Crianças incentiva as crianças a pensarem por si mesmas e as ajudará a descobrirem os rudimentos de sua própria Filosofia de vida. Fazendo isso, estará ajudando-as a desenvolverem um senso mais concreto de suas próprias vidas. (LIPMAN, 2001, p. 114)

A seguir, serão apresentados os principais conceitos fundadores da obra de Lipman e que guiam esta pesquisa.

4.1.1 O pensar crítico

Existem várias formas de pensar, e o pretendido por Lipman envolve o pensar crítico. Esse tipo de pensamento está relacionado a uma formação que prepare efetivamente para a tomada de decisões na vida cotidiana.

De acordo com Lipman (1996), o pensar crítico está intimamente relacionado com os julgamentos, sendo este último a consequência do primeiro. Os julgamentos expressam a formação de opiniões e isto inclui, portanto, “coisas como a solução de problemas, a tomada de decisões e a aprendizagem de novos conceitos” (LIPMAN, 1996, p. 171). Podemos realizar tanto bons quanto maus julgamentos. O pensar crítico leva a formulação de bons julgamentos em que se analisa não só a escolha de determinada ação como também o motivo da escolha.

Tais julgamentos são guiados por critérios, definidos aqui como razões, de um tipo particularmente confiável. Os critérios ajudam a pessoa a escolher e defender seus pensamentos. Isso é importante porque “a melhoria da qualidade do pensamento dos alunos depende, em grande parte, da capacidade dos alunos em identificar e citar boas razões para as opiniões que expressam” (LIPMAN, 1996, p. 174-175). Essa ajuda dada pelos critérios também se baseia na comparação.

Os critérios formam uma base para a comparação e até mesmo a criação de padrões que facilitam os julgamentos, tornando-os mais confiáveis. Por exemplo, para julgar uma frase do tipo “batata cozida é melhor do que batata frita”, é necessário que se estabeleça critérios para que o julgamento ocorra de forma racional e crítica. Precisa-se saber comparando-se a que, a batata cozida poderia ser melhor do que a batata frita. Em relação ao gosto? A facilidade de preparo? Para crianças? Para dietas com restrição calórica?

Outra característica do pensar crítico é sua capacidade de autocorreção. Em comunidades de investigação, tema que será abordado mais à frente, a autocorreção do pensamento ocorre durante o processo, com a busca dos membros da comunidade pela correção de métodos e procedimentos uns dos outros. No desencadear dos acontecimentos, por consequência, os participantes idealmente internalizam a metodologia do grupo e criam uma maneira de se autorregular para manter o padrão estabelecido (LIPMAN, 2008, p. 350-351).

Tendo isso em mente, pode-se também afirmar que o pensar crítico é sensível ao contexto, ou seja, ele irá se desenvolver e conduzir a realização de julgamentos que levem em consideração o que ocorre no contexto, estando atento a questões como: circunstâncias excepcionais, limitações, contingências ou eventualidades especiais, configurações globais, possibilidade de evidência atípica e a possibilidade de alguns conhecimentos não serem generalizáveis (LIPMAN, 2008).

De maneira sintética, pode-se dizer que “o pensar crítico é o pensamento que 1) facilita o julgamento pois 2) se fundamenta em critérios, 3) é autocorretivo e 4) é sensível ao contexto” (LIPMAN, 2008, p. 172). É importante que os alunos:

(...) possam fazer mais do que simplesmente pensar; é igualmente importante que sejam capazes de praticar um bom julgamento. É o bom julgamento que caracteriza a interpretação profunda de um texto escrito, a redação equilibrada e coerente, a compreensão lúcida daquilo que ouvimos e o argumento persuasivo. (LIPMAN, 2008, p. 183).

Ainda que de grande importância, o pensar crítico por si só não leva a formação e amadurecimento do pensamento de ordem superior pretendido por Lipman. É necessário, também, que o estudante desenvolva o pensar criativo, detalhado a seguir.

4.1.2 O pensar criativo

De maneira extrema, o pensar criativo poderia ser entendido como o oposto do pensar crítico. Porém, o pensamento criativo apresentado na obra de Lipman é visto como complementar, sendo os dois dosados juntamente para a formação de outro tipo de pensar, o complexo.

O pensamento criativo está menos relacionado aos critérios e mais aos valores, dependendo sua existência de diferentes estímulos, do tipo assimilativo (sensações) e manipulativo (invenções).

Essas características elevam a criatividade a uma posição central na relação de descoberta—invenção. É comum que a criatividade ocorra em sala de aula, que o estudante faça alguma descoberta (no sentido de descobrir algo para si, que antes não

conhecia) e logo tente inventar uma maneira de aplicá-la. Nesse processo é preciso ser criativo tanto para chegar a descoberta quanto para chegar a alguma invenção baseada na anterior descoberta. Lipman (1996) exemplifica essa relação:

Apresente, por exemplo, a uma sala do primário um fato bastante fora do comum (por exemplo: “Um pacote com notas de cem reais foi encontrado esta manhã na quadra de vôlei”). Peça que forneçam inferências. Discuta então o que cada inferência pressupõe. Você descobrirá que as inferências apontam novos caminhos, pois os alunos não haviam pensado previamente sobre a possibilidade de encontrar notas de cem reais no pátio da sua escola. Por outro lado, cada possibilidade especulativa que uma criança menciona pode ser baseada em uma série de suposições pré-existentes. A fase inicial da investigação compreende: 1) a invenção imaginativa; a fase subsequente compreende 2) revelação daquilo que estava sendo suposto ou desprezado, implicando, portanto, 3) na descoberta. (p. 285-286)

O pensamento criativo está relacionado com o raciocínio ampliativo, uma vez que se refere a rupturas cognitivas, indo além do que já é estabelecido, realizando inferências, onde “o indivíduo criativo se recusa a abrir mão da sua posição diante da comunidade” (LIPMAN, 2008, p. 289-290), como um “afastamento do passado” (Idem, p. 290), ou seja, o nascimento da originalidade.

A criatividade, que contém em si o pensar criativo, se conecta também com a imaginação, mas não necessariamente essas duas possuem relação de dependência. Ela, a criatividade, fortalece o pensar por si mesmo. A pessoa criativa mostra em si um modelo para que os outros também o sejam e, para isso, é necessário que os outros inovem, descubram suas formas de realizar os atos, sem se repetir ou imitar alguém.

Assim como o pensamento crítico, o pensamento criativo também possui critérios para se estabelecer e realizar julgamentos criativos. Todavia, são critérios diferentes do pensar crítico, mas não excludentes, como os critérios de fluência, adequação e flexibilidade (LIPMAN, 2008).

4.1.3 O pensar de ordem superior

Pensar é uma atividade inerente ao ser humano. Mesmo nas mais simples tarefas cotidianas é necessário pensar para desencadear ações. Contudo, existem várias maneiras de pensar que podem ser aperfeiçoadas, criando um pensamento habilidoso, ou seja, distinguir entre inferências válidas e não válidas a partir da lógica. (LIPMAN; OSCANYAN; SHARP, 2001).

O melhoramento do pensar serve para que as crianças se tornem mais razoáveis, criando um melhor senso de como e quando agir. A preocupação com o pensar não está relacionada com a formação de pequenos filósofos, mas com o aprimoramento de suas habilidades de decisão e capacidade de realizar bons julgamentos.

A integração das habilidades de pensar em cada um dos aspectos do currículo aguçaria a capacidade de as crianças fazerem conexões e estabelecerem distinções, definir e classificar, avaliarem objetiva e criticamente informações factuais, lidarem reflexivamente com a relação entre fatos e valores e diferenciarem suas crenças e aquilo que é verdade da sua compreensão do que é logicamente possível. Essas habilidades específicas ajudam as crianças a escutarem melhor, estudarem melhor, aprenderem melhor e a se expressarem melhor. Portanto, essas habilidades são transportadas para todas as áreas acadêmicas. (LIPMAN; OSCANYAN; SHARP, 2001, p. 35-36).

Esse pensar aperfeiçoado leva a formação do pensar de ordem superior. Essa categoria de pensamento é a junção de dois outros vieses do pensamento: o pensar crítico e o pensar criativo, tratados anteriormente.

O pensamento de ordem superior é “conceitualmente rico, coerentemente organizado e persistentemente investigativo” (LIPMAN, 2008, p. 37). Esse pensamento é estimulado ao fazer com que os alunos filosofem em uma comunidade de investigação, provocando a reflexão sobre os temas pertinentes a determinada disciplina para que façam relações (associações ou disjunções entre coisas, conceitos) mais razoáveis, no sentido que podem ser explicadas a partir de uma base racional adequada.

Há uma grande riqueza de recursos e maleabilidade na forma do pensar, para que haja aproveitamento de tais recursos. O pensamento de ordem superior é construído dentro da comunidade de investigação e com auxílio do diálogo, que levam ao aprimorar das habilidades cognitivas (LIPMAN, 2008).

O diálogo a que se relaciona o pensar de ordem superior não se trata apenas do momento de conversa entre algumas pessoas, mas exige que “cada um dos participantes

realmente tenha em mente o outro, ou outros, em sua existência presente e específica e volta-se para estes com a intenção de estabelecer uma relação mútua estimulante entre si e eles” (LIPMAN, 2008, p. 36). Ou seja, o diálogo efetivo envolve comprometimento das partes com o momento, que os participantes do diálogo sintam-se incluídos, interessados e motivados pela discussão.

Para a promoção do pensar de ordem superior, unindo pensar crítico e criativo, tendo em conta todas as relações discutidas nos parágrafos acima, é necessário que haja uma forma de organização social que propicie o desenvolvimento do pensar: a comunidade de investigação (LIPMAN, 2008).

4.1.4 Comunidade de investigação

A estrutura do desenvolvimento dos pensares, para Lipman está baseada na formação de uma comunidade de investigação, proposta advinda da ideia de educação como investigação de John Dewey (LIPMAN, 1994).

A comunidade de investigação é um espaço para o diálogo, onde:

os alunos dividem opiniões com respeito, desenvolvem questões a partir de ideias de outros, desafiam-se entre si para fornecer razões a opiniões até então não apoiadas, auxiliam uns aos outros ao fazer inferências daquilo que foi afirmado e buscar identificar as suposições de cada um (LIPMAN, 2008, p. 31).

Existem algumas características que definem tal comunidade, tais como (LIPMAN, 2008):

- 1) a busca da obtenção de um produto advindo de julgamentos,
- 2) há direção e sentido no processo investigativo, no mesmo sentido e direção do argumento;
- 3) o processo é dialógico, vai além de uma mera conversação;
- 4) a criatividade e a racionalidade possuem implicações sobre a comunidade de investigação, que levam a elaboração de pensamentos críticos e criativos.

Na comunidade de investigação, há sempre a busca da compreensão de algo. Todavia, o principal foco não é conseguir uma resposta esperada, mas sim “incitar as pessoas a pensar criticamente sobre o mundo” (LIPMAN, 2008, p. 335).

A principal forma de relação entre as pessoas na comunidade de investigação é o diálogo que almeja o desequilíbrio. Diferentemente de uma conversação, em que a lógica não é o principal guia, no diálogo ela tem importância central, sendo ele uma investigação, um questionamento com intencionalidades, argumentos que podem levar até mesmo a persuasão (mas não é o objetivo primário).

Os diálogos da comunidade de investigação levam a formação de julgamentos provisórios, que são regulados pela própria comunidade, no ato de crítica entre seus participantes e a autocrítica, que levam para a correção das práticas do outro e da autocorreção.

Em sala de aula, Lipman (2008, p. 349) sugere uma via para trabalhar a comunidade de investigação no ambiente escolar, utilizando como protótipo a comunidade de investigação filosófica:

- I. Apresentação do texto:
 1. O texto como modelo, em forma de história, de comunidade de investigação.
 2. O texto refletindo os valores e realizações de gerações passadas.
 3. O texto como mediado entre a cultura e o indivíduo.
 4. O texto como objeto altamente específico da percepção que já traz dentro de si reflexões mentais.
 5. O texto retratando as relações humanas de maneira mais analisável possível para relações lógicas.
 6. Revezamento de leitura em voz alta.
 - a. As implicações éticas de alternar entre leitura e ouvir.
 - b. A reprodução oral do texto escrito;
 - c. O revezamento como uma divisão do trabalho: o início da comunidade em sala de aula.
 7. Internalização gradual dos comportamentos do pensar das personagens fictícias (por exemplo, ler como uma personagem fictícia faz uma pergunta pode conduzir uma criança verdadeira a fazer esta pergunta em sala de aula).
 8. Descoberta pela classe que o texto é significativo e pertinente; a apropriação destes significados pelos membros da classe.
- II. A elaboração da agenda:
 1. A apresentação de perguntas: a resposta inicial da classe ao texto.
 2. Reconhecimento por parte do professor dos nomes dos indivíduos que deram contribuições.
 3. A elaboração da agenda como tarefa colaborativa da comunidade.
 4. A agenda como mapeamento das áreas de interesse dos alunos.
 5. A agenda como indicador daquilo que os alunos consideram importante no texto e como expressão das necessidades cognitivas do grupo.

6. Cooperação entre professor e os alunos na decisão de onde deve ser iniciada a discussão.
- III. Fortalecendo a comunidade:
1. Solidariedade grupal através da investigação dialógica.
 2. A primazia da atividade sobre a reflexão.
 3. A articulação de divergências e a busca pela compreensão.
 4. O estímulo de habilidades cognitivas (por ex., suposições, generalizações, exemplificações) através da prática dialógica.
 5. Aprender a utilizar instrumentos cognitivos (por ex., razões, critérios, conceitos, algoritmos, normas, princípios).
 6. A reunião das pessoas no raciocínio cooperativo (por ex., elaborando a partir das ideias do outro, apresentando contra-exemplos ou hipóteses alternativas, etc.).
 7. Internalização do comportamento cognitivo público da comunidade (por ex., introjetar as maneiras como os colegas corrigem um ao outro até que cada qual se torne sistematicamente autocorretivo) – “reprodução intrapsíquica do interpsíquico” (Vygotsky).
 8. Tornar-se cada vez mais sensível às nuances significativas das diferenças contextuais.
 9. Grupo trabalhando coletivamente, seguindo o argumento para onde este conduz.
- IV. Utilização de exercícios e planos de discussões:
1. Utilizar perguntas da tradição acadêmica: recorrer à orientação profissional.
 2. Apropriação da metodologia da disciplina pelos alunos.
 3. Abrir os alunos para outras alternativas filosóficas.
 4. Concentrar sobre problemas específicos de maneira a estimular a realização de julgamentos práticos.
 5. Fazer a investigação examinar ideias reguladoras sobrepostas como a verdade, a comunidade, a pessoa, a beleza, a justiça e a bondade.
- V. Estimular respostas adicionais:
1. Provocar respostas adicionais (na forma de contar ou escrever histórias, poesia, pintura, desenho e outras formas de expressão cognitiva).
 2. Reconhecer a síntese do crítico e do criativo em relação ao individual e o público.
 3. Enfatizar a percepção mais realçada do significado que brota com o julgamento fortalecido.

Toda essa metodologia é exibida no programa de Filosofia para Crianças, desde a leitura e apresentação do texto até o estímulo de respostas adicionais, em uma complementação entre história (novela filosófica) e manual do professor.

4.2 Embasamento metodológico da pesquisa

Com o intuito de responder a pergunta da pesquisa “quais são as percepções de um grupo de licenciandos em Ciências Naturais sobre uma unidade didática que aborda a humanização da ciência e a concepção de cientista ao tratar dos estudos sobre hereditariedade de Gregor Mendel?”, ancorou-me nos princípios da pesquisa qualitativa, como proposto por Bogdan e Biklen (1991) e Patton (2002). Para esses autores, no alcance dos objetivos da pesquisa qualitativa a percepção do investigador também é um instrumento que irá orientá-lo tanto na coleta dos dados quanto na análise. Nesse sentido, o pesquisador deve conhecer o ambiente para compreender o contexto.

Na pesquisa em questão há preocupação com tais princípios, já que se trata de compreender a percepção dos estudantes sobre uma proposta didática. Como o foco maior é sobre a qualidade dos dados, o grupo de participantes desta pesquisa foi reduzido, o que também é uma característica das investigações qualitativas onde a intenção é conhecer profundamente casos particulares, com grande valorização do detalhamento das narrativas, sendo então as hipóteses construídas durante o processo de investigação, onde o pesquisador está “imerso no fenômeno de interesse” (MOREIRA; ROSA, 2009, p. 07). Nas subseções seguintes da metodologia será descrito com maiores detalhes e justificativas a seleção de amostra e instrumentos.

4.3 Contexto e amostra da pesquisa

A pesquisa se desenvolveu em uma Instituição de Ensino Superior Federal durante aulas de uma disciplina optativa intitulada Tópicos Especiais em Ensino de Biologia do curso de Licenciatura em Ciências Naturais. A escolha da instituição e do curso se deu pela facilidade de acesso e pelas suas características de formação profissional.

A facilidade de acesso se refere ao fato de eu ser egressa do curso e já ter familiaridade com o ambiente e o perfil dos alunos da licenciatura em questão. Retornar ao meu local de formação também foi uma maneira de contribuir para aprimorar a formação de professores de ciências, pois reconheço a existência de pontos que necessitam maior reforço em tal processo, sendo um deles o pouco contato com recursos

didáticos que efetivamente tratem do ensino da natureza das ciências e de conteúdos científicos simultaneamente.

As características de formação profissional pretendidas pelo curso também tiveram peso na seleção do público, tendo em vista que a unidade didática não se encaixaria em um local onde a formação docente não se dê atrelada ao ensino contextualizado. A Licenciatura em Ciências Naturais tendo como intuito a formação de professores de ensino fundamental, é pautada por uma visão integradora das ciências, onde os conhecimentos que comumente são vistos de maneira fragmentada em distintos cursos de licenciatura voltados para o ensino médio como biologia, química e física são unificados para explicar e propor formas de ensino sobre os fenômenos da natureza. O intuito dessa teia de saberes é aproximar o estudo dos conteúdos científicos com as maneiras de ensiná-los. A proposta da unidade didática vai ao encontro desses princípios, sendo um meio para refletir sobre um aspecto da natureza das ciências (a humanização) e o conteúdo científico (experimentos de Mendel).

Como já mencionado, o desenvolvimento da pesquisa se deu nas aulas de uma disciplina do curso de graduação em questão. Sendo assim, todos os estudantes matriculados na disciplina participaram da coleta de dados em sala, mas apenas aqueles que assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (anexo 2) e participaram de todas as aulas (já que muitos eram faltosos), foram selecionados como amostra da pesquisa. Dos 40 alunos matriculados foram analisados dados referentes a quatro estudantes com idades entre 20 e 24 anos, sendo dois do sexo feminino e dois do sexo masculino. Os estudantes estão em diferentes semestres do curso, onde um era do 3º semestre, um do 4º semestre e dois do 7º semestre. Todos participavam de projetos na área educacional, mas nenhum tinha experiência como professor além dos estágios obrigatórios da licenciatura, cursados pelos estudantes dos 4º e 7º semestres no período de coleta de dados.

4.4 Instrumentos de coleta de dados

Dado que o foco da investigação qualitativa é acerca dos processos, a utilização de diferentes instrumentos de coleta é interessante para que se tenha a visão mais integral possível da situação a se analisar (BOGDAN; BIKLEN, 1991, LAVILLE; DIDONE, 1999). Tendo isso em mente, a pesquisa em questão contou com diferentes instrumentos de coleta de dados, sendo eles:

4.4.1 Questionário

Os questionários tiveram por objetivo recolher dados escritos sobre a percepção dos estudantes quanto a estrutura da unidade didática (linguagem, esquematização, distribuição das ideias, efetividade no ensino) (apêndices 1 a 5). Foram utilizados quatro questionários com questões objetivas e subjetivas, sendo as mesmas perguntas em todos os questionários, mas direcionadas a cada capítulo trabalhado. Os questionários foram entregues aos participantes ao final de cada aula (por exemplo: ao final do primeiro dia de coleta os alunos responderam ao 1º questionário sobre o 1º capítulo da unidade didática).

O questionário era composto por três blocos de perguntas. O primeiro sobre a história “O monge que plantava ervilhas”, o segundo sobre o manual, e o terceiro sobre as atividades propostas no manual. Em cada caso havia opções para qualificação de um item entre 5 categorias (péssimo, ruim, regular, bom e ótimo).

Ao final do último encontro um segundo tipo de questionário com questões subjetivas foi aplicado sobre as percepções gerais dos estudantes sobre a unidade (se era aplicável, para qual idade, etc.).

4.4.2 Gravação e transcrição de áudio

Em todos os encontros foram utilizados dois dispositivos de gravação de áudio colocados em pontos estratégicos da sala de aula para gravar as conversas, principalmente dos participantes que se enquadrariam na análise dos dados.

A gravação de áudio permite uma melhor análise posterior dos dados, pois o pesquisador pode retornar às falas literais mesmo após o término da coleta. Esse aspecto foi bastante positivo, pois minimizou a possibilidade de interpretações equivocadas devido a dados perdidos ou esquecidos.

4.4.3 Notas

Uma nota analítica é uma anotação que o pesquisador faz durante suas observações de campo. Ela vai além da mera descrição de registros ao vivo, conta com a reflexão do pesquisador sobre o que foi observado, assim como destaca Laville e Dionne (1999):

(...) elas compreendem as ideias ou intuições frequentemente surgidas no fogo da *ação* e logo registradas sob forma de breves lembretes. Esses lembretes e outras anotações mais elaboradas, redigidas fora da observação propriamente dita, dão conta da evolução do pesquisador no plano teórico. Alimentam esta evolução, permitindo um vai vem entre os dados descritivos colhidos e a reflexão que subentende o conjunto do procedimento. A isso se acrescentam habitualmente um diário de bordo e notas de planejamento. No primeiro, o pesquisador fala de sua vivência no curso da investigação, ao passo que as segundas servem para orientar o procedimento em função do que precede (LAVILLE; DIONNE, 1999, p. 180).

Como a percepção do investigador é fundamental na abordagem de pesquisa qualitativa (BOGDAN; BIKLEN, 1991), durante as aulas e após escrevi também notas de campo com minhas impressões sobre os momentos de aprendizagem. Isso foi de grande auxílio para reconstrução dos acontecimentos das aulas durante a análise. Sendo assim, foram escritos quatro diários de bordo, uma para cada dia de discussão do recurso didático.

A nota de campo, de acordo com Bogdan e Biklen (1991, p. 151) “pode melhorar a qualidade da sua escrita como também aumentar a velocidade”, pois são “o

relato escrito daquilo que o investigador ouve, vê, experimenta e pensa no decurso da recolha e refletindo sobre os dados de um estudo qualitativo”. Dentro desse contexto, as notas de campo e as notas analíticas já fornecem uma visão parcial da análise de dados, e deve ocorrer durante as observações ou logo em seguida, pois exige relembrar os acontecimentos.

4.4.4 Entrevistas

A entrevista, de acordo com Laville e Dionne (1999), fornece uma taxa maior de respostas significativas, pois, ao contrário do questionário onde o participante pode responder sem refletir sobre o que marca, na entrevista há um personagem que incita o aprofundamento da resposta, que é o pesquisador.

Ao final dos encontros em sala de aula, após intervalo de duas semanas, entrevistei três dos quatro participantes para reforçar alguns tópicos de maior interesse e excluir dúvidas que surgiram durante a análise inicial dos dados. Um estudante não foi entrevistado, pois não retornou contato manifestando interesse em participar desta etapa da pesquisa.

Cada entrevista foi realizada individualmente com duração média de 20 minutos seguindo um roteiro semiestruturado, que permitiu maior flexibilidade e adequação em cada conversa. Em alguns casos, durante a entrevista foram adicionadas novas perguntas de acordo com os relatos dos entrevistados.

4.4.5 Atividades de sala de aula

Durante as aulas foram desenvolvidas várias atividades tanto para coletar percepções dos estudantes sobre a unidade didática (relatório com análise do capítulo e manual de cada aula, destacando pontos que chamaram a atenção, causaram dúvida ou que os estudantes consideraram importantes/ interessantes) quanto para testar algumas

propostas dos manuais (desenho no capítulo 1, prática laboratorial no capítulo 2 e jogo no capítulo 4).

Todas as atividades escritas foram recolhidas para posterior análise, sendo também mais uma fonte de dados. Em todos os encontros foi solicitado aos alunos que, durante a leitura ou após, escrevessem a opinião sobre o que acabaram de ler.

Bogdan e Biklen (1991) relatam que a utilidade dos escritos para a pesquisa é variável, pois em alguns casos podem conter apenas detalhes factuais, mas em outros, podem ser fontes interessantes de informações que revelam concepções e compreensões dos pesquisados acerca dos processos analisados.

A coleta dessas atividades teve por objetivo, portanto, a obtenção de dados detalhados sobre a visão dos sujeitos da pesquisa e os significados que eles atribuíram ao que foi lido (BOGDAN; BIKLEN, 1991).

4.5 Procedimentos de coleta de dados

Antes de iniciar a coleta de dados, realizei um período de adaptação ao meio, frequentando algumas aulas da disciplina em que ocorreu a pesquisa. Nessas aulas fui apresentada à turma pela professora e então estabeleci os primeiros contatos com os estudantes, para que eles se acostumassem com minha presença em sala de aula.

Os encontros para análise da unidade didática ocorreram uma vez por semana durante quatro aulas consecutivas da disciplina optativa Tópicos Especiais em Ensino de Biologia. Cada aula teve duração de 2 horas, onde se seguiu uma rotina repetida em todos os encontros, com algumas especificidades descritas nas subseções seguintes. Essa rotina foi definida por: leitura do material (capítulo da história e manual), discussão sobre o mesmo, realização de uma atividade proposta no manual e aplicação de questionário avaliativo das percepções do futuro professor sobre a unidade.

A abordagem nas aulas se deu de acordo com os procedimentos indicados em Lipman (2001), que são as etapas de aplicação do Programa de Filosofia para Crianças, com pequenos ajustes nas atividades, pertinentes ao ensino de ciências.

A seguir, a divisão dos temas por aula, para facilitar a visualização do desenvolvimento das atividades (tabela 1) e, após, a descrição de como ocorreu cada encontro.

Nº da aula	Capítulo/ Manual ⁴	Tema central de discussão
1	1	A imagem de cientista.
2	2	Uso historicamente adequado de terminologias e reprodução das plantas com flores.
3	3	O experimento de Mendel com ervilhas e o enunciado da Primeira Lei de Mendel.
4	4	As contribuições das experiências de Mendel para sua pesquisa.

Tabela 1: Divisão dos temas de discussão por aula.

4.5.1 Aula 1: Capítulo 1 da unidade didática

Na primeira aula os estudantes foram esclarecidos sobre a natureza da pesquisa e que aqueles que desejassem participar deveriam assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE, anexo 2). Em seguida, foi solicitado a eles que desenhassem o que imaginavam quando ouviam a palavra “cientista”. Durante todas as atividades da aula, os estudantes permaneceram dispostos em um semicírculo. Após a atividade do desenho, realizou-se a leitura do primeiro capítulo da unidade didática sendo que, para isso, três estudantes fizeram as leituras das falas (narrador, Rodrigo e Clébio).

Discutiu-se, então, os desenhos que os estudantes fizeram, comparando com a imagem de cientista veiculada pelo diálogo. Fiz a eles indagações: tais como: “O que faz um cientista?”, “Quais os cientistas que os estudantes conhecem?” “Onde vemos os cientistas?”, “Por que o estereótipo se mantém ao longo dos anos escolares, inclusive na universidade?”, “Quais as implicações disso para o ensino de ciências?”.

Por fim, o manual do professor foi lido e comentado. Ao final da aula os participantes responderam ao questionário 1 (apêndice 1) que versava sobre as percepções acerca do capítulo 1 e do manual para o capítulo 1 da unidade didática.

⁴ Essa divisão de capítulos/ conteúdos se refere a versão utilizada na pesquisa. A unidade didática no formato final possui cinco capítulos e está disponível no apêndice 8.

4.5.2 Aula 2: Capítulo 2 da unidade didática

Os procedimentos adotados na aula referente a análise do capítulo 2 do recurso didático em questão sofreram mudanças em relação a abordagem do primeiro capítulo. Essa mudança teve como finalidade maximizar o aproveitamento do tempo de aula e das contribuições individuais para a discussão.

Durante as atividades do segundo dia de aula os alunos receberam o capítulo 2 da história “O monge que plantava ervilhas” e o respectivo manual, sendo convidados a se organizarem em grupos pequenos de até 4 alunos para leitura e análise do material. Em cada grupo houve um relator que deveria anotar os principais tópicos levantados na discussão. Essa etapa teve duração aproximada de 50 minutos. Em seguida, os grupos apresentaram para a sala os pontos principais de suas conversas e os outros estudantes do grupo realizaram comentários, caso desejassem.

Após esse período de análise, a atividade prática proposta no manual (apêndice 9) foi realizada no Laboratório de Biologia da universidade. Durante a atividade, que seguiu o protocolo sugerido no manual, os estudantes dissecaram uma flor de Hibisco (*Hibiscus rosa sinensis*) com palitos de dente e observaram suas estruturas, anotando as características que mais lhes chamaram a atenção, como proposto no manual do capítulo 2 da unidade didática. Os estudantes foram também questionados sobre como ocorre a reprodução da flor, indicando no exemplar que tinham nas mãos quais eram as estruturas masculinas e femininas e as etapas envolvidas desde a polinização até a fecundação dos óvulos florais.

4.5.3 Aula 3: Capítulo 3 da unidade didática

Nesse encontro foram trabalhadas as ideias do capítulo 3 da história (apêndice 7), que discute o experimento de Mendel, o que o motivou a utilizar ervilhas e suas inovações quanto a pesquisas de hibridizadores que o precederam.

Os alunos seguiram a rotina da aula dois, com formação de pequenos grupos para discussão inicial com um relator. Após essa primeira etapa, a discussão foi ampliada para a participação de toda a turma. Então os alunos fizeram comentários sobre o manual, com realização de uma atividade proposta no material (apêndice 9) e, por fim, responderam ao questionário 3 (apêndice 3) sobre as percepções do capítulo em questão.

4.5.4 Aula 4: Capítulo 4 da unidade didática

A quarta aula foi a última em que ocorreu a leitura do material, sendo discutidos o capítulo e o manual número 4 (apêndice 4). Nessa parte do recurso, retoma-se o diálogo sobre quem é o cientista, tendo a imagem de Mendel como um exemplo que foge ao estereótipo comentado no primeiro capítulo da história.

Os procedimentos foram semelhantes aos das aulas anteriores, com exceção da atividade prática que foi substituída por outra tarefa: responder algumas questões propostas no manual (apêndice 9), já que durante a coleta de dados não havia ainda uma atividade prática proposta para tal capítulo, pois o intuito é levar o estudante de volta a discussão sobre as características do trabalho científico ao rever o desenho que fez na primeira aula e discutir as influências dos diversos grupos que Mendel interagiu durante a vida para sua pesquisa.

Ao final da aula os estudantes entregaram a atividade escrita e responderam ao questionário 4 sobre as percepções deles acerca do capítulo em pauta na aula (apêndice 4).

4.5.5 Aula 5: Análise geral da unidade didática

Além das 4 aulas em que a unidade didática foi estudada, houve ainda uma quinta aula em que os estudantes responderam a um questionário final (apêndice 5) sobre as percepções gerais acerca do material. O questionário era composto de perguntas subjetivas para que descrevessem para qual série achavam mais adequada a unidade didática, a aplicabilidade e os principais pontos positivos e negativos.

4.5.6 Entrevista

As entrevistas ocorreram individualmente com os estudantes que se enquadraram nas exigências da pesquisa (ter assinado TCLE e assistido todas as aulas) e se disponibilizaram para essa coleta via entrevista, totalizando três entrevistados. As entrevistas foram gravadas com o auxílio de um dispositivo de gravação de áudio e tiveram duração média de vinte minutos com um questionário semiestruturado (apêndice 6) e ocorreram em uma sala reservada na biblioteca da Instituição de Ensino Superior.

4.6 Procedimentos de análise dos dados coletados

Assim como na pesquisa, foram utilizados diferentes instrumentos para analisar os dados com vistas a compreender de maneira global a percepção dos estudantes. A pesquisa qualitativa leva a produção de muitos dados devido a multiplicidade de fontes e formas das informações coletadas. Sendo assim, é importante que o pesquisador tenha critérios para selecionar o que for mais relevante. Esse viés é natural e ocorre desde a observação, que também é seletiva, pois os pressupostos teóricos, instrumentos e a vivência do pesquisador guiam o olhar do observador (MILES; HUBERMAN, 1994). No meu caso, o fato de ter sido aluna da licenciatura tem essa implicação. Por um lado

ele me deu acesso a uma realidade que eu já conhecia, mas por outro lado, aspectos importantes do campo podem não ter sido notados devido as “lentes da familiaridade”.

Reconhecendo a existência dessa distorção na análise e coleta de dados, ocorreu uma triangulação de pesquisadores, onde três pessoas (a orientadora, a co-orientadora e eu) tiveram acesso a descrição e análise dos dados e discutiram sobre os tópicos levantados nas discussões que realizei. Essa maneira de analisar os dados permite uma verificação mais confiável das informações. A triangulação é uma maneira de alcançar a fidedignidade e a validade em estudos interpretativos, reduzindo as contaminações pela visão da pesquisadora (BOGDAN; BIKLEN, 1991; MOREIRA; ROSA, 2009). Sendo assim, como colocado por Moreira e Rosa (2009, p. 25):

Não se espera que observem exatamente da mesma maneira e que um corrobore o que o outro observa, mas que suas diferentes observações expandam a base interpretativa do estudo e que revelem aspectos do fenômeno pesquisado que não seriam necessariamente observados por um único pesquisador.

Nessa pesquisa optou-se pela criação de códigos e categorias (MILES; HUBERMAN, 1994) com base na pergunta de pesquisa “Qual é a percepção de licenciandos em Ciências Naturais sobre uma unidade didática que aborda a humanização das ciências e a concepção de cientista ao tratar dos estudos sobre hereditariedade de Gregor Mendel (1822-1884)?”.

O tratamento dos dados ocorreu sob a divisão de dois grupos: as categorias descritivas e as indutivas. que já foram As categorias descritivas referiram-se aquelas pré-estabelecidas nos questionários e as inferidas a partir da análise dos códigos com maior frequência (MILES; HUBERMAN, 1994), sendo destacadas como as questões estruturais da unidade didática, tais como linguagem, uso de ilustrações e formatação. Já as categorias indutivas surgem da análise pelo pesquisador dos dados, selecionando aqueles temas que aparecem com maior frequência, ainda que não tenha sido solicitado em questões de maneira explícita (MILES; HUBERMAN, 1994). As categorias indutivas tiveram foco na percepção dos estudantes sobre: (a) a abordagem da humanização das ciências, e da concepção de cientista, e (b) a relevância dessas discussões para as disciplinas ciências da natureza e biologia, bem como para a vida do estudante..

4.7 Considerações éticas

A pesquisa foi aprovada por um Comitê de Ética em Pesquisa. Ela fez parte de um projeto maior intitulado “História da genética clássica e natureza da ciência: percepções de um grupo de licenciandos em Ciências Naturais” cuja pesquisadora principal é a orientadora. O documento de aprovação do projeto e o TCLE estão nos anexos 1 e 2.

5 DESCRIÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA

Um dos objetivos desta pesquisa é a produção de uma unidade didática que sirva como suporte para o ensino de genética clássica, mais especificamente tratar da trajetória de Mendel e seu experimento com ervilhas que levou a formação do que atualmente chamamos de Leis de Mendel. Junto a essa intenção, o recurso proposto também deve auxiliar a trabalhar questões acerca da natureza das ciências, com maior enfoque na humanização de tais ciências. A vida de Mendel foi usada como um exemplo de que os cientistas e a produção científica sofrem influências do meio em que existem e emergem de tal meio, como tratado no argumento número 6 de Matthews (1994, p. 36) sobre os motivos para se utilizar história das ciências no ensino de ciências.

Pensando então em um recurso que abarque esses dois tópicos de discussão (genética mendeliana e humanização das ciências) e seja de agradável manuseio ao estudante, foi desenvolvido um diálogo científico intitulado “O monge que plantava ervilhas” com inspiração nos trabalhos de Matthew Lipman, como *A descoberta de Ari dos Teles* (1995) e *Pimpa* (1997), que fazem parte do programa de Filosofia para Crianças.

5.1 Objetivos da unidade didática

5.1.1 Objetivo geral da unidade didática

- Desenvolver uma unidade didática modelada no Programa de Filosofia para Crianças abordando a humanização das ciências da natureza com base nos estudos sobre hereditariedade de Gregor Mendel (1822-1884).

5.1.2 Objetivos específicos da unidade didática

- Estimular o pensar crítico sobre a concepção de cientista e a humanização da ciência a partir de um diálogo e manual para o professor modelados no Programa de Filosofia para Crianças e em textos acadêmicos na área de ensino de ciências e genética.
- Abordar historicamente o desenvolvimento do pensamento de Mendel sobre a herança de características, dando ênfase às contribuições dos hibridizadores que o antecederam, bem como sua proposta inovadora.
- Discutir aspectos da natureza das ciências da natureza como a humanização dessas ciências e a influência do contexto sociocultural.

5.2 Semelhanças e diferenças entre a proposta didática e o Programa de Filosofia para Crianças

O material aqui apresentado se assemelha em vários pontos com as novelas filosóficas do Programa de Filosofia para Crianças. Por exemplo, do ponto de vista estrutural, o uso de linguagem acessível ao público-alvo, a utilização de personagens que servem como modelo para o estudante real, no sentido que possui reações, indagações e sentimentos semelhantes aos seus; o sequenciamento entre os capítulos, com continuidade das discussões, ideias e conceitos abordados (por exemplo, o capítulo 2 trata da reprodução sexuada das angiospermas, o que é importante para melhor compreensão do cruzamento induzido nos experimentos mendelianos que são desenvolvidos no capítulo 3 e 4). Inclui-se também nas semelhanças a relação entre capítulos da história e do manual do professor. No manual de *O monge que plantava ervilhas* há também planos de discussão, bem como atividades que buscam “promover o diálogo e o raciocínio sobre os assuntos levantados nos romances⁵” (LIPMAN, 1990, p. 170).

⁵ Existem duas traduções para o original *philosophical novels* que são romances e novelas filosóficas.

Quanto a investigação filosófica, as semelhanças estão presentes ao longo de toda a história, por exemplo, na discussão sobre os significados de conceitos, que são objetos de discussão da filosofia da biologia tais como hibridização e preformismo (capítulo 2) e fatores (capítulo 3) (MAYR, 1983). Indiretamente, a natureza das ciências é abordada quando a imagem de cientista, a humanização das ciências, o método experimental de Mendel e a importância da comunidade científica para sua pesquisa são tratados pelos personagens.

Como se trata de um recurso voltado para o ensino de ciências e não exclusivamente de filosofia, há diferenças entre as duas propostas, sendo acréscimos necessários e pertinentes à proposta em tela, colocadas a seguir:

Em *O monge que plantava ervilhas* o diálogo entre os personagens é sobre o experimento mendeliano sobre a proporção de aparecimento de características, o que leva a abordagem de questões científicas discutindo os conhecimentos prévios necessários para se compreender o trabalho de Mendel, fazendo referências às contribuições históricas para a construção do conhecimento científico atualmente aceito, como os mecanismos de reprodução das angiospermas, o modelo de cruzamentos experimentais de híbridos e as explicações para herança de características anteriores ao estudo mendeliano.

Na unidade didática, as etapas do processo de experimentação da pesquisa de Mendel e os fatores que contribuíram para que ela se realizasse são realçados, indo da sua infância na fazenda, onde teve os primeiros contatos com questões de produção de espécies melhoradas e técnicas de plantação, até a fase adulta de sua vida, com a intervenção na maneira de descrever os dados advindos dos estudos em física na universidade e das pesquisas em meteorologia, além da participação do abade Franz Napp, quem o acolheu e o incumbiu de cuidar dos pomares do mosteiro, aproximando-o mais das técnicas de melhoria das produções das árvores frutíferas.

No manual do professor, há uma seção para cada capítulo da história, com sugestões de atividades de diferentes estilos, tais como exercícios de fixação e questões para debate baseadas nas atividades práticas.

A seção de atividades práticas contém atividades (não necessariamente um experimento) relacionadas ao tema central do capítulo em que o estudante precisa ir além da atividade mental exclusiva, sendo algo que exige movimento, como produção de cartazes, dissecação de flores e participação em jogos, pois é mais uma maneira para

o estudante expressar o que compreendeu das aulas, além de ser uma via para uso positivo da energia dos alunos, em prol do processo de ensino-aprendizagem (BORGES, 2002).

Nos manuais há uma seção de sugestões de leitura para que o professor possa se aprofundar nas explicações sobre os temas principais de cada capítulo. É uma complementação às informações presentes na introdução de cada parte do manual, com indicações de bibliografias de fácil acesso e com confiabilidade. As referências são de periódicos acadêmicos revisados por pares, bem como de textos originais (tradução do artigo original de Mendel) (FREIRE-MAIA, 1995).

5.3 Componentes do recurso didático

O recurso didático proposto nessa dissertação é composto por duas partes complementares, o diálogo *O monge que plantava ervilhas* e o manual do professor, detalhados a seguir.

5.3.1 O diálogo

O monge que plantava ervilhas é um diálogo entre dois irmãos, Rodrigo e Clébio, sobre o trabalho de Mendel. O enredo se inicia com o irmão mais novo, Rodrigo, sentindo dificuldades para realizar as tarefas de casa que a professora de biologia solicitou. Logo, Clébio, irmão mais velho, chega e decide ajudá-lo com o dever de casa e, para isso, se fantasia de Mendel, ora fazendo o papel do monge e descrevendo suas realizações, ora como um comentarista explicando o trabalho mendeliano. Clébio traz elementos essenciais para uma boa compreensão do experimento com ervilhas, como os mecanismos de reprodução das plantas com flores, as etapas do cruzamento entre plantas com características estáveis diferentes e da autofecundação, o cálculo de proporção e os outros trabalhos científicos que inspiraram e serviram como base teórica para Mendel.

Durante o diálogo elementos não relacionados diretamente a explicação do trabalho de Mendel são inseridos para que haja identificação do leitor com os personagens e contexto da história. Por exemplo, os irmãos fazem pequenas piadas entre eles, o que seria natural em uma conversa comum; os sentimentos de ansiedade, dúvida, medo, admiração e felicidade são explicitados nas falas dos personagens, pois os conteúdos científicos são apresentados ao irmão mais novo a partir de uma perspectiva de ensino diferente; a mãe fala com os filhos na hora do lanche, já que as pessoas vivem em um contexto com outras pessoas e durante o dia interagem com elas, principalmente se moram na mesma casa.

Ao longo dos capítulos ainda há outro elemento motivador para a leitura que são as imagens. Esse recurso literário é importante tendo em vista o público alvo do material, que são estudantes do ensino básico⁶. Figuras chamam atenção e representam partes da história, com o intuito de tornar a leitura mais agradável para esse público.

O diálogo é dividido em cinco capítulos, cada um com um tema principal, listados a seguir.

- a) Capítulo 1 “Quem quer ser um cientista?”: Capítulo introdutório trata basicamente da concepção de cientista que os estudantes têm, representada pelas falas de Rodrigo, o irmão mais novo.
- b) Capítulo 2 “Uma visita inesperada”: Primeira aparição do terceiro personagem principal da história, o “falso Mendel”, que é Clébio interpretando Mendel. Aborda o uso historicamente correto de terminologias, como genética e a reprodução de plantas com flores, necessários para entender os experimentos de Mendel com a *Pisum sativum*.
- c) Capítulo 3 “Ervilhas, ervilhas, ervilhas”: Trata das questões conceituais envolvidas no experimento de Mendel, como recessividade e dominância, fatores e reaparecimento de características.
- d) Capítulo 4 “Em cena, os números!”: Abordagem matemática dos resultados de Mendel com enfoques no tratamento estatístico e no significado dos valores obtidos por ele.
- e) Capítulo 5 “Pensando diferente”: Discussão sobre o significado dos resultados que Mendel encontrou e as influências socioculturais sobre os rumos da pesquisa do monge.

⁶ Nesse caso, refiro-me às séries finais do ensino fundamental e ensino médio.

A história tem como fio condutor a humanização das ciências. Ao mostrar o aspecto humano das ciências, pretende-se que o estudante se sinta mais confortável para estudar os conhecimentos científicos e se apropriem deles enquanto legado da humanidade.

5.1.2 O manual

O manual do professor é um conjunto de sugestões de atividades para o professor guiar o trabalho em sala de aula utilizando o diálogo *O monge que plantava ervilhas*. Cada capítulo possui um manual específico dividido em seções. A ideia de uma linguagem e diagramação atrativas e agradáveis presente no diálogo persiste nesta parte do material proposto. Ele é dividido em duas grandes seções, uma destinada a clarificar as ideias do capítulo para o professor e outra com sugestões de atividade para o estudante. As orientações e sugestões do manual são importantes para guiar a visão do estudante sobre a leitura da história, já que ela permite diferentes interpretações de acordo com as expectativas e percepções de cada leitor.

No manual há uma introdução em que o tema central do capítulo do diálogo correspondente é descrito para o professor, com ideias para discussão em sala de aula. Sugestões de leitura aparecem como um adicional para aquele professor que deseje saber mais sobre o assunto.

Existem três tipos de atividades para os alunos: fixação de conteúdos, questões de discussão e atividades práticas.

A produção de todo o material foi validado diversas vezes, por quatro especialistas nas áreas de genética, botânica e filosofia e uma professora de ciências da natureza do ensino básico, com vistas em aperfeiçoar o recurso. Essa validação ocorreu antes da pesquisa.

5.2 Validação pedagógica e de conteúdo

Com experiência profissional superior a 10 anos de docência, uma professora de ciências da natureza de uma escola pública avaliou o recurso didático em sua versão inicial. Seu nome foi trocado por um pseudônimo, Renata.

A professora se concentrou predominantemente nos manuais, sugerindo a redução do texto de introdução ao material, adicionando mais elementos atrativos (como quadros com informações do tipo “Você sabia?”, uso de cores variadas e imagens) para aumentar o interesse dos professores sobre o produto. Também foi sugerida a troca de termos, colocando que os professores poderiam não estar familiarizados com uma linguagem excessivamente acadêmica, e pediu que as explicações fossem colocadas com os termos comuns aos mesmos ou, caso fosse realmente necessário utilizar novas expressões, que estas fossem explicadas em quadros com ideias-chave.

Renata respondeu a um questionário e classificou o recurso didático com pontuações entre 8 e 10, em uma escala que ia de zero a dez, apenas classificando como 5 o então manual do capítulo 3, pois achou confuso, com muitos termos técnicos e poucos atrativos para quem lê. Essas sugestões foram agregadas ao manual que está no apêndice 9.

Renata relatou ser possível utilizar o material como recurso principal em sala de aula, sendo o livro didático um complemento em relação a esquemas e exercícios tradicionais. A análise da professora auxiliou grandemente na melhor elaboração do material que foi utilizado na pesquisa, fornecendo um ponto de vista de alguém já experiente no uso de recursos didáticos.

Além da professora de educação básica, quatro especialistas analisaram o material durante sua produção, sendo três biólogos (um mestre e uma doutora em genética (co-orientadora desta dissertação) e uma doutora em botânica) e uma filósofa (doutora em educação, com tese sobre Filosofia para Crianças e orientadora desta dissertação), contribuindo com sugestões de atividades para o manual e para o diálogo.

Muitas modificações foram propostas desde a primeira versão da unidade didática, entre elas a mudança de termos e partes do texto e a inclusão de assuntos e nova divisão de capítulos, cada um detalhado a seguir:

→ Modificação de termos: muitos termos foram modificados para uma melhor compreensão dos temas trabalhados, tais como a troca da palavra gameta ao se referir a reprodução das plantas com flores no capítulo 3, pelas palavras “parte feminina”, “parte masculina” e a palavra “gêneros” substituída por “sexos”.

Um exemplo de sugestão para inclusão no texto está no capítulo um, em que Rodrigo lê os exercícios passados pela professora. Os exercícios colocados eram muito avançados para o personagem que estava iniciando os estudos em genética. Então foram colocadas novas questões, com densidade de conteúdo menor e mais adequado à proposta da unidade. Também foi sugerido maior detalhamento das explicações, principalmente na parte sobre o processo de reprodução controlada de híbridos.

→ Inclusão de assuntos: após conferir a discussão de Banet e Ayuso (2003) sobre as dificuldades dos estudantes na aprendizagem de genética, a co-orientadora e eu percebemos que uma grande falha está na não compreensão dos estudantes sobre a reprodução das plantas, requisito para se entender os experimentos mendelianos e seus desdobramentos. Sendo assim, acrescentaram-se explicações sobre a reprodução das plantas com flores, apenas o necessário para um melhor entendimento do desenrolar da história, não adentrando em divisão celular.

→ Aperfeiçoamento da parte histórica: os especialistas sugeriram uma revisão da parte histórica e utilização, em algum momento, de extratos de textos originais do Mendel. A utilização desses trechos foi feita em um exercício do manual do capítulo 2, em que se solicita ao estudante que faça um comparativo entre as formas de divulgação de conhecimento (diálogo e artigo científico).

→ Proposta de atividades: algumas atividades propostas foram adicionadas aos manuais, tais como a confecção de um jogo sobre o cruzamento das características (para o capítulo 4) e o uso de flores para estudo da reprodução em angiospermas (atividade prática para o capítulo 2).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção apresento os resultados obtidos na pesquisa. O capítulo será dividido em três partes para facilitar o acompanhamento dos raciocínios desenvolvidos.

A primeira trata das impressões gerais sobre a história “*O monge que plantava ervilhas*”, com destaque dos capítulos que os estudantes julgaram mais interessantes, opiniões sobre o uso do material e seus principais pontos positivos e negativos. Seguido a isso há um bloco sobre o estilo utilizado na unidade didática, abordando a linguagem e organização dos textos tanto na história quanto no manual (uso de figuras, paginação, numeração de parágrafos e tamanho do texto). A terceira etapa é denominada “Ideias abordadas no diálogo: humanização das ciências e concepção de cientistas”, em que serão levantadas discussões acerca da efetividade em trabalhar a humanização das ciências na escola e como os futuros professores percebem a inserção de tal assunto para a vida dos estudantes e para o ensino de ciências da natureza. Permeando as três seções estão discussões e comparativos com o Programa de Filosofia para Crianças, que é o modelo para a unidade didática e para o desenvolvimento das aulas dentro da pesquisa.

6.1 Impressões gerais sobre a unidade didática

Os estudantes mostraram-se interessados pela unidade didática, realizando todas as atividades propostas em sala de aula, colocando diversas opiniões que foram valiosas para a melhoria do recurso⁷, pois a unidade didática trabalhada junto aos licenciandos sofreu alterações semana a semana até a versão final após a análise das opiniões destes. Foram destacados vários pontos positivos e negativos (tabela 2) em todos os capítulos.

⁷As opiniões dos estudantes levaram a modificações no diálogo (ver apêndices 7 e 8), com a adição de um capítulo. Os manuais presentes no apêndice 9 permaneceram os mesmos na versão da pesquisa e na versão final da unidade didática, sendo criado apenas um, para o novo capítulo.

Tabela 2: Pontos positivos e negativos destacados pelos estudantes nos questionários. Os números entre parênteses indicam a frequência de cada ponto destacado.

Capítulo	Pontos positivos	Pontos negativos
1	<ul style="list-style-type: none"> • Diálogo (2); • Figuras; • Linguagem fácil, interessante e contextualizada; • “Deixa” (desperta a curiosidade no leitor); • Interatividade; • Objetividade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Confusão na fala dos personagens. • Não ter o nome dos personagens antes dos trechos da conversa.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Explicação sobre os conceitos usados; • Dinâmica que envolve a história; • Sinalização dos personagens (2); • Figuras; • Fácil entendimento; • Interatividade; • Abordagem histórica; • Forma teatral de ensino. 	<ul style="list-style-type: none"> • Referência à mãe (ora usa-se “mãe”, ora usa-se “Simone”); • Muito extenso.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Linguagem (3); • Diálogo (2); • Forma como é contada a história; • Sequência lógica com os capítulos anteriores; 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de figuras (2); • Muito extenso
4	<ul style="list-style-type: none"> • Continuação da discussão sobre como são os cientistas; • Linguagem clara (2); • Curiosidades (Mendel teve aula com Christian Doppler) (2); • Contextualização com Star Wars; • Prático; • Resumido; • Interatividade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de sinalização de quando Clébio deixa de ser Mendel; • Falta explicar em rodapé quem é Doppler e Star Wars

Observando a tabela 2, percebe-se que os pontos negativos apontados pelos estudantes estão relacionados a questões de formatação e compreensão de leitura, como a confusão para saber qual personagem estava falando, a falta de esclarecimentos sobre

os elementos contextualizadores em notas de rodapé (por exemplo, fornecer uma pequena descrição sobre programas de TV citados na história) e o tamanho da história, que foi considerada longa.

Esse último ponto foi notado em diferentes falas nas entrevistas e comentários escritos nas aulas. Uma das intenções da unidade didática é, à maneira da Filosofia para Crianças, ensinar a partir de diálogos (e não apenas utilizá-los como algo introdutório) e em uma narrativa, o “conteúdo” não é explicitado de forma rápida e direta, mas inserido aos poucos, junto a reflexões. Isso leva ao uso de maior número de páginas e mais tempo para o ensino. Como exemplo, folheando livros didáticos de 8º ano (FAVALLI; SILVA; ANGELO, 2012, GEWANDSZNAJDER, 2013) que abarca as leis de Mendel, percebe-se que o assunto é tratado em três ou quatro páginas, e na história “*O monge que plantava ervilhas*” isso ocorre em mais de vinte páginas. Porém, na narrativa há elementos indisponíveis no texto do livro didático, como a linguagem que aproxima o leitor da leitura, conteúdos históricos e filosóficos e até mesmo a possibilidade de interdisciplinaridade, pois o diálogo apesar de tratar de tema das ciências da natureza pode ser utilizado nas aulas de matemática ao falar de proporção, língua portuguesa na análise de estilos literários e interpretação de texto, história e geografia abordando as características culturais e diferenças entre a atualidade e a época de Mendel (por exemplo, por que a produção de híbridos tinha importância econômica; atualmente onde é a cidade em que Mendel morou; quais eram os meios de comunicação da época e as implicações para a divulgação científica), artes para discutir sobre a diferença entre ilustração científica e pinturas, filosofia para tratar da construção do pensamento, conceitos de espécie e híbridos, e possivelmente outras áreas.

A narrativa/diálogo se torna, então, um exercício de pensamento, compartilhando características com a filosofia (LIPMAN, 1992) e, acredito, também com a investigação científica por se encontrar no limiar entre o conhecido e o que se pode conhecer a partir disso, ou seja, o constante cultivo da curiosidade e da criatividade, elementos talvez de difícil acesso em textos como artigos científicos ou os presentes em livros didáticos convencionais.

Os pontos indicados como positivos servem de sinalizadores quanto ao alcance da proposta da unidade didática: criar um material adaptado a partir das novelas filosóficas (LIPMAN, 1994, 2008) adicionando elementos voltados para o ensino das ciências da natureza, assim como fez Ferreira (2004) e Sprod (1998). Ressalto aqui que

os licenciandos não conheciam o Programa de Lipman e, por consequência, não sabiam de suas características e objetivos. Mas os pontos destacados por eles como positivos no diálogo sobre Mendel como linguagem simples e interessante, contextualização, interatividade, explicação de conceitos e sequência lógica entre capítulos (ver tabela 2), se referem a características das novelas filosóficas.

A unidade didática, por seguir os princípios do Programa de Lipman, foi desenvolvida de acordo com as estratégias de desenvolvimento de currículos descrita por ele (LIPMAN, 1990). Ou seja, ao longo dos cinco capítulos da versão final, há uma ordem na disposição dos assuntos, começando pelo aperfeiçoamento de habilidades prévias (entender o que é hibridização, quem foi Mendel e como ocorre a fecundação em angiospermas), seguida do entendimento da explicação (desencadear do experimento de Mendel até suas conclusões biológicas e matemáticas) para, por último, mostrar utilidade na vida cotidiana (abordado em alguns exercícios do manual do professor, mais atrelado a humanização das ciências). Além disso, há um fio condutor que conecta os capítulos (no início há a discussão de como é um cientista, depois se seguem três capítulos exemplificando e, no final, volta-se a esse assunto) não apenas quanto a coerência da história, mas também em relação a afetividade e ao estímulo da reflexão e investigação no diálogo e no manual.

Os personagens também são moldados de acordo com o idealizado por Lipman. Rodrigo e Clébio são irmãos conversando e fogem a uma dupla ideal de discussão, em que apenas um pergunta e o outro responde, estando todos interessados no assunto, sem pausas nas explicações. Como Lipman (1990) propôs, os personagens devem servir como modelos para as crianças, logo devem se assemelhar a elas, e não se devem ignorar os detalhes da vida cotidiana. Por isso, ao longo do diálogo *O monge que plantava ervilhas*, os irmãos fazem brincadeiras, Clébio se irrita, Rodrigo mostra-se preguiçoso, eles param em diversos momentos a brincadeira para realizar outras tarefas e tanto Rodrigo quanto Clébio dão contribuições para a construção das explicações.

Continuando o comparativo com as obras de Lipman, a abordagem histórica, assim como a adição de figuras, é um elemento inovador em relação a elas, utilizada para tratar da humanização das ciências da natureza através do exemplo de uma biografia. Lipman, apesar de trabalhar conceitos filosóficos, não explicitava os autores das ideias (por exemplo, Platão, Aristóteles) e nem as contextualizava na perspectiva da história da filosofia, pois o objetivo era estimular o pensamento crítico nas crianças, e

para isso não seria necessário o aprofundamento em tais itens (LIPMAN, 1992). No caso da unidade didática aqui descrita, o público é diferente (adolescentes), o que permite a utilização de termos e problemas que necessitam de mais habilidades de raciocínio. Leva-se em consideração também que parte do objetivo de ensino (humanização) é diferenciado, o que justifica essa introdução de nomes de cientistas, contexto histórico e termos técnicos.

Nas atividades do manual também há algumas diferenças em relação aos manuais das novelas filosóficas que os participantes, apesar de não terem abordado muito nas discussões, perceptivelmente aprovaram (D.B n. 2 e 3). A dissecação da flor (apêndice 9) e o jogo das ervilhas (apêndice 9) são propostas que vão além dos exercícios de fixação e de discussão dos manuais das novelas e que são pertinentes ao ensino de filosofia, pois o ensino das ciências da natureza se dá de forma mais efetiva com o uso de múltiplas ferramentas incluindo atividades práticas.

Na dissecação da flor os estudantes interagiram de forma intensa, realizando perguntas, discutindo entre eles quais eram as partes da flor e como ocorria a fecundação (D.B. n 2). Foi um momento em que a comunidade de investigação na sala de aula (LIPMAN, 1994) se construiu de maneira clara, assim como ocorreu no jogo das ervilhas (D.B., n.3). Havia troca de informações, curiosidade e comprometimento com o momento que talvez apenas a leitura e discussão teórica da unidade didática não forneceria aos estudantes. As atividades experimentais, assim como os jogos, têm esse potencial motivador e exploratório da criatividade e da curiosidade dos estudantes (BORGES, 2002).

O primeiro capítulo é o que mais se assemelha ao estilo de Lipman por apresentar a discussão sobre quem é o cientista utilizando apenas elementos e linguagem comuns ao contexto do jovem, deixando que os personagens discutissem e construíssem livremente o modelo de cientista a partir da troca de ideias entre eles. Durante as aulas (D.B. n.1) pude perceber que tal capítulo (Quem quer ser um cientista?, capítulo 1) despertou bastante curiosidade e interesse nos estudantes. Ao término da leitura, alguns afirmaram querer saber o final da história, pois a maneira como o capítulo é encerrado incita o leitor a continuar. Propositalmente os capítulos se encerram com situações rotineiras (Rodrigo dorme, Clébio vai ao banheiro, os irmãos vão lanchar) que cortam a continuidade da história, mas de maneira a entender que irá

prosseguir no próximo capítulo, elemento que também é encontrado nas novelas filosóficas (LIPMAN, 1994).

Apesar do capítulo 1 ter motivado os estudantes a continuar as leituras e as discussões, os capítulos 3 e 4, sobre o experimento de Mendel e onde os conceitos em genética são mais desenvolvidos, foram citados como os que mais chamaram a atenção. Sobre o capítulo 3, Felipe e Fernanda escreveram na atividade de relatório do capítulo lido em sala de aula:

“A história contada de Clébio e Rodrigo e suas ações ganham força nesse capítulo, pois ficam claras as ações que Mendel teve ao analisar as características das ervilhas, como foi feito o processo que o levou a chegar à proporção 3:1 e isso estimula o conhecimento e o aprendizado do aluno, pois ele entende como foi feito isso e o trabalho que levou. Foi o capítulo que eu mais gostei” (Felipe, ativ. 3).

“É um bom capítulo porque aborda a importância de Mendel na genética, e o porquê dele se sobressair nessa área” (Fernanda, ativ. 3).

Esses trechos evidenciam que o tratamento da biografia de Mendel tornou a unidade mais interessante, dando um contexto para a abordagem da humanização das ciências e o ensino de genética, podendo facilitar a compreensão sobre o experimento com ervilhas para esses estudantes. Um problema de se abordar apenas os produtos científicos prontos nas aulas é que os estudantes precisam acreditar no que lhes é falado, como se os cientistas de repente tivessem as ideias e todos fossem obrigados a confiar neles. Quando se estuda a biografia do cientista de maneira crítica (MARTINS, 1998), damos um contexto à criação, e então o estudante tem uma noção maior do significado da pesquisa. Essa diferença na maneira de apresentar os conteúdos não só humaniza a imagem de cientista como também facilita a aprendizagem, como Felipe destacou acima.

Fernanda e Felipe também falaram sobre o capítulo 4, onde o enfoque na história da genética é maior, destacando que Mendel não foi o único a trabalhar com ervilhas, mas foi inovador pela sua criatividade e pensamento interdisciplinar (CORCOS; MONAGHAN, 1991), selecionando metodologias que eram diferentes das usuais à época dele:

“Foi o melhor capítulo até agora. Mostrou o motivo da importância de Mendel e o porquê ele se sobressaiu entre os outros cientistas que também estudaram genética.

Também relacionou algumas disciplinas e grandes nomes da ciência” (Fernanda, ativ. 4).

“A história do capítulo 4 deixa bem claro para os leitores que foi que deixou o Mendel com o título de pai da genética, pelo fato de Mendel ter aliado a matemática e a “biologia” genética” (Felipe, ativ. 4).

Quanto a aplicabilidade do recurso, os estudantes afirmam em questionário escrito (apêndice 5) que o uso é possível nas aulas de ciências da natureza e biologia, sendo relevante para a vida do estudante os temas abordados. Porém, quanto à utilização do recurso em aulas que os participantes fossem professores, houve certa discordância nas respostas, em que alguns afirmaram que utilizariam como introdução ou material complementar e outros disseram que apenas indicariam a leitura aos estudantes:

“Não acho que seja aplicado como conteúdo de aula, mas como um projeto extraclasse, parte diversificada seria legal. (...) Como curiosidade porque acho que a essência do conteúdo de Mendel está em suas leis e a sua lógica, a sua história de vida, assim como a de qualquer outro cientista famoso, é interessante, mas não é o objetivo do estudo. Porém se eu fosse professor de uma parte diversificada, usaria o material para despertar o interesse do aluno” (Marcos, quest. 5).

“A aplicabilidade do material é muito boa desenvolve os conceitos de uma forma mais direta com uma linguagem muito abrangente para o ensino da lei de Mendel. (...) Usaria em sala de aula porque tem um alto grau de explicabilidade do conceito de Mendel e a história de quem foi, pois não é bom ensinar só a lei mais também humanizar o cientista, e igualar o aluno ao cientista” (Felipe, quest. 5).

“O recurso didático seria mais adequado para ser utilizado em turmas de 7ª série (8º ano). O material traz uma contribuição sobre a história de Mendel e suas descobertas que para o aluno fica mais fácil de aprender o conteúdo. As atividades propostas no material são bem elaboradas, pois abordam de forma integrada os conteúdos de genética. (...) Utilizaria o material como uma ferramenta a mais, porque ira enriquecer e contribuir para o aprendizado do conteúdo” (Pâmela, quest. 5).

“A aplicação do manual é viável, pois este possui um baixo custo para confecção, distribuição. É um material completo, rico e bastante didático. Ótimo para introduzir o conteúdo de genética. (...) Usaria como recurso complementar, tendo em vista que as demais aulas seriam dedicadas aos cálculos de probabilidade” (Ariana, quest. 5)

Durante a entrevista, Ariana contradiz o que foi dito no questionário (trecho reproduzido acima) afirmando que utilizaria nas aulas de biologia como material para introdução dos temas de genética, realizando um recorte da história, que é muito grande. Isso evidencia que, para ela, a história é um mero motivador para iniciar os estudos em genética:

“Eu usaria para dar aula, para introduzir, porque eu gosto, eu só daria uma enxugada nele” (Ariana, entr.).

Essa mudança de opinião de Ariana ocorreu após realizar práticas em estágio supervisionado, onde observou aulas de ciências da natureza e ministrou duas, utilizando uma história sobre o processo de digestão no organismo humano. A participante relatou com grande entusiasmo a experiência e afirmou ter percebido o interesse dos estudantes pela história que ela utilizou. Assim, pode ser que a prática em lecionar, ainda que na realidade do estágio, tenha auxiliado a estudante de licenciatura a rever seus conceitos e metodologias de ensino.

Diante das percepções dos estudantes sobre o encaixe da unidade didática dentro das disciplinas biologia/ciências da natureza, repensei toda a composição da história e os seus propósitos. Analisando a obra de Lipman no que tange o tipo de aprendizagem pretendida com seu programa e de alguns autores sobre os pressupostos do ensino de ciências na atualidade (MILLAR, 2003. EL-HANI, 2006), percebe-se que tal concepção de ensino de ciências não é a pretendida por um programa de ensino que tenha como interesse formar um cidadão que compreenda as ciências como produto social e histórico da humanidade. Como essa é exatamente a ideia que rege a proposta didática em questão, acredito que há pertinência na utilização do recurso dentro das aulas de ciências da natureza ou biologia, ainda que isso ocupe um período de tempo considerável. Porém, o uso de recursos depende das prioridades do professor em sala de aula. Se ele tiver um cronograma de cumprimento de conteúdos rigoroso a cumprir, reconheço que a unidade didática baseada em diálogo não seria uma opção viável, ainda que ele desejasse utilizá-la.

De qualquer maneira, se possível, é interessante investir tempo em reflexões e momentos que atraiam o interesse do estudante para as questões científicas e estimule o raciocínio científico, como já é sugerido em documentos como os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997) A minha experiência como professora de ciências da natureza e de biologia me traz mais confirmações sobre essa concepção, pois

os estudantes sentem-se extremamente entediados com as aulas expositivas sobre “os conteúdos do livro”, com a infinidade de nomes e processos que, para eles, não possuem maior significado do que decorar as respostas certas para obter aprovação. Os aprendizes pedem por atividades diferentes, ainda que seja apenas um texto mais coloquial ou um vídeo sobre o fundo do oceano. Em minha prática, percebo que é necessária uma reconfiguração do ensino. Isso não significa deixar de ensinar os conteúdos da disciplina para os estudantes, porque isso também seria limitar o ensino daqueles que pretendem ingressar em Instituições de Ensino Superior, mas direcionar o ensino de tal maneira que eles possam buscar as informações que precisam, ainda que não tenham sido ensinadas na escola. Ou seja, fornecer a base para a independência de raciocínio do estudante (LIPMAN, 2008).

Também deve-se entender que conhecer a natureza das ciências, ou seja, participar de discussões e experimentar recursos baseados no estudo dela, não implica, necessariamente, em sua utilização nas aulas dos professores. Os futuros docentes da pesquisa podem, por exemplo, ter concepções de ensino diferentes da proposta da unidade didática e, por isso, não utilizá-la, apesar de compreenderem o que seja a humanização das ciências e a proposta da unidade. Seria interessante ter incluído na entrevista alguma pergunta que pudesse fornecer indícios mais consistentes das concepções de ensino dos licenciandos. Mas as expressões e os escritos deles sobre a utilização do material fornecem uma breve noção das preferências pedagógicas desses futuros profissionais.

Sobre a série mais adequada a se utilizar o recurso, os estudantes têm opiniões diferentes, que variam entre ensino fundamental e médio:

Pergunta: Para qual série o material é mais adequado? (quest. 5)

“3º ano do ensino médio como co-requisito do conteúdo proposto no currículo” (Marcos).

“O recurso seria mais adequado para ser utilizado em turmas da 7ª série” (Pâmela).

“O uso do material fica bem mais proveitoso nas 5ª e 6ª séries do ensino fundamental, pois dá ao aluno uma visão maior sem falar que em outros momentos ele pode usar. Explica a história de Mendel deixando-o mais humano e por isso mais perto dos estudantes” (Felipe).

“De acordo com a proposta dos PCNs, do currículo da SEDF⁸ e com minhas percepções de futura professora considero que o material é mais adequado para ser aplicado no 3º ano do ensino médio” (Ariana).

O material inicialmente foi desenvolvido para o público do ensino médio, principalmente por causa do tema e do contexto da história, já que o ensino de genética é comumente delegado a esse nível de ensino em seu ano final (3º ano) e, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), “o estudo das Leis de Mendel, seu tratamento estatístico e a estrutura gênica molecular não são enfoques adequados aos estudantes deste ciclo [ensino fundamental].” (BRASIL, 1998, p. 106). Porém, alguns livros didáticos (FAVALLI; SILVA; ANGELO, 2012, GEWANDSZNAJDER, 2013) já trazem o assunto no 9º ano e, independente disso, o recurso pode ser trabalhado no ensino fundamental em suas séries finais, com pequenas adaptações e dando maior enfoque nos aspectos históricos. Isso porque o ensino da genética não é o único objetivo do recurso, também (e principalmente), há a humanização das ciências.

6.2 Estrutura física: linguagem, diagramação, organização geral

Nos questionários (apêndices 1 a 5) algumas perguntas foram sobre aspectos físicos da unidade didática, tais como a linguagem, o uso de imagens e a formatação do texto. Esses tópicos também foram levantados nos textos escritos nas atividades recolhidas em sala de aula.

Sobre a linguagem, as avaliações foram positivas. Na tabela 2 percebe-se que a forma de diálogo foi bem aceita e destacada como ponto forte do recurso. Nos questionários, a maior parte das avaliações foi “bom” e “ótimo”, com uma marcação em “regular” acerca da linguagem.

Nas obras de Lipman a linguagem tem um papel fundamental para que o diálogo ocorra de forma natural, envolvendo as crianças em discussões que utilizam termos comuns a linguagem infantil. O diálogo permite essa flexibilidade da linguagem, ao contrário de um texto científico ou presente em um livro didático, que se atém aos

⁸ Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal

termos técnicos e formalizados. Assim, a proposta da unidade didática se baseia no modelo de Lipman, na busca da identidade do estudante que lê o texto, para que o diálogo seja efetivo, profundo, com envolvimento de ambas as partes (leitor e texto). No ensino de ciências essa linguagem mais simples pode facilitar o contato do estudante com os conteúdos, pois reduz a barreira imposta pela colocação direta de conceitos e nomes técnicos, que pode causar confusão e conflitos internos no desenvolvimento do pensamento (BANET; AYUSO, 2003)

O uso de elementos coloquiais facilita o ensino, mas deve-se tomar cuidado para que não haja exageros, pois o texto também deve apresentar ao estudante, de maneira gradual, um novo vocabulário, com mais termos técnicos e menos coloquiais, para que, aos poucos, ele se aproprie dessa maneira de escrever e ler.

Seguindo na análise da linguagem, uma estudante apresentou desagrado com o uso de onomatopeias como “hehe” para se referir a risada de quem fala. O argumento da estudante é que isso torna o texto exageradamente informal. Entretanto, pensando no público alvo (pré-adolescentes) e no objetivo de fornecer uma leitura agradável, torna-se necessário a inserção de termos que facilitem a aproximação entre leitor e texto, fundamental no diálogo.

A linguagem do manual segue linha diferente da apresentada na história. Apesar de o estilo continuar sendo de leitura agradável, de acordo com a influência do estilo de Lipman em seus manuais e novelas filosóficas, os termos coloquiais em excesso e outros recursos de linguagem pertinentes ao público adolescente aparecem em menor quantidade, pois o alvo são os professores. Os estudantes comentaram que a linguagem era boa, nem muito informal, nem muito técnica, mas que seria interessante colocar algumas notas de rodapé explicando termos como hibridismo e preformismo, entre outros, pois professores de outras áreas poderiam querer utilizar o material e não entender os termos.

Em relação a formatação do texto, o modelo de diálogo teve excelente aceitação, mas alguns detalhes sofreram modificação por demanda do grupo de pesquisa. Por exemplo, as falas dos personagens eram colocadas diretamente e cabia ao leitor identificar quem estava falando. Já na primeira aula essa dificuldade de leitura foi destacada pelos licenciandos e, por isso, adotou-se a sinalização dos personagens com as iniciais de seus nomes antes de cada fala (C para Clébio, R para Rodrigo e M para

quando Clébio interpretava Mendel). A explicação sobre as iniciais de cada personagem é colocada em uma nota de rodapé na primeira página do diálogo.

Devido a maneira como o texto foi estruturado e pelos recursos de linguagem utilizados, o aluno Marcos em suas atividades escritas, falas em sala de aula e respostas aos questionários referiu-se a obra como teatral. É interessante ressaltar aqui que não se trata de um texto teatral apesar de utilizar recursos semelhantes, como descrição de cenários e ações das personagens com sinalização de quem fala. Todavia, como Marcos sugeriu, o texto poderia ser utilizado pelo professor para adaptação para peça teatral a ser apresentada na escola.

Sobre as figuras, no questionário as avaliações foram predominantemente colocadas como "boa", mas houve presença das respostas "ruim" e "regular" em todos os capítulos estudados. As colocações negativas mais frequentes ocorreram a partir do capítulo 3, pois a quantidade de figuras foi reduzida e os licenciandos desejavam que houvesse mais figuras ilustrando o texto. Essa solicitação foi atendida para a versão final da unidade didática, em que foram produzidas mais duas figuras, pois na história com exceção das figuras colocadas junto ao título de cada capítulo (obtida na *Wikicommons*), todos os desenhos foram confeccionados especialmente para o diálogo.

As figuras tem o objetivo de tornar a leitura e a unidade didática mais atrativa, ilustrando passagens do texto. Nas obras de Lipman há ausência de imagens que ilustrem o texto, o que talvez possa ser um recurso que auxilie o desenvolvimento da criatividade de criança, imaginando as cenas sem ter uma preconcepção que influencie na construção pessoal do leitor acerca da cena descrita. Na unidade didática sobre Mendel, essa preocupação também existiu e, por isso, optei por figuras em que o rosto do personagem Rodrigo não aparecesse, de tal maneira que o leitor construa essas imagens livremente.

Na unidade didática algumas figuras tem um papel que vai além da motivação para leitura. A partir do capítulo 2 da história, quando se fala sobre o ciclo de reprodução das flores e o delineamento experimental de Mendel, as figuras são cruciais para uma melhor compreensão dos conceitos apresentados (capítulos 3 e 4 do diálogo nos apêndices 7 e 8). E esse recurso foi muito bem recebido pelos futuros professores. Fernanda notou a ausência de um desenho explicativo no capítulo 2, dizendo “faltou uma ilustração da flor e detalhes em partes internas para acompanhar o texto em uma das partes”. A sugestão da discente foi incluída na versão final da unidade.

6.3 Ideias abordadas no diálogo: humanização das ciências e a imagem de cientista

O diálogo componente da unidade didática tem maior enfoque na humanização das ciências como via para desmistificar a imagem do cientista. Esse objetivo da unidade pretende desenvolver o pensamento crítico (LIPMAN, 2008), levando o estudante a refletir sobre o que lê, dando foco não apenas para os produtos finais (MATTHEWS, 1994), como também para os processos e assuntos relevantes para o ensino, mas que não são tratados diretamente nas usuais aulas de ciências da natureza.

Essa humanização é agregada ao estudo da história das ciências, com o exemplo de Mendel. Ao estudar um momento histórico dentro do desenvolvimento das ciências, o estudante se aproxima dessa forma de conhecimento, pois possui elementos de identificação, já que traz para o cientista as características comuns do ser humano, como os sentimentos de medo, entusiasmo e orgulho sobre sua pesquisa, além de tornar mais “significativo” o processo de ensino-aprendizagem do que quando se deve apenas decorar conceitos e fórmulas (MATTHEWS, 1994).

O uso de diálogo humanizador no ensino de ciências facilita o alcance do que Millar (2003) denomina como um ensino voltado para a compreensão de todos, ou seja, permite um acesso livre ao conhecimento no sentido que não pressiona o estudante para aprender tópicos específicos de uma formação científica, mas lhe dá um panorama sobre o desenvolvimento do pensamento científico que, como colocado por Matthews (1994) é interessante ser de entendimento de qualquer pessoa pelo seu valor histórico e cultural.

Nas aulas essa discussão foi abordada antes da pesquisa, em outras aulas da disciplina Tópicos Especiais em Ensino de Biologia e também durante a coleta de dados, mas de maneira menos intensa, pois o tempo disponível foi dedicado a leitura e opiniões dos estudantes sobre a unidade didática.

Os destaques dos licenciandos relativos a humanização na unidade didática foram para a desmistificação da imagem do cientista e a citação de outros cientistas e pesquisadores dentro da história da Mendel, assuntos que já haviam sido discutidos nas aulas anteriores. Felipe escreveu em atividade de sala de aula (ativ. 4) que:

“O capítulo 4 continuou a tendência de mostrar a realidade dos cientistas” (Felipe, ativ. 4).

“O personagem principal por meio da apresentação da história de Mendel para seu irmão mais novo realizou a humanização das ciências” (Ariana, ativ. 4).

Note na fala de Ariana, que ela se refere a Clébio como personagem principal da história. Apesar de ele ser um dos protagonistas junto a Rodrigo e ao falso Mendel, o foco do enredo é sobre Rodrigo e seu trabalho escolar. Talvez a licencianda tenha relacionado o personagem principal àquele que mais se expressa durante o diálogo, pois esse é o posicionamento de Clébio, mais comunicativo, com maiores falas e descrições. De qualquer maneira, é positivo perceber que a participante compreendeu que o intuito do diálogo entre os irmãos era a humanização das ciências.

Sobre a desmistificação do cientista, no capítulo 1 do manual do professor (apêndice 9) há uma atividade específica para o início da discussão, que é desenhar um(a) cientista. Como descrito na metodologia, esse exercício foi realizado na primeira aula, antes da leitura do capítulo. Os licenciandos desenharam o que vinha à mente deles quando eu pronunciei a palavra “cientista” (figura 1). Nesse momento evitei dizer um ou uma, pois a colocação dos artigos poderia direcionar o desenho deles para figuras masculinas ou femininas, porém ainda assim os resultados corroboram aquilo que é descrito por Reis, Rodrigues e Santos (2006) e Lafosse-Marin et al (2007), pois três deles desenharam um homem já adulto, com pouco cabelo e usando óculos, em um ambiente que remete ao laboratório e vestindo jaleco. Todos os quatro desenhos analisados também mostravam cientistas solitários, o que pode estar relacionado ao comando da atividade (“desenhe o que vem à sua mente quando ouve a palavra cientista”), mas também é um resultado semelhante ao das outras pesquisas citadas anteriormente, onde parece haver uma tendência da manutenção do estereótipo ao longo da vida escolar, inclusive no ensino superior, como já destacou Gil-Pérez (2001).

Quando terminaram os desenhos, solicitei que descrevessem primeiro qual a imagem de cientista que Rodrigo revelava ter durante a história. Após isso, discutimos sobre os fatores que levam os estudantes a manterem a imagem estereotipada de cientista na mente e quais as implicações para o ensino de ciências. Marcos observou que, se um estudante tem uma visão distorcida das ciências, ele se acharia “incapaz de conseguir chegar a conhecimentos tão perfeitos, criados pelos gênios” (Marcos, entr.).



Figura 1: desenhos dos licenciandos sobre os cientistas.

Essa opinião dos estudantes da licenciatura está de acordo com a literatura sobre a relação entre imagem de cientista e ensino de ciências. Reis, Rodrigues e Santos (2006), afirmam que a imagem de cientista que o estudante tem influencia a disposição dele para aprender ciências e, inclusive, de acordo com Gil Pérez (2001), a concepção de ciência (que está, ainda que indiretamente, relacionada a imagem de cientista) tem impacto nas metodologias utilizadas pelo professor em suas aulas. Sendo assim, é importante que haja discussões sobre o trabalho científico ainda na graduação dos futuros professores, para que eles reconheçam suas posições educacionais com base nos conceitos que possuem sobre ciências e o objetivo de ensiná-las.

Ainda sobre o desenho, na aula em que abordamos o quarto capítulo (último da versão trabalhada com os licenciandos), solicitei que realizassem os exercícios do

manual e, apesar de reconhecerem na primeira aula que seus cientistas aproximavam-se bastante do estereótipo colocado por Rodrigo durante a história, apenas um dos cinco estudantes modificou seu desenho, a Pâmela que acrescentou ao ambiente laboratorial a imagem de um geneticista e um quadro escolar escrito “AAx Aa” (figura 2). Os que não realizaram modificações deram as seguintes justificativas:

Pergunta: Relembrando o cientista que você fez no exercício 1 sobre o capítulo 1 “Quem quer ser um cientista?”, responda:

a) Você mudaria algo no seu desenho? Por quê?

“Não mudaria, porque cientista é aquele que realiza experimentos, seja ele qual for, e isso é percebido no desenho com uma pessoa vestindo roupas especiais dentro de um laboratório” (Marcos, ativ. 4).

“Não, continuo com a mesma imagem de cientistas naturais” (Ariana, ativ. 4).

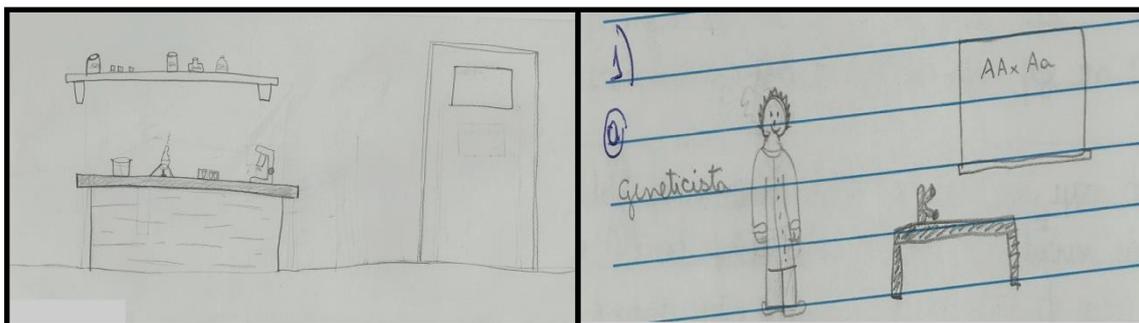


Figura 2: mudança no desenho de Pâmela. A nova versão (direita) reflete um professor de genética.

Reis e Galvão (2006) realizaram um estudo sobre a concepção de estudantes do ensino fundamental e discutem que nem sempre há modificações nos desenhos, pois os estudantes acham legal, gostam da arte que fizeram. Diante disso, é importante que se analise não apenas o desenho, mas também a evolução dos conceitos e opiniões que os estudantes formularam durante as aulas. Sobre a fala de Marcos, percebe-se que seu conceito de cientista ainda estava atrelado a imagem laboratorial, o que destoava do exemplo tratado no diálogo, pois Mendel realizou seus experimentos no espaço do jardim do mosteiro (FREIRE-MAIA, 1995). A imagem de cientista dele também excluiu os cientistas naturais teóricos e de campo, por exemplo, que não necessariamente utilizam jalecos ou realizam suas pesquisas em laboratórios. Sendo assim, percebe-se a manutenção do estereótipo já detectado em pesquisas no ensino básico em diferentes

países (REIS; GALVÃO, ANO; KOMINSKY; GIORDAN, 2007, LAFOSSE-MARIN et al, 2007, MELO; ROTTA, 2010).

A questão ainda tinha um subitem, relacionando a história de Mendel com o cientista que eles concebem em suas mentes. Todos afirmaram haver várias semelhanças:

b) Mendel poderia ser um exemplo de cientista que se assemelha ao que você imaginou quando fez o desenho? (ativ. 4)

“Sim, o meu desenho é de um professor que estuda e dá aulas de genética, ele realiza experimentos nessa área” (Pâmela sobre o novo desenho, ativ. 4).

“Achei bastante semelhante, porém o que chamou a atenção foi o fato de não conseguir notas em algumas disciplinas, pois o cientista que fiz era SS” (Ariana. ativ. 4).

“Sim, porque a minha imaginação era de um experimentador, o que não tira o mérito de Mendel” (Marcos, ativ. 4).

Nessas falas pode-se perceber uma tênue diferenciação do cientista presente no imaginário social (SIQUEIRA, 2006). Pâmela associa o cientista a um professor, o que comumente não é percebido, e que também é uma sugestão dentro da história. Mendel interpretado por Rodrigo tem a função de professor, e talvez isso possa ter influenciado a nova percepção de Pâmela. Ariana sinaliza também uma mudança de concepção ao afirmar que seu cientista inicial era uma pessoa com menções SS, e se surpreendeu ao perceber na história de Mendel que ele nem sempre obteve os melhores resultados no seu histórico escolar. Essas pequenas mudanças podem ter relação com o estudo da unidade didática, pois as futuras professoras levantam questões que foram trabalhadas ao longo do diálogo e que, anterior a isso, não foram relatadas por elas e, inclusive, foram indicadas como mudanças nos desenhos. Quanto a fala de Marcos, seria interessante ter-lhe perguntado na entrevista sobre essa visão dele de cientista como experimentador, para saber como ele classificaria os teóricos (se os considera cientistas ou não). Porém, no momento da entrevista tal inquietação não havia sido levantada.

A biografia de Mendel é adequada para ensinar muitas questões relacionadas a história e filosofia das ciências, principalmente sobre os aspectos humanizadores. Porém, percebo que a visão de um monge detalhista, que contou ervilhas por oito anos e matematizou os resultados (FREIRE-MAIA, 1995), de certa maneira reforça a concepção de cientista isolado em sua prática (apesar de todas as contribuições de

pesquisadores anteriores e de trocas de correspondências com contemporâneos, não teve contato com relatos sobre Mendel partilhar a execução do trabalho experimental com outros). Sendo assim, estudar a história de Mendel pode levar a duas visões diferentes: ou sociocultural quando se entende o contexto da vida, as contribuições de outros pesquisadores, etc.; ou neutra, se analisarmos apenas Mendel como experimentador no jardim, contando as ervilhas. Vai depender do material que chega às nossas mãos e, por isso, é importante que o professor saiba focar no que for mais interessante a se discutir sobre a vida de Mendel para um ensino humanizador, mas sem deixar de destacar que cada pessoa tem suas peculiaridades da personalidade e modo de vida, independente de sua profissão.

7 CONCLUSÕES

Os princípios do Programa de Filosofia para Crianças de Matthew Lipman podem ser aplicados na busca de novos recursos didáticos no ensino de ciências, principalmente se relacionados a tentativa de que os estudantes tenham um ensino mais reflexivo, voltado para o pensar crítico. Na unidade didática *O monge que plantava ervilhas*, houve o esforço de aliar tais princípios com o ensino de ciências e, de acordo com os resultados obtidos, tal objetivo foi alcançado ao se tratar de humanização da ciência e Primeira lei de Mendel.

O recurso didático proposto nesta dissertação também pode ser visto como uma contribuição para o ensino de ciências que incentive o desenvolvimento do pensar crítico, sendo inovador por seu caráter multidisciplinar, já que envolve temas da filosofia, da matemática, da biologia, da história, da literatura e da sociologia para o estudante se deparar com um exemplo simplificado de como é complexa a realidade do desenvolvimento do conhecimento da humanidade. No ensino de ciências, é um campo vasto a se explorar ainda, no que se refere ao uso de diálogos e tratamento de conteúdos a partir de histórias fictícias.

Em relação a concepção de ciências e de cientista, é possível perceber uma manutenção do estereótipo na vida escolar das pessoas, pois as imagens deformadas do trabalho científico surgem em pesquisas com estudantes desde o ensino fundamental até o médio, e os resultados dessa investigação, ainda que em um grupo pequeno, mostraram as mesmas visões. Por isso é importante que haja um trabalho educacional não apenas voltado para saber os conteúdos científicos, mas também os processos, seus significados e quem os produzem.

Do ponto de vista dos futuros professores, a unidade didática é interessante para o ensino, apesar de eles não afirmarem que a utilizariam em sala de aula. Isso está relacionado aos seus princípios educacionais, já que conhecer novos recursos didáticos não significa utilizá-los, isso vai depender dos pressupostos e objetivos educacionais de cada educador.

Quanto a metodologia da pesquisa, salienta-se aqui a necessidade de aperfeiçoamentos, principalmente em relação a entrevista. É interessante em pesquisas futuras que o investigador realize uma análise prévia cuidadosa dos dados após trabalhar

cada capítulo da unidade didática para verificar os pontos em que são necessárias perguntas para esclarecer o que foi dito. Isso fará com que haja um espaço maior entre a coleta em sala de aula e as entrevistas, mas poderá enriquecer a discussão. Também seria interessante realizar a análise da unidade didática com professores já formados, pois talvez dessem enfoque diferente no material, com mais contribuições para o aperfeiçoamento do manual do professor.

Devido a natureza qualitativa da pesquisa e pelo reduzido tamanho da amostra, os resultados aqui encontrados não podem ser generalizados. Outras pesquisas sobre o uso da unidade didática com uma metodologia igual a utilizada aqui precisam ser realizadas. Isso criará uma base comum para julgamentos de transferabilidade, ou seja, os pesquisadores poderão responder às questões como as colocadas aqui, por exemplo, sobre as concepções acerca da natureza das ciências, imagem de cientista e utilização de diálogos como recurso para ensinar ciências e genética e, assim, verificar se os resultados se repetem em realidades semelhantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANET, E.; AYUSO, G. E. Teaching of biological inheritance and evolution of living beings in secondary school. *International Journal of Science Education*, v. 25, n.3, 2003, p.373-407

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto editora, 1994.

BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, 2002, p. 291-313.

BRANDÃO, Gilberto Oliveira; FERREIRA, Louise Brandes Moura. O ensino de Genética no nível médio: a importância da contextualização histórica dos experimentos de Mendel para o raciocínio sobre os mecanismos da hereditariedade. *Filosofia e História da Biologia*, v. 4, 2009, pp. 43-63.

CENTRE FOR SCIENCE STORIES. *Stories in science teaching*. 2008. Disponível em: < <http://science-stories.org/>> Acesso em 14 nov. 2012.

CENTRO BRASILEIRO DE FILOSOFIA PARA CRIANÇAS. *Filosofia para crianças: educação para o pensar*. s.n., s.d.

CORCOS, Alain. F.; MONAGHAN, Floyd. V. *Gregor Mendel's Experiment in Plant Hybrids: A guided study*. New Jersey: Rutgers University Press, 1993.

EL-HANI, Charbel Niño. Notas sobre o ensino de história e Filosofia da Ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, Cibelle Celestino (org.). *Estudos de*

história e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006, pp. 3-23.

FALCONE, Ana Luiza Fernandes; LIPMAN, Matthew. A Filosofia e o desenvolvimento do raciocínio. In:SCOZ, Beatriz Judith Lima; RUBINSTEIN, Edith; ROSSA, Eunice Maria Muniz; BARONE, Leda Maria Codeço. *Psicopedagogia: o caráter interdisciplinar na formação e atuação profissional*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1990, pp. 238-248.

FARIA, Ana Constância Macedo. *O cinema e a concepção de Ciência por estudantes do ensino médio*. 2011. 114 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) – Instituto de Física/ Instituto de Química/ Instituto de Biologia/ Faculdade UnB-Planaltina, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

FAVALLI, Leonel Delvai; SILVA, Karina Alessandra Pessôa. ANGELO, Elisângela Andrade. *Ciências 8º ano (Projeto Radix)*. São Paulo: Scipione, 2012.

FERNÁNDEZ, Isabel; GIL, Daniel; CARRASCOSA, Jaime; CACHAPUZ, António; PRAIA, João. Visiones deformadas de la Ciência transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciências*, v. 20, n. 3, 2002, pp. 477-488.

FERRAZ, Daniela Frigo; OLIVEIRA, Juliana Moreira P. As concepções de professores de Ciências e Biologia sobre a natureza da Ciência e sua relação com a orientação didática desses profissionais. *Revista Varia Scientia*, v. 6, n. 12, dez. 2006, pp.85-106.

FERREIRA, Louise Brandes Moura. The role of a Science story, activities, and dialogue modeled on philosophy for children in teaching basic Science process skills to fifth graders. 2004. 216 f. Tese (Doutorado em Educação) – Montclair State University, Upper Montclair, New Jersey, 2004.

FREIRE-MAIA, Newton . *Gregor Mendel - Vida e Obra*. São Paulo: T.A. Queiroz, 1995.

GEWANDSNAJDER, Fernado. *Ciências: nosso corpo* (coleção Teláris). São Paulo: Ática, 2013.

GOULART, Sílvia Moreira. História da ciência: elo da dimensão transdisciplinar no processo de formação de professores de ciências. In: LIBANEO, José Carlos; SANTOS, Akiko (orgs.) *Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinar*. Campinas: Alínea, 2005.

GIL-PÉREZ, Daniel; MONTORO, Isabel Fernández; ALIS, Jaime Carrascosa; CACHAPUZ, António; PRAIA, João. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência e Educação*, v. 7, n. 2, 2001, pp. 125-153.

KOSMINSKY, Luis; GIORDAN, Marcelo. Visões de Ciências e sobre Cientistas entre estudantes do ensino médio. *Química Nova na Escola*, n. 15, maio 2002, pp.11-18.

KUHN, Thomas. *A revolução copernicana*. Lisboa: 70 editora, 2002.

LAFOSSE-MARIN, Marie Odile; LAGÜES, Michel (orgs.). *Dessine-moi un scientifique*. Paris: Belin, 2007.

LAVILLE, Christian; DIONNE, Jean. *A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas*. Porto Alegre: Artmed, 1999.

LIPMAN, Matthew. *A descoberta de Ari dos Telles*. Tradução de Sylvia Judith Hamburguer Mandel. São Paulo: Centro Brasileiro de Filosofia para Crianças, 1995.

LIPMAN, Matthew. *A Filosofia vai à escola*. Tradução de Maria Elice de Brzezinski Prestes e Lucia Maria Silva Kremer. São Paulo: Summus, 1990.

LIPMAN, Matthew. *Issao e Guga*. Tradução de Sylvia Judith Hamburger Mandel. São Paulo: Centro Brasileiro de Filosofia para Crianças, 1997.

LIPMAN, Matthew. *Luisa*. Tradução de Sylvia Judith Hamburger Mandel. São Paulo: Centro Brasileiro de Filosofia para Crianças, 1999.

LIPMAN, Matthew. *O pensar na educação*. 4. ed. Tradução de Ann Mary Figueira Perpétuo. Petrópolis: Vozes, 2008.

LIPMAN, Matthew. On writing a philosophical novel. In: SHARP, Ann Margaret; REED, Ronald F. *Studies in philosophy for children*. Philadelphia, Temple University Press, 1992.

LIPMAN, Matthew. *Pimpa*. Tradução de Sylvia Judith Hamburger Mandel. São Paulo: Centro Brasileiro de Filosofia para Crianças, 1997.

LIPMAN, Matthew. Thinking skills fostered by philosophy for children. In: SEGAL, Judith W.; CHIPMAN, Susan F.; GLASER, Robert. *Thinking and learning skills, volume 1: Relating instruction to research*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1985, pp.83-107.

LIPMAN, Matthew; OSCANYAN, Frederick S.; SHARP, Ann Margaret. *A Filosofia na sala de aula*. 3. ed. Tradução de Ana Luiza Fernandes Falcone. São Paulo: Nova Alexandria, 2001.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. A história da Ciência e o ensino da Biologia. *Ciência & Ensino*, n. 5, dez. 1998, pp. 18-21.

MARTINS, Roberto A. Introdução geral ao *Commentariolus* de Nicolau Copérnico. In: COPÉRNICO, N. *Commentariolus: Pequeno Comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes*. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2003. pp. 23-90

MAYR, Ernst. *O desenvolvimento do pensamento biológico*. Brasília: Universidade de Brasília, 1983.

MATTHEWS, Michael R. History, philosophy and science teaching: the present rapprochement. *Science & Education*, v. 1, n. 1, 1992, 11-47.

MATTHEWS, Michael R. *Science teaching: the role of history and philosophy of Science*. New York: Routledge, 1994.

MCCOMAS, William F. The principal elements of the nature of science: dispelling the myths. In: MCCOMAS, William F. (ed.). *The Nature of Science in Science Education*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1998, pp.53-70.

MELO, Juliana Ricarda; ROTTA, Jeane Cristina Gomes. Concepção de Ciência e de cientista entre estudantes do ensino fundamental. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, XV, 2010, Brasília. Anais do XV Encontro Nacional de Ensino de Química, 2010, pp. 1-10.

METZ, Don; KLASSEN, Stephen; MCMILLAN, Barbara; CLOUGH, Michael; OLSON, Joanne. Building a foundation for the use of historical narratives. *Science e Education*, n. 16, 2007, pp. 313-334.

MILES, Matthew B.; HUBERMAN, A. Michael. *Qualitative Data Analysis*. 2nd ed. Californi: Sage Publications, 1994.

MILLAR, Robert. Um currículo de Ciências voltado para a compreensão de todos. *Ensaio*, v. 5, n. 2, out. 2003, pp. 73-91.

MOREIRA, Marco Antonio; ROSA, Paulo R. S. Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos. Subsídios metodológicos para o professor pesquisador em ensino de Ciências. Porto Alegre: UFRGS, 2009. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios11.pdf> Acesso em 22 jul. 2011.

OLBY, Robert C. *Origins of Mendelism*. 2. ed. Chicago/ London: The University of Chicago Press, 1985.

PATTON, Michael Quinn. *Qualitative research & evaluation methods*. 3. ed. California: Sage Publications, 2002.

PECHULA, Marcia Reami. A Ciência nos meios de comunicação de massa: divulgação de conhecimento ou reforço do imaginário social? *Ciência e Educação*, v. 13, n. 2, 2007, pp. 211-222.

REIS, Pedro; GALVÃO, Cecília. O diagnóstico de concepções sobre os cientistas através da análise e discussão de histórias de ficção científica redigidas pelos alunos. *Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 5, n. 2, 2006, pp. 213-234.

REIS, Pedro; RODRIGUES, Sara; SANTOS, Filipa. Concepções sobre os cientistas em alunos do 1º ciclo do Ensino Básico: “Poções, máquinas, monstros, invenções e outras coisas malucas”. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 5, n. 1, 2006, pp. 51-74.

SIQUEIRA, Denise da Costa Oliveira. O cientista na animação televisiva: discurso, poder e representações sociais. *Em Questão*, v. 12, n. 1, jan./jun. 2006, pp. 131-148.

SPROD, Tim. “I can change your opinion on that”: social constructivist whole class discussions and their effect on scientific reasoning. *Research in Science Education*, v. 28, n. 4, 1998, pp. 463-480.

SPLITTER, Laurance J. A guided tour of the Logic in Harry Stottlemeier's Discovery. In: SHARP, Ann Margaret; REED, Ronald F. *Studies in philosophy for Children: Harry Stottlemeier's Discovery*. Philadelphia: Temple University Press, 1992, p. 107-124.

SPROD, Tim. *Discussing in science: promoting conceptual understanding in the middle school years*, 2011. Disponível em: <http://www.acer.edu.au/press/discussions-in-science/discussions-in-science-promoting-conceptual-understanding-in-the-middle-sch> Acesso em 14 nov. 2012.

WILLIAMS, Blair; CLOUGH, Michael P.; STANLEY, Matthew; COLBERT, James T. *Creativity and Discovery: The Work of Gregor Mendel*. 2008. Disponível em: <http://science-stories.org/stories/mendel.pdf>. Acesso em 10 out. 2012.

ANEXOS

ANEXO 01: Aprovação da pesquisa na comissão de ética em pesquisa



Comitê 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: HISTÓRIA DA GENÉTICA CLÁSSICA E NATUREZA DA CIÊNCIA: PERCEPÇÕES DE UM GRUPO DE LICENCIANDOS EM CIÊNCIAS NATURAIS

Pesquisador(a) responsável(a): LOUISE BRANDES MOURA FERREIRA

Número do projeto: 15-12/2011

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 "HISTÓRIA DA GENÉTICA CLÁSSICA E NATUREZA DA CIÊNCIA: PERCEPÇÕES DE UM GRUPO DE LICENCIANDOS EM CIÊNCIAS NATURAIS".

O pesquisador responsável fica notificado da obrigatoriedade da apresentação de um relatório final sucinto e objetivo sobre o desenvolvimento do Projeto, no prazo de 1 (um) ano a contar da presente data (itens VII.13 letra "d" e IX.2 letra "c" da Resolução CNS 196/96).

Brasília, 21 de dezembro de 2011.

Debora Diniz
Coordenadora Geral – CEP/IH

ANEXO 02: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (2 cópias: cópia branca do participante e cópia amarela dos pesquisadores)



Universidade de Brasília
Faculdade UnB Planaltina - FUP
Vila N. Sra. de Fátima, Área Universitária No. 1
Planaltina, DF 73300-000

Prezado (a) Aluno (a) da Licenciatura em Ciências Naturais da FUP,

É um prazer acompanhá-lo (a) como aluno (a) na Disciplina Tópicos Especiais em Ensino de Biologia, Turma A, no 2º. Semestre de 2012. Gostaria de convidá-lo (a), neste momento, para participar de uma pesquisa que eu, Juliana Ricarda, estudante de mestrado e a Professora Dr^a Louise Brandes Moura Ferreira, minha orientadora, estamos realizando acerca das percepções dos alunos sobre um recurso didático que aborda a humanização da ciência com base em um episódio da Genética Clássica na Disciplina, e também sobre os recursos didáticos para ensinar Genética criados por vocês.

A coleta de dados será feita sob a forma gravações das aulas, questionários e uma entrevista individual com duração aproximada de 30 minutos ao final dos cinco encontros que faremos para a pesquisa dentro da disciplina. A entrevista será realizada com um subgrupo de 6 (seis) pessoas que participaram das aulas, e seus trabalhos finais serão analisados profundamente. Também solicitamos sua permissão para utilizar o relatório sobre o recurso didático produzido por vocês como fonte de dados. (Faremos o mesmo com outros alunos do grupo). Todos os materiais coletados durante a pesquisa serão analisados confidencialmente e seus nomes serão substituídos por pseudônimos bem como qualquer tipo de identificação pessoal. Este procedimento será mantido nas publicações advindas da pesquisa. Acreditamos que os resultados desta pesquisa trarão benefícios para professores e pesquisadores envolvidos na área de ensino de História da Biologia e desenvolvimento de recursos didáticos.

Esta pesquisa segue a Resolução 196/96 do Ministério da Saúde para pesquisas com seres humanos e o projeto foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências Humanas da Universidade de Brasília - CEP/IH. Salientamos que sua participação é voluntária e livre de qualquer benefício ou remuneração. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper sua participação a qualquer momento. Removeremos os dados coletados relativos a sua pessoa prontamente. A recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios. Ressaltamos também que o fato de participar da pesquisa não implicará em recompensas futuras em Disciplinas ou atividades acadêmicas na FUP.

Colocamo-nos à sua inteira disposição para elucidar e responder a quaisquer perguntas sobre a pesquisa neste momento, durante ou depois do desenvolvimento da mesma. Nossos endereços eletrônicos e telefone de contato estão listados abaixo. As

informações com relação à assinatura do TCLE ou os direitos dos participantes da pesquisa podem ser obtidos através do email do CEP/IH cep_ih@unb.br.

Após estes esclarecimentos, se você decidir participar da nossa pesquisa, por favor, escreva seu nome completo e assine este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Do contrário, pedimos que devolva, por favor, este documento em branco e sem rasuras.

Agradecendo antecipadamente a atenção dispensada à nossa proposta de pesquisa,

Cordialmente,

Juliana Ricarda de Melo, jurm.ciencias@gmail.com
Mestranda do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências,
Universidade de Brasília. Pesquisadora Responsável

Profa. Louise Brandes Moura Ferreira, louise@unb.br, 3107 8026
Professora da Faculdade UnB Planaltina,

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com a pesquisadora responsável pela pesquisa e a outra com você.

Aceito participar da pesquisa:

Brasília, de de 2013

Nome Completo e Assinatura

APÊNDICES

APÊNDICE 1: Questionário 01.

Questionário 01: Suas percepções sobre o Capítulo 1 e o Manual do Professor

I. Nome: _____

Análise do Capítulo 1: Quem quer ser um cientista?

1) Avalie os itens a seguir de acordo com sua opinião sob o ponto de vista de um futuro professor selecionando recursos didáticos para utilizar em suas aulas de biologia para o ensino médio.

Item	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo
Linguagem	O	O	O	O	O
Diagramação (desenhos, disposição do texto, fonte)	O	O	O	O	O
Relevância do tema abordado para a disciplina	O	O	O	O	O
Relevância do tema para a formação geral do estudante	O	O	O	O	O

2) Cite no máximo dois pontos positivos e dois pontos negativos do capítulo lido.

Positivo

a. _____

b. _____

Negativo

a. _____

b. _____

Análise do Manual do capítulo 1
--

1) Avalie os itens a seguir de acordo com sua opinião sob o ponto de vista de um futuro professor selecionando recursos didáticos para utilizar em suas aulas de biologia para o ensino médio.

Item	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo
Linguagem	O	O	O	O	O
Diagramação (desenhos, disposição do texto, fonte)	O	O	O	O	O
Relevância das informações disponíveis no item “ideias principais”	O	O	O	O	O
Quantidade de atividades sugeridas	O	O	O	O	O
Relevância do tópico “sugestões de leitura”	O	O	O	O	O
Quadros de avisos para o professor	O	O	O	O	O

2) Sobre as atividades propostas, avalie a seguir cada uma delas, de acordo com suas percepções sobre os itens a seguir, utilizando o código abaixo:

P = PÉSSIMO

R = RUIM

G = REGULAR

B = BOM

O = ÓTIMO

NA = NÃO SE APLICA

Questão	Liguagem	Nível de dificuldade	Relação entre a questão e o diálogo	Relevância para a disciplina	Relevância para formação geral do estudante
1					
2					
3					
4					
5					

3) Escreva abaixo suas sugestões e dúvidas sobre o material explorado neste encontro.

Obrigada!

APÊNDICE 2: Questionário 02.

Questionário 02: Suas percepções sobre o Capítulo 2 e o Manual do Professor

I. Nome: _____

Análise do Capítulo 2: Uma visita inesperada

1) Avalie os itens a seguir de acordo com sua opinião sob o ponto de vista de um futuro professor selecionando recursos didáticos para utilizar em suas aulas de biologia para o ensino médio.

Item	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo
Linguagem	O	O	O	O	O
Diagramação (desenhos, disposição do texto, fonte)	O	O	O	O	O
Relevância do tema abordado para a disciplina	O	O	O	O	O
Relevância do tema para a formação geral do estudante	O	O	O	O	O

2) Cite no máximo dois pontos positivos e dois pontos negativos do capítulo lido.

Positivo

a. _____

b. _____

Negativo

a. _____

b. _____

Análise do Manual do capítulo 2
--

1) Avalie os itens a seguir de acordo com sua opinião sob o ponto de vista de um futuro professor selecionando recursos didáticos para utilizar em suas aulas de biologia para o ensino médio.

Item	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo
Linguagem	O	O	O	O	O
Diagramação (desenhos, disposição do texto, fonte)	O	O	O	O	O
Relevância das informações disponíveis no item “ideias principais”	O	O	O	O	O
Quantidade de atividades sugeridas	O	O	O	O	O
Relevância do tópico “sugestões de leitura”	O	O	O	O	O
Quadros de avisos para o professor	O	O	O	O	O

2) Sobre as atividades propostas, avalie a seguir cada uma delas, de acordo com suas percepções sobre os itens a seguir, utilizando o código abaixo:

P = PÉSSIMO

R = RUIM

G = REGULAR

B = BOM

O = ÓTIMO

NA = NÃO SE APLICA

Questão	Linguagem	Nível de dificuldade	Relação entre a questão e o diálogo	Relevância para a disciplina	Relevância para formação geral do estudante
1					
2					
3					
4					
5					

3) Escreva abaixo suas sugestões e dúvidas sobre o material explorado neste encontro.

Obrigada!

APÊNDICE 3: Questionário 03.

Questionário 03: Suas percepções sobre o Capítulo 3 e o Manual do Professor

I. Nome: _____

Análise do Capítulo 3: Ervilhas, ervilhas, ervilhas!

1) Avalie os itens a seguir de acordo com sua opinião sob o ponto de vista de um futuro professor selecionando recursos didáticos para utilizar em suas aulas de biologia para o ensino médio.

Item	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo
Linguagem	O	O	O	O	O
Diagramação (desenhos, disposição do texto, fonte)	O	O	O	O	O
Relevância do tema abordado para a disciplina	O	O	O	O	O
Relevância do tema para a formação geral do estudante	O	O	O	O	O

2) Cite no máximo dois pontos positivos e dois pontos negativos do capítulo lido.

Positivo

a. _____

b. _____

Negativo

a. _____

b. _____

Análise do Manual do capítulo 3
--

1) Avalie os itens a seguir de acordo com sua opinião sob o ponto de vista de um futuro professor selecionando recursos didáticos para utilizar em suas aulas de biologia para o ensino médio.

Item	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo
Linguagem	O	O	O	O	O
Diagramação (desenhos, disposição do texto, fonte)	O	O	O	O	O
Relevância das informações disponíveis no item “ideias principais”	O	O	O	O	O
Quantidade de atividades sugeridas	O	O	O	O	O
Relevância do tópico “sugestões de leitura”	O	O	O	O	O
Quadros de avisos para o professor	O	O	O	O	O

2) Sobre as atividades propostas, avalie a seguir cada uma delas, de acordo com suas percepções sobre os itens a seguir, utilizando o código abaixo:

P = PÉSSIMO

R = RUIM

G = REGULAR

B = BOM

O = ÓTIMO

NA = NÃO SE APLICA

Questão	Linguagem	Nível de dificuldade	Relação entre a questão e o diálogo	Relevância para a disciplina	Relevância para formação geral do estudante
1					
2					
3					
4					
5					

3) Escreva abaixo suas sugestões e dúvidas sobre o material explorado neste encontro.

Obrigada!

APÊNDICE 4: Questionário 04.

Questionário 04: Suas percepções sobre o Capítulo 4 e o Manual do Professor

I. Nome: _____

Análise do Capítulo 4: Pensando diferente

1) Avalie os itens a seguir de acordo com sua opinião sob o ponto de vista de um futuro professor selecionando recursos didáticos para utilizar em suas aulas de biologia para o ensino médio.

Item	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo
Linguagem	O	O	O	O	O
Diagramação (desenhos, disposição do texto, fonte)	O	O	O	O	O
Relevância do tema abordado para a disciplina	O	O	O	O	O
Relevância do tema para a formação geral do estudante	O	O	O	O	O

2) Cite no máximo dois pontos positivos e dois pontos negativos do capítulo lido.

Positivo

a. _____

b. _____

Negativo

a. _____

b. _____

Análise do Manual do capítulo 4
--

1) Avalie os itens a seguir de acordo com sua opinião sob o ponto de vista de um futuro professor selecionando recursos didáticos para utilizar em suas aulas de biologia para o ensino médio.

Item	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo
Linguagem	O	O	O	O	O
Diagramação (desenhos, disposição do texto, fonte)	O	O	O	O	O
Relevância das informações disponíveis no item “ideias principais”	O	O	O	O	O
Quantidade de atividades sugeridas	O	O	O	O	O
Relevância do tópico “sugestões de leitura”	O	O	O	O	O
Quadros de avisos para o professor	O	O	O	O	O

2) Sobre as atividades propostas, avalie a seguir cada uma delas, de acordo com suas percepções sobre os itens a seguir, utilizando o código abaixo:

P = PÉSSIMO

R = RUIM

G = REGULAR

B = BOM

O = ÓTIMO

NA = NÃO SE APLICA

Questão	Linguagem	Nível de dificuldade	Relação entre a questão e o diálogo	Relevância para a disciplina	Relevância para formação geral do estudante
1					
2					
3					
4					
5					

3) Escreva abaixo suas sugestões e dúvidas sobre o material explorado neste encontro.

Obrigada!

APÊNDICE 5: Questionário 05.**Análise final do material “O monge que plantava ervilhas”**

1. Com base na leitura dos capítulos do diálogo e do manual, bem como de suas respectivas discussões, escreva a seguir suas percepções sobre:

- a) A aplicabilidade do material.
- b) Para que série se destina a unidade didática?
- c) Qual o potencial da unidade didática para o ensino de ciências?
- d) A unidade didática está adequada para uso em sala de aula?
- e) O que você mais gostou na unidade didática?

2. Imaginando-se como um professor que deve selecionar recursos para ensinar genética, como você utilizaria a unidade didática? Justifique.

- a) Utilizaria como recurso principal em minhas aulas.
- b) Não utilizaria, mas recomendaria a leitura aos estudantes.
- c) Não utilizaria e nem recomendaria a leitura.

APÊNDICE 6: Entrevista.

1. Imagine que você deve descrever a unidade didática para um colega que faltou a aula. O que você diria?
2. O objetivo da proposta era tratar a humanização da ciência e a concepção de cientista. Isso foi claro na unidade didática?
3. Você acha que a unidade didática está adequada para uso em sala de aula? O que você mudaria/ acrescentaria?
4. O que você achou da linguagem e das figuras utilizadas na história?

APÊNDICE 7: Versão do diálogo utilizado na pesquisa.



- Capítulo 1 -

Quem quer ser um cientista?

- Arrrgh!

Mais uma vez Rodrigo estava às voltas com as tarefas de casa. Sempre que ia começar a fazer as atividades, algo interessante o atraía. Na verdade, tudo parecia interessante quando ele tinha que estudar menos os livros e os cadernos.

Naquele dia, a professora de biologia havia passado várias atividades sobre genética e um trabalho sobre Gregor Mendel, considerado por muitos o “pai” da Genética. Apesar de Rodrigo gostar da matéria, não estava entendendo quase nada e logo se revoltou:

R⁹: - Alguém me explica para que, PARA QUE, a gente tem que estudar tudo isso? Tantos números, tantos nomes que dá até um nó na mente! E pra completar ainda tem que pesquisar sobre gente que já morreu!

Seu irmão, Clébio, que acabara de chegar da faculdade escutou o que o irmão havia dito.

C: - Calma rapaz, escola é assim mesmo, muita coisa pra aprender, mas nem tudo é divertido.



⁹ Durante a história serão utilizados os seguintes códigos para indicar o personagem que fala: C para Clébio, R para Rodrigo e M para Mendel.

R: - Acho que não deveria ser assim. A gente passa tanto tempo naquele lugar... As coisas que ensinam poderiam ser, sei lá, mais divertidas e úteis. Boa mesmo é a aula de educação física, a gente se distrai, nem vê a hora passar!

C: - Hehehe, pelo jeito não é só na educação física que você se distrai... Volta pro seu dever de casa e arrasa nas respostas!

Meio a contra gosto Rodrigo voltou a ler as questões que a professora havia passado na aula, algumas horas antes:

●	<i>Com base nos estudos sobre genética, responda as questões</i>
●	<i>abaixo:</i>
●	<i>1) Cite um fator que influencia as características que serão</i>
●	<i>expressas nos descendentes em um cruzamento.</i>
●	<i>2) Defina dominância e recessividade, dando exemplos de como</i>
●	<i>afetam a herança de características.</i>
●	<i>3) Defina a Primeira Lei de Mendel e dê um exemplo de</i>
●	<i>aplicação ...</i>

R: - Bah! Ao menos essas eu só preciso copiar dos exemplos que a professora deu na sala. Sempre assim, copiar, colar, trocar os números e pronto. Que chatice! Acho que vou dar uma olhada no que preciso pesquisar para o trabalho.

●	<i><u>Trabalho de Biologia</u></i>
●	<i>Em, no máximo duas páginas, discorra sobre o monge Gregor</i>
●	<i>Mendel e suas contribuições para Genética a partir dos seus</i>
●	<i>experimentos com ervilha. Durante a dissertação, aponte os</i>
●	<i>motivos que levaram à sua pesquisa e a relevância para o contexto</i>
●	<i>em que Mendel viveu. Por fim, saliente as atuais aplicações dos</i>
●	<i>resultados que encontrou. Valor: 4,0. Individual não esqueçam de</i>
●	<i>citar as fontes pesquisadas.</i>

R: - Agora complicou... Nunca ouvi falar desse cara além das aulas... Mas provavelmente é mais um gênio solitário, como todo cientista. Tem que ser meio doido para seguir essa profissão... Ficar trancafiado em laboratórios, sem aproveitar a vida, por fora dos acontecimentos!

O irmão que passava pela porta do quarto de Rodrigo no momento não pode deixar de escutar o comentário e lembrar-se das discussões que tivera em uma das disciplinas da faculdade que falava sobre ensino de ciências. Encostou-se à parede do quarto e, olhando pela

janela, começou a falar como se estivesse pensando em voz alta, observando um grupo de adolescentes que fazia uma grande algazarra no banco da praça:

C: - Ninguém está sozinho nesse mundo, impossível se isolar dos outros, nem nesse tempo, nem no passado...

R: - Lá vem você com esses discursos esquisitos – disse Rodrigo que o escutou. Quando eu for pra faculdade espero ir para um curso menos viajante que o seu.

C: - Só estou dizendo que talvez você esteja se precipitando ao dizer que os cientistas são solitários. De onde você tirou essa ideia?

R: - Ora de onde tirei a ideia... Em qualquer programa da TV, nos gibis e até nos filmes, o cientista é sempre o maluco da história, o que não tem namorada e tem as melhores ideias. Ou seja, um *nerd*.



C: - Bom, nas novelas, todas as famílias tem belas casas, até mesmo os pobres, mas se você andar por aí, na vida real, vai ver que não é bem assim. O mesmo acontece com os gibis, onde os heróis tem superpoderes, voam e tudo mais. O que você vê na mídia são estereótipos que nem sempre condizem com a realidade.

R: - Você pode até ter razão sobre isso, mas no caso que eu preciso pesquisar certamente o cientista é bem sozinho, ele era um monge. E acho que nem deve ter estudado tanto quanto eu, esse pessoal mega inteligente termina de estudar super rápido. Eu li numa revista ontem que tem um físico bem famoso, Stephen Hawking, que terminou de estudar e virou doutor com 24 anos, sua idade Clébio. Verdadeiro gênio!

Desistindo da conversa, Clébio saiu do quarto pensando em como poderia ajudar o irmão com o trabalho. Antes de chegar à porta teve uma ideia que fez seus olhos brilharem. Ele precisava juntar alguns materiais antes de intervir na pesquisa e nas ideias de Rodrigo. Primeiro foi até o seu quarto e pegou um livro, entregou para Rodrigo ler enquanto arrumava os outros recursos.

C: - Faz o seguinte, vai lendo esse livro aí. Acho que você vai se surpreender ao conhecer o “amigo das ervilhas”, nosso querido Mendel.

Clébio saiu do quarto e deixou Rodrigo pensando naquela palavra... Estereótipo... Que será que significava? Logo ele deixou a questão de lado e pensou em como seria viver como um monge que plantava ervilhas.

R: - “Que coisa mais besta” – pensou – “será que ele não tinha questões mais importantes para ajudar o pessoal da época que ele vivia?”

Uma brisa suave entrou pela janela, refrescando o rosto de Rodrigo naquele dia ensolarado. Ele resolveu deitar na cama e ler o livro de Clébio para começar a pesquisa sobre a primeira lei de “Mendel, o bizarro”. Era um livro um pouco velho, falava sobre cientistas, entre eles, Mendel, contando a história de sua vida na fazenda quando era jovem. Mas como sempre, o tédio logo o fez ficar sonolento com a leitura e, em um piscar de olhos, Rodrigo dormiu com o livro sobre o rosto.



Ele só não imaginava a surpresa que teria ao acordar!



- Capítulo 2 -

Uma visita inesperada

C: - Rodrigo... Acorde...

Mal reconhecendo a voz que lhe chamava, aos poucos, Rodrigo foi abrindo os olhos. Quando finalmente conseguiu focar a imagem que recebia em seus olhos, levou um pequeno susto ao ver seu irmão vestido com uma longa bata preta e óculos redondos.



R: - Mas que fantasia é essa Clébio? Nem perto do carnaval nós estamos!

Com ar de quem não entendia o que o garoto falava, Clébio continuou:

M: - Meu jovem rapaz, não conheço nenhum Clébio, mas gostaria de me apresentar: sou Gregor Mendel, seu novo professor particular.

Aos poucos entendendo a brincadeira do irmão, Rodrigo entrou no clima da encenação e continuou:

R: - Oooh! É verdade! Deve ter feito uma longa viagem até aqui hein?

M: - Não muito longa, os trens são bem rápidos! Mas não vamos nos alongar nessa conversa sobre meu trajeto. Temos muita coisa para ver.

R: - É verdade! Minha professora de biologia passou muitas atividades essa semana. Acho que você vai gostar do tema: genética!

-M: Genética? – Disse o falso monge com ar de quem achara a palavra engraçada – Tem certeza que seria esse o tema de seus estudos? Nunca ouvi falar em tal ramo da ciência. Surpreso, Rodrigo quase gritou:

R: - Como não? Você mesmo fez pesquisas nessa área! Usando ervilhas e tudo mais!

M: - Rapaz, está sofrendo com alguma enfermidade? Certamente faço um estudo com ervilhas, mas jamais, seja em meus livros ou entre meus tutores, ouvi falar de genética. Além do mais, como ficou sabendo da minha pesquisa?

R: - Ah não Clébio, você não tá fazendo direito! É claro que o Mendel sabia o que era genética. Ele não conhecer o termo é tão sem sentido quanto dizer que um médico não sabe o que é medicina. Ele é o pai da genética! Como não vai conhecer a própria “filha”?

Saindo um pouco da brincadeira, Clébio disse com um tom levemente irritado pela interrupção:

C: - Rodrigo, não atrapalha o desenvolvimento do meu personagem! Mendel não tinha a menor ideia do que significava genética porque esse é um termo que foi criado depois dele morrer, por outro cientista chamado William Bateson, grande defensor das ideias mendelianas por sinal.

R: -Uai, como é que eu ia saber disso? Na escola sempre falam “Mendel, o pai da genética”, “Mendel fez pesquisas em genética”, logo eu pensei que ele havia criado essa ciência.

C: - Eu entendo você. Muitas palavras que a gente ouve hoje em dia relacionadas às pessoas e aos momentos do passado são colocadas de modo equivocado, como se sempre existissem. Tenho certeza que daqui pra frente vamos nos deparar com outras situações como essas. Mas agora vamos voltar à história?

Com um sorriso no rosto que expressava a admiração de Rodrigo pelo irmão mais velho, o jovem procurou na mente alguma expressão que pudesse substituir a palavra genética sem trocar o seu sentido.

R: - Desculpe senhor Mendel, eu quis dizer que o tema é a herança de características, de pai para filho, entendeu?

M: - Agora compreendo. Esse é um assunto bem longo e há algumas divergências sobre o tema.

R: - Como assim divergências? Até eu que sou mais devagar para entender a matéria já compreendi que os genes passam dos pais para os filhos, e é assim que herdamos as características da família. Por exemplo, eu herdei os genes da beleza da minha mãe, e o meu irmão mais velho herdou os genes do narigão do nosso pai.

M: - Acredito que seus pais lhe colocaram em uma escola muito esquisita. Aqui em Brünn¹⁰ existem tantas boas escolas. Eu mesmo estudei em uma que me ajudou muito nos

¹⁰ Cidade em que Mendel viveu, atualmente chama-se Brno, localizada na República Tcheca.

estudos, mesmo não estando entre as melhores. Agora você, meu jovem garoto, sempre usando palavras que não existem...

Nesse momento Rodrigo percebeu que mais uma vez usara uma palavra que, embora atualmente seja comum, não existia na época de Mendel, que viveu no século XIX. Infelizmente, ele não sabia qual era e não queria interromper a encenação do irmão novamente. Então continuou a conversa, ainda rindo por dentro pela piada sobre os genes e as características físicas dele e do irmão.

R: - Certo Mendel. Vou tomar mais cuidado ao usar as palavras. Mas você ainda não me falou que divergências existem sobre a herança das características.

M: - Bom, alguns colegas pesquisadores preferem a ideia de que o novo ser já vem prontinho no gameta sexual masculino, sendo que a fêmea, seja planta ou animal, apenas guarda essa “sementinha” até que esteja pronta para nascer. Na verdade, o estudo de herança de características já acontece há muito tempo, e estou certo de que existem outras hipóteses por aí.

R: - Entendo. Também é tanta gente pesquisando a mesma coisa, né? Seria estranho se ideias diferentes não surgissem.

M: - Pois é, e algumas ideias são mais aceitas que outras, dependendo dos argumentos que a embasam e, cá entre nós, dos interesses envolvidos.

R: - Mas e então, você podia me falar um pouco mais sobre o seu trabalho. Como você disse, o estudo de herança de características não foi novidade para você nem para ninguém da época. Então, o que você fez de novidade? Ou só repetiu a mesma coisa que todos os outros cientistas?

M: - Ah, ótima pergunta! Pois saiba que o rumo que dei à minha pesquisa ninguém havia dado antes! Tenho certeza que você irá se encantar! Por sorte, tenho aqui uma cópia do meu artigo que pretendo apresentar na Associação ainda em 1865! Pegando as folhas que compunham o artigo do entusiasmado Mendel, Rodrigo folheou e pareceu um pouco espantando ao perceber a quantidade de números e simbologias presentes.

R: - Mendel, seu trabalho tem muitos números e letrinhas, até parece um trabalho de matemática e não de biologia.

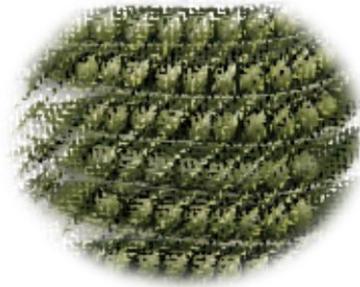
M: - Ora, ora, foi muito bom você ter notado isso! É exatamente nesse ponto que meu trabalho...

- Meninos! Venham lanchar!

Nessa hora a mãe dos rapazes chamava para o lanche da tarde, quebrando o ritmo da brincadeira, que cada vez mais entusiasmava Rodrigo e Clébio. Nenhum dos dois sabia

exatamente até que ponto a encenação duraria, mas queriam aproveitar ao máximo. Foram rapidamente para a cozinha comer o sanduíche com suco de maracujá que a mãe fez.

Ao ver seu filho mais velho naqueles estranhos trajes, Simone logo imaginou que os dois estavam aprontando alguma coisa e aproveitou o momento do lanche para se inteirar dos fatos da tarde, os quais Rodrigo prontamente contou.



- Capítulo 3 -

Ervilhas, ervilhas, ervilhas!

De volta ao quarto, os irmãos logo retomaram a brincadeira. Rodrigo não sabia explicar, mas estava achando muito interessante aquele jeito de aprender, pois nem parecia que estava mesmo estudando todas aquelas coisas que na escola ficavam tão chatas. Ele queria mesmo que a professora dele visse tudo aquilo e assim, quem sabe,
5 ela teria ideias tão divertidas e interessantes quanto às do seu irmão para ensinar os conteúdos.

C: - Então vamos prosseguir. Eu realizei meus experimentos com ervilhas, as *Pisum sativum*. Deu muito trabalho e demorei anos para chegar aos resultados que irei apresentar.

10 R: - *Pisum sativum*? Se o senhor não fosse monge, poderia ter dois filhos e nomeá-los assim: a Pisum e o sativum, hehehe.

C: - Nossa Rodrigo, mas que piada sem graça. Mais respeito com um monge e vamos voltar ao assunto. *Pisum sativum* é o nome científico da ervilha, que é dado em latim.

15 R: - Desculpe Mendel, só quis deixar o clima mais leve, esse assunto parece ser bem difícil...

C: - Vamos esquecer isso. Prosseguindo, o estudo que fiz já foi realizado antes por outros hibridizadores e tem como objetivo entender como as características são passadas de uma geração à outra nas plantas.

20 R: - Um momento Mendel. Parece que não sou o único a usar palavras estranhas por aqui. O que é um hibridizador? Por acaso é, como no caso da ervilha, o nome científico em latim para cientista?

C: - Não rapaz. Os hibridizadores eram pesquisadores preocupados com a produção de novas variedades a partir do cruzamento de duas outras, entendeu?

25 R: - Hm... Acho que sim. Mas Mendel, seu trabalho não era sobre herança das características? O que isso tinha a ver com o trabalho dos hibridizadores?

C: - Ora Rodrigo, pense: que relação deve existir entre a produção de novas variedades e herança de características?

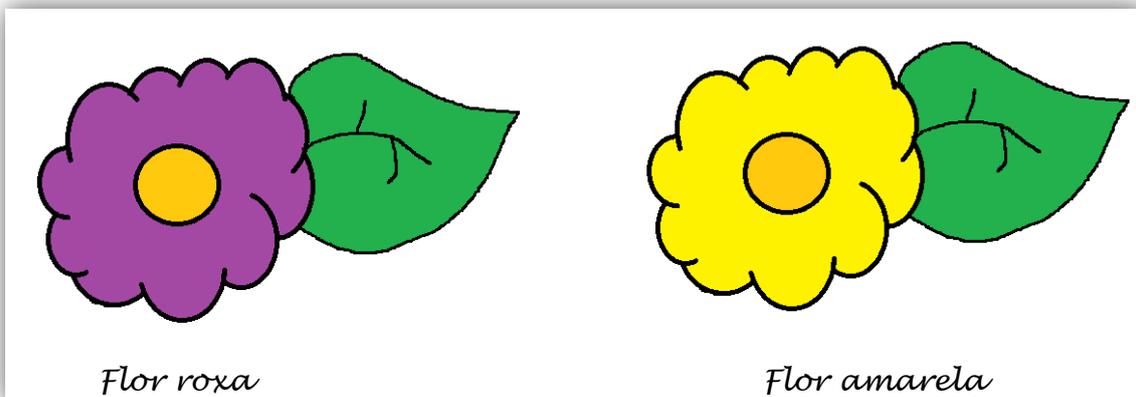
30 Rodrigo pensou um pouco sobre o assunto. Ele se lembrou do que a professora havia falado naquele dia mais cedo: “as características de um indivíduo dependem do que ele herda dos pais”. Então respondeu:

R: - Ah, claro! O jeito que o filho vai ser depende do que ele “puxa” do pai e da mãe. E aí dependendo de como acontece essa mistura, ele vai ser loiro, moreno, careca ou cabeludo. Ou seja, uma nova variedade na família.

35 C: - É – disse Clébio – mais ou menos isso... Não é exatamente uma mistura, mas por enquanto tá valendo. Mendel, quer dizer, eu, segui essa linha, só que com plantas.

Pegando um papel e lápis que estava em cima da mesa, Clébio desenhou duas flores e lançou uma pergunta ao irmão.

40 C: - Meu caríssimo pupilo está indo muito bem nas respostas. Agora lanço lhe um desafio: você e eu dissemos, com outras palavras, que no cruzamento, a partir de duas variedades, chegamos à produção de um novo indivíduo com a característica dessas duas. Então, se fizermos o cruzamento, ou seja, se controlarmos a reprodução das plantas, usando inicialmente uma com flor roxa e outra amarela, qual seria a cor das
45 flores das plantas descendentes?



R: - Que coisa mais enrolada! Eu acho que nesse caso, as “filhinhas” vão ser roxas e amarelas, um pouco de cada...

Rodrigo olhou para Clébio e percebeu que o irmão vestido de monge esperava algo mais de sua resposta. Então para não prolongar aquele silêncio constrangedor,
50 continuou:

R: - Mas acho que mesmo aparecendo as duas cores devem nascer mais das roxas, porque é uma cor mais forte do que a amarela.

O jovem Mendel achou interessante a resposta do irmão e quis saber mais.

C: - Como assim Rodrigo?

55 R: - Ué, a característica mais forte é que deve dominar e o roxo é uma cor bem mais forte, escura, do que a amarela.

C: - Gostei da sua explicação, mas vamos melhorá-la um bocadinho. Para a sua surpresa, só aparece flor roxa!

Rodrigo olhou com cara de quem achava que o irmão estava louco.

60 R: - Mendel, com todo o respeito, o senhor tem certeza disso? Porque pensa bem: não é estranho a característica simplesmente sumir? Uma planta tem muitas flores e nem umazinha ser amarela?

Com muita paciência Clébio continuou, ainda interpretando Mendel:

65 C: - É, parece estranho mesmo. E os outros pesquisadores, meus colegas e até os já falecidos, também achavam. Mas é isso que observamos na natureza. O difícil é conseguir explicar.

R: - Hm... Quer dizer então que esse é um dos grandes mistérios da ciência? Acho impressionante isso... Pensei que os cientistas tinham respostas para tudo na ponta da língua.

70 C: - Claro que não jovenzinho. Os cientistas buscam formas de explicar fenômenos e aplicar novos conhecimentos na produção de tecnologias, mas é impossível saber tudo. E mais, essa nem deve ser a pretensão das pessoas.

R: - Pensando bem, realmente, têm que ter umas dez vidas para aprender tudo!

75 C: - Sem contar que o conhecimento científico muda de tempos em tempos. Por exemplo, como a gente conversou antes, antigamente pensava-se que o ser feminino não tinha participação ativa na reprodução. Agora já sabemos que não é bem assim.

R: - Ai, essas conversas profundas me deixam muito tenso. Já estamos no meio da tarde e ainda nem entendi porque a flor amarela some...

Rodrigo se espreguiçou e esticou as pernas sobre a cama. Achava toda aquela
80 conversa interessante, mas estava preocupado com o trabalho escolar. Quando parecia que estava entendendo, surgia algo novo para confundir. Ele torcia pelo irmão conseguir ensiná-lo de verdade aquilo.

C: - Então vamos continuar caro aluno. Confesso já ter ideia do que acontece...

R: - Jura? Então não enrola e me fala logo!

85 C: - Devagar! Estou prestes a revelar o meu grande segredo a você!

Rodrigo estava muito curioso e se ajeitou novamente na cama, olhos grudados em cada movimento do irmão, que se abanava com uma folha, pois a roupa de monge o fazia sentir muito calor.

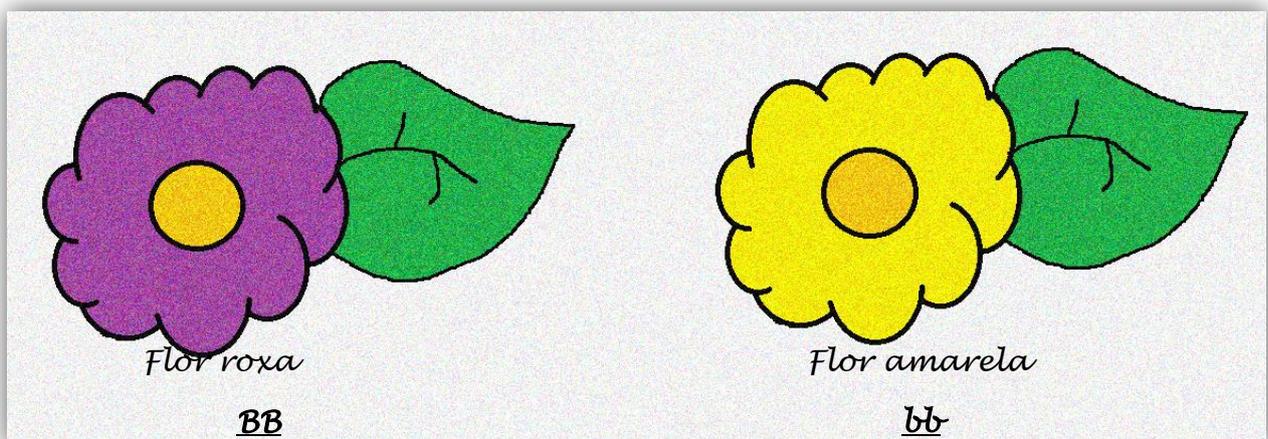
C: - É o seguinte. Vamos chamar cada característica por uma letra. Qual sua
90 letra favorita?

R: - B.

C: - Certo, então vamos usar o B. Assim, vou dizer que a flor roxa é representada por BB e a flor amarela por b, pode ser?

R: - Ok, tipo assim?

95 Rodrigo pegou a folha da mão do irmão e desenhou as duas letras logo abaixo do desenho das flores.



C: - Isso mesmo. A ideia por trás disso é que, quando ocorrer o cruzamento entre as duas flores, daquele jeitinho que a gente conversou, com o pólen de uma caindo na

115 C: - Perfeito. E essas flores aí, que começaram toda a história, a gente chama de linhagem pura. Mas não vamos perder o fio da meada, depois falo mais disso. Apesar de só aparecerem flores roxas, você percebe pelo jogo de letras, que o b, representante da cor amarela, também está presente, ok?

R: - Sim, mas ainda não entendi aonde você quer chegar...

120 C: - Já te digo. A minha hipótese é que esse B da cor roxa é dominante sobre o b, da cor amarela. Isso quer dizer que, quando ele aparece, se sobrepõe a qualquer outra característica do mesmo grupo, e é por isso que o amarelo não aparece, porque é recessivo.

R: - Ahn...

125 Clébio percebia que Rodrigo não entendia muito bem, mas estava satisfeito com a atenção e o esforço que o irmão fazia para acompanhar as ideias e tentou explicar com outro exemplo.

130 C: - Olha Rodrigo, para ficar mais fácil imagine uma floresta onde existem muitas árvores enormes e outras pequenas. Sabemos que existem esses dois tipos de árvores lá, mas, se olharmos de cima, veremos apenas as copas das árvores grandes, pois as pequenas ficaram escondidas sob elas; ou seja, as grandes dominaram a nossa visão.

R: - Hm... Agora ficou mais fácil imaginar. Os dois estão lá, mas só um aparece... o outro fica tipo “dormindo”.

135 C: - É, como se fosse isso.

Rodrigo e Clébio sorriram ao mesmo tempo, as ideias estavam fluindo entre eles e ainda havia alguns detalhes a trabalhar, então Clébio-monge retomou:

140 C: - Muito bem rapaz! Estou muito orgulhoso desse meu aluno particular! Tão orgulhoso que vou incrementar ainda mais a coisa. Mais um desafio: A gente viu até agora que, cruzando a flor roxa com a flor amarela, surgirão na primeira geração, flores roxas apenas. E agora, se eu fizer auto cruzamento nessas flores roxas, quais as cores das flores aparecerão?

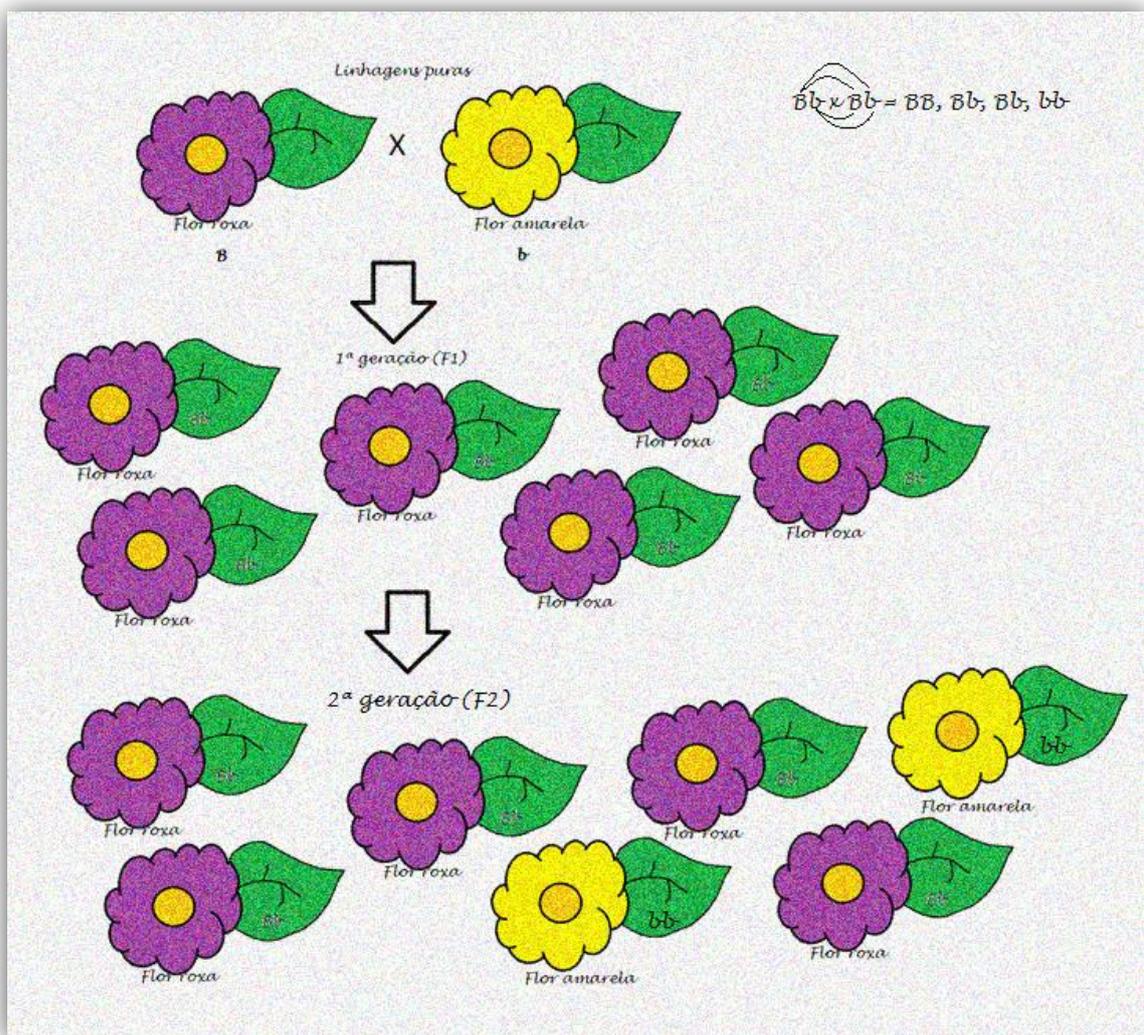
145 R: - Só um minuto, me deixa pensar... Você disse que todas as flores roxas dessa primeira geração têm um B e um b... Empresta-me essa folha, me deixa desenhar aqui também...

Rodrigo pegou a folha e começou a colocar no papel seus pensamentos.

R: - Eu me lembro da professora explicando sobre o cruzamento das características... Se o cruzamento é na mesma flor, o auto cruzamento, como você falou, então vai ficar $Bb \times Bb$.

150 Rodrigo percebia pela cara de espanto do irmão que estava indo pelo caminho certo. Clébio esperava que o irmão errasse a resposta novamente, e se surpreendeu com o raciocínio do irmão. Os olhares dos dois se cruzaram e Rodrigo pedia com os olhos alguma confirmação do irmão sobre o caminho que estava seguindo. Clébio balançou a cabeça levemente de forma afirmativa e Rodrigo, motivado, continuou:

155 R: - Essa multiplicação o professor de matemática ensinou pra gente, só fazer a técnica do chuveirinho.



R: - E aí está: BB, Bb, Bb e bb... Como a gente já tinha falado, quando tem B, a flor é roxa, porque é a característica dominante.

160 C: - Nossa! Estou muito impressionado! É isso mesmo cara! Mas tem um bb ali, o que pode significar?

R: - Pela lógica que seguimos se não tem B, a cor amarela aparece, logo esse bb representa amarelo... Pera aí, então quer dizer que as flores amarelas voltam a aparecer?

C: - Meio maluco não é? Do cruzamento de roxo com amarelo só sai roxo, mas do cruzamento de roxo com roxo, sai um pouco de amarelo... Hehe, essa natureza...

165 R: - Poxa, que legal! Nem acredito que pensei nisso tudo aí.

C: - Você conseguiu seguir o raciocínio, mas lembre-se: quem pensou nisso primeiro foi eu, Gregor Mendel! E vou publicar essas minhas ideias logo logo! Ah, e não para por aí não, ainda tem mais um detalhezinho...

R: - Lá vem mais um detalhezinho que deve ser enorme.

170 C: - É bem importante eu diria. Olha só, os hibridizadores já sabiam sobre essa brincadeira de esconde-esconde das características, mas eu criei essa explicação dos fatores baseada em outra observação: eu percebi que essas características não apareciam de maneira aleatória, como muitos colegas meus acreditavam.

R: - Como assim?

175 C: - Bom, a quantidade de flores roxas e amarelas que surgem não é mero capricho do acaso. Existe uma relação entre elas.

R: - E como é que você percebeu isso?

180 C: - Com meu experimento! No mosteiro durante os últimos oito anos plantei e medi diversas características em diversos pés de ervilha. Os outros monges já não aguentam mais comer sopa de ervilha.

R: - Não acredito! Você passou oito anos só plantando ervilhas? Não tinha mais o que fazer?

185 C: - Olha o respeito rapaz. Claro que eu tinha várias obrigações, mas também tinha tempo para me dedicar aos cuidados do jardim e das questões sobre herança de características o que, aliás, foi uma das tarefas que meu querido tutor, o abade Franz Napp me ordenou.

R: - Então você era o jardineiro?

C: - Prefiro não interpretar dessa maneira. Mas sim, eu cuidava dos pomares do monastério e aproveitei uma parte do terreno que estava vazia para plantar as ervilhas e
190 fazer meu experimento.

R: - Ué, se você já cuidava de um pomar inteiro, por que quis usar as ervilhas ao invés das outras plantas que já estavam lá, plantadinhas?

Clébio se levantou e foi até a mesinha buscar o livro que havia dado para o irmão ler antes de a brincadeira começar e abriu em uma página onde havia um desenho
195 de um pé de ervilha e uma foto de sua flor para mostrar a Rodrigo.

C: - Porque a ervilha se reproduz rapidamente, em 70 dias ela já cresce e se reproduz. Como eu precisei fazer muitas medidas, era importante escolher uma espécie de rápido ciclo de vida. Outro motivo é que a ervilha realiza auto fecundação quase que de maneira obrigatória, olha só o desenho da flor dela, em tamanho real, ela é bem
200 pequenininha.

R: - Hm... Estou vendo, o pólen fica bem pertinho do estilete, seria quase impossível o próprio pólen não a fecundar.

C: - Isso mesmo. Meu maior trabalho foi controlar isso nos casos em que eu não desejava o auto cruzamento, como na produção da primeira geração. Tive que realizar
205 uma reprodução artificial, cortando os estames das flores e introduzindo manualmente o pólen.

R: - Reprodução programada em plantas, nunca tinha pensado nisso.

C:- E já é algo mais antigo do que você imagina! Desde antes dos egípcios já eram realizadas essas seleções sexuais para criar plantas com características mais
210 interessantes ao homem. E o uso das ervilhas nesses experimentos também não é novidade. Thomas Knight, um inglês, já havia publicado experimentos de hibridação com ervilhas. Foi ele quem sinalizou esses pontos positivos do cultivo de ervilhas.

R: - Interessante. Mas então, qual é essa relação que você achou?

C: - E você acha que vou te contar? Descubra sozinho, você consegue!

215 R: - Como vou fazer isso? Há algumas horas eu nem sabia direito quem era você!

C: - Isso foi um pouco ofensivo, mas tudo bem, sem ressentimentos. Veja aqui nessa folha. Essas foram as sete características estudadas por mim. Plantei ervilhas para verificar a ocorrência de cada uma delas, foram mais de mil pés de ervilhas!

220 Rodrigo olhou as informações do seu “professor particular”, mas não percebeu logo qual era a relação entre os números.

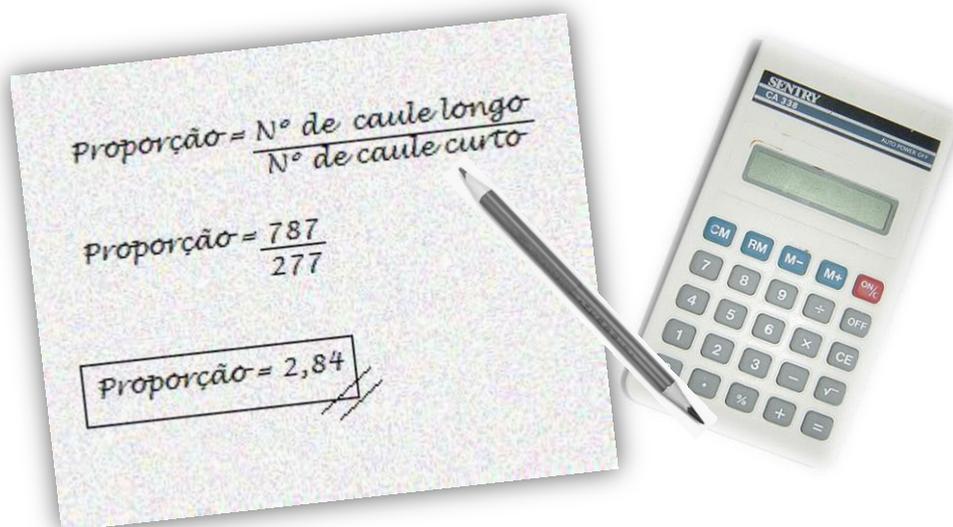
Característica	Quantidade de características manifestadas		Total
Comprimento do caule	Caule longo	Caule curto	1064
	787	277	
Posição das flores	Axial	Apical	858
	651	207	
Cor da vagem não madura	Verde	Amarela	580
	428	152	
Forma da vagem	Intumescida	Constrições	1181
	882	229	
Cor do tegumento das sementes	Flor violeta com tegumento cinza-pardo	Flor branca com tegumento branco	929
	705	224	
Cor do endosperma	Amarelo	Verde	8023
	6022	2001	
Forma da semente	Lisa	Rugosa	7324
	5474	1850	

- Mendel, ainda não entendi a relação...

225 - Vou te dar uma dica: faça a proporção entre o aparecimento de cada característica e veja o que acontece. Por exemplo, nesse primeiro caso, o comprimento do caule. 787 plantas tinham caule longo e 277 tinham o caule curto. Agora calcule a proporção dessa situação, você se lembra como faz?

- Claro, não sou tão esquecido. Basta dividir um pelo outro. Nesse caso, 787 dividido por 277 vai dar...Cadê minha calculadora?

Rodrigo pegou a calculadora na mochila e fez a conta e deu a resposta ao irmão.



230 - 2,84.

- Parabéns! Agora continue com as outras características e me diga o que acha...

Após realizar os cálculos de proporção para toda a tabela do “irmão Mendel”, Rodrigo olhou os resultados e se surpreendeu com o que viu. Começava a pensar que Mendel realmente havia feito uma descoberta brilhante, mas não entendia por que o monge pensou naquilo e os outros pesquisadores não. Afinal, apesar de sempre falarem sobre a importância de Mendel para o estudo da herança, o que ele fez não parecia algo mirabolante, que necessitasse grandes aparatos tecnológicos ou conhecimentos não existentes na época – ao menos ele achava que todo mundo da época de Mendel sabia o básico da matemática. Mas antes de poder comentar qualquer coisa, o Clébio-Mendel se

235

240 levantou.



- Um momento meu querido pupilo, as forças da natureza me chamam. Depois de tanto suco da sua mãe, preciso dar uma passadinha no banheiro.



- Capítulo 4 -

Pensando diferente

Enquanto Clébio foi ao banheiro, Rodrigo sentou-se na sala pensando sobre aquela proporção. Quando Clébio retornou, o irmão foi logo perguntando:

R: - Então quer dizer que a grande inovação foi essa proporção que você achou?

C: - Isso mesmo! Não é fantástico? As características aparecem, aproximadamente em
5 uma proporção de 3 para 1. O que significar dizer...

R: - Que para cada 3 características dominantes que aparecem, será manifestada uma recessiva. – Completou Rodrigo.

C: - Que bom que já percebeu isso!

Após um breve silêncio, Clébio disse:

10 C: - Foi uma grande caminhada científica até esse ponto. Imagina quanta pesquisa, quanta gente se envolveu nessa história toda, algumas trouxeram grandes contribuições antes mesmo de Mendel nascer. Por exemplo, Koelreuter foi um hibridizador que morreu em 1808 e trouxe a ideia de que é necessário um gameta masculino e outro feminino para uma planta se reproduzir, como a gente falou mais cedo. Essa teoria foi muito importante para o trabalho de
15 Mendel, que partia do princípio que a formação das características dos descendentes dependia de fatores herdados dos dois sexos.

R: - Incrível como as coisas se conectam não é Clébio? Será que se essas pessoas não tivessem nascido, teríamos todo conhecimento que temos hoje?

20 C: - Não sei Rodrigo, talvez outras pessoas chegassem às mesmas conclusões. Mas é bem verdade que as coisas seguem um ritmo compassado, como aprender a dançar. Primeiro aprende-se um passo, depois outro, e depois estamos até inventando passos novos. E na ciência primeiro uma descoberta, um novo aparato experimental, uma nova observação e logo surgem novas teorias para explicar a natureza.

R: - É... Verdade...

25 C: - Ah, lembrando, o Thomas Knigh, que falei lá no quarto, também viveu antes de Mendel e descreveu as vantagens de utilizar ervilhas para estudos de herança de características, como o fato de ter um ciclo de vida, do nascimento a fase de reprodução, relativamente curto e ser de fácil cultivo. E mais: o Koelreuter citado antes também já havia notado e escrito sobre o reaparecimento das características na segunda geração de híbridos, sem surgimento de novas espécies. Se você parar para pensar, foi quase o que Mendel fez só
30 que o monge interpretou as informações de uma forma diferente indo além das fronteiras traçadas até aquele momento.

Nessa hora Clébio parou e observou que Rodrigo possuía um ar de descontentamento em seu rosto.

35 C: - Depois de toda nossa conversa, você parece incomodado com algo. O que foi?

R: - Não estou desmerecendo o trabalho de Mendel, mas... Algo tão simples como esse cálculo de proporção não foi realizado por ninguém antes dele? Por quê?

C: - Pois saiba que não é tão simples assim! – Disse Clébio, sendo ele mesmo. Na época de Mendel os biólogos não tinham o costume de envolver a matemática em seus estudos. Mendel foi ousado e inovou ao aliar as duas ciências.
40

R: - Mas se não era habitual misturar as contas com as plantas, de onde Mendel tirou essa ideia?

C: - Ah sim. Isso provavelmente foi influência dos estudos dele na universidade. Sabia que ele estudou Física? Inclusive, um de seus professores é bem conhecido e provavelmente
45 você já ouviu falar dele nas aulas de Física: Cristian Doppler.

R: - Doppler? Do Efeito Doppler?

C: - Isso mesmo.

R: - Ué, mas se ele estudou Física na Universidade, como foi parar nos estudos em botânica, com ervilhas?

50 C: - Ai... Se eu me lembro bem, ele já tinha contato com essas questões desde criança, pois cresceu na fazenda e até na escola, durante a educação inicial, aprendia sobre cultivo de plantas. Daí ele estudou um bocado, numa vida meio difícil, afinal o dinheiro para ele sobreviver era curto. Por fim, ele foi para o monastério, sob os cuidados do abade Franz Napp, acho que tem uma imagem dele nesse livro que eu te dei. Napp foi quem introduziu
55 Mendel nas questões sobre Botânica, e o incumbiu de cuidar do jardim do monastério. Daí foi só juntar o útil ao agradável.

R: - Então quer dizer que ele foi incentivado a fazer uma pesquisa *científica* dentro do monastério?

C: - Exatamente.

60 R: - Mas eu sempre pensei que os mosteiros fossem lugares sombrios, com um monte de religiosos, sem espaço para ciência...

C: - Alguns mosteiros são assim. Mas o que Mendel ficou era um local bem “mente aberta”. Claro que ele precisava cumprir as obrigações religiosas, mas também tinha tempo para se dedicar a pesquisa, com acesso a livros e sociedades que discutiam temas relacionados
65 a plantação.

R: - Então ele não era um gênio isolado do mundo?

C: - De maneira alguma! Ele era bastante ativo na sociedade, participava de grupos de pesquisa, lia textos sobre as pesquisas anteriores com as plantas, e muito mais, eu suponho.

R: - É, isso me faz pensar sobre os cientistas... Acho que no final das contas, eles são
70 pessoas tão normais quanto nós, só que mais inteligentes. Aposto como ele entrou na faculdade de primeira e não teve dificuldades para achar emprego nem nada.

C: - Na verdade ele teve um pouquinho de dificuldade sim. Era um bom aluno, acredita-se, mas enfrentou alguns problemas para receber o diploma, por não ter tirado boas notas em algumas provas.

75 R: - Caracas, esse Mendel é o cientista mais... Hm... Normal que eu já ouvi falar. Era pobre, teve dificuldades na escola, conhecia muita gente... Bem diferente do Spock e o Jimmy Neutron.

C: - Isso porque ele é um cientista na vida real. Aliás, outro fator importante que impulsionou a pesquisa dele foi a época e o local onde viveu.

80 R: - Como assim?

C: - Na época dele, a agricultura era muito importante para a sobrevivência das famílias. Como eu já disse, ele mesmo vem de uma família camponesa. Então entender como as plantas “funcionam” era importante para melhorar as técnicas e culturas agrícolas.

R: - Hm... Então a pesquisa dele também foi importante para as outras pessoas que não
85 eram cientistas.

C: - Isso mesmo. Apesar de que demorou um tempo para que as pessoas percebessem a importância do que ele escreveu. Isso só aconteceu depois da morte dele, como também já comentamos, quando outros cientistas que tentaram fazer o mesmo que ele, descobriram o artigo que ele publicou e então divulgou para o mundo.

90 R: - Pobre Mendel, nem soube que era famoso. Mas essa foi o único experimento que ele fez?

C: - Não, não. Ele também mexia com meteorologia e na verdade era mais conhecido pelos estudos meteorológicos do que pela botânica.

95 R: - Assim como você não é? Toca guitarra tão bem, mas é mais famoso como cestinha do time de basquete da faculdade.

C: - É, mais ou menos assim. Só que Mendel acabou desistindo dos trabalhos com híbridos porque quando foi tentar achar a mesma proporção com outra espécie de planta, não deu certo, porque a forma como elas se reproduziam e os fatores eram herdados, seguia uma lógica um pouco diferente, e ele não sabia disso. Já eu, não vou desistir de tocar guitarra e
100 nem de aprender a tocar teclado.

R: - Isso mesmo Clébio, determinação! Mas peraí! Quer dizer que os resultados que Mendel achou não valem para outros casos?

C: - Atualmente sabemos que vale sim. Mas Mendel foi muito cuidadoso e escreveu claramente que os resultados que achou eram válidos para ervilhas apenas.

105 R- Legal. Ele era bem detalhista hein?

C: - Uhum. Mas também, na Física já existe uma mania de exatidão, mexer com números e essas coisas, como calibrar equipamentos. Junte a isso a experiência dele com meteorologia, onde as informações também necessitam um alto grau de precisão. Ele ficou muito bem treinado em perceber detalhes e escrever de forma cautelosa.

110 R: - Verdade. Mas eu ainda tenho uma pergunta ao Mendel. Depois quero descansar. Está quase na hora da reprise de Star Trek e eu não quero perder. É nesse episódio que o Spock vai ter uma namorada.

C: - Tudo bem, vamos voltar ao Mendel. Mas bem que você poderia melhorar um pouquinho seu gosto televisivo e assistir Star Wars, que é muito mais emocionante.

115 R: - Vou fingir que nem ouvi isso para não alongar essa discussão.

Então o jovem monge reapareceu em um último ato da longa tarde entre irmãos:

C: - Desculpe pela soneca Rodrigo, mas já estou cansado. Minha saúde sempre foi frágil.

R: - Tudo bem Mendel, só queria saber mais uma coisa. Tá certo que você disse que a proporção é de *aproximadamente* três para um. Mas lá no jardim da dona Maura, que dá pra ver aqui pela janela, tem oito pés de ervilhas. Seguindo esse raciocínio, seis pés deveriam ter flor roxa e dois, flor branca, mais ou menos. Só que, olha lá, tem sete com flores roxas e só uma com flor branca. Ou você fez umas contas erradas aí ou a natureza está doida, e eu prefiro acreditar que o erro está nos cálculos.

125 “Mendel” ficou impressionado com a audácia do menino em dizer que ele talvez estivesse errado. Mas percebeu o erro do garoto e logo remediou a situação. Era comum que as pessoas pensassem assim ao comparar as informações do experimento com observações de pequenos grupos de plantas.

C: - Você estaria certo se não estivéssemos falando de probabilidade. Isso quer dizer
130 que os valores de proporção que encontrei só são percebidos quando temos grupos muito grandes de espécies. Com poucas amostras como no caso do jardim, não dá para chegar a conclusão dos 3 para 1.

R: - Bem interessante, mas confunde um pouco a mente. Acho que só porque ainda não estou muito acostumado a pensar tanto sobre o que aprendo.

C: - Aos poucos você se acostuma. Bom meu jovem, agora vou indo. Tenho ainda que
135 cuidar de algumas atividades do mosteiro. Espero que tenha apreciado essa tarde de estudos e que possamos nos reencontrar algum dia.

R:- Tenha certeza que aprendi muito hoje! Se depender de mim, teremos outros
140 encontros tão instigantes quanto esse. Muito obrigada Mendel, você foi muito paciente comigo.

C: - Apenas cumprindo meu dever como professor! Até mais!

R: - Até!

E assim eles deram por encerrado a brincadeira. Rodrigo sentia-se feliz por ter passado a tarde com o irmão e ainda ter estudado de forma tão agradável.

R: - Poxa Clébio, valeu mesmo por ter me ajudado! Tenho tanta coisa para escrever
145 sobre Mendel e as ervilhas que nem sei se vai caber em duas páginas apenas. Nem sei como agradecer.

C: - É, agora é com você resumir tudo isso para entregar à professora. Agora vou tirar
essa bata que me deixou com muito calor e tomar um bom banho.

R: - Beleza! Semana que vem tenho que entregar um trabalho de Física, sobre
150 Copérnico e Ptolomeu. Será que você pode me dar uma ajudinha como essa?

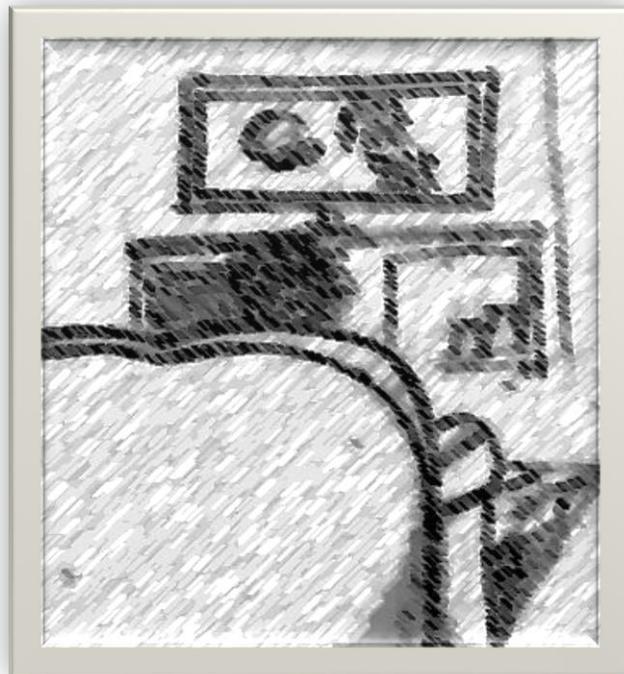
C: - Vou pensar no seu caso. Sobre me agradecer... as louças da semana seriam
minhas, mas agora ficam para você. Afinal, um monge também precisa de descanso.

Rindo baixo, Clébio entrou no banheiro para se refrescar enquanto Rodrigo estava na
155 sala arrependido por falar que não sabia como agradecer. Logo mudou de expressão, valia à pena lavar as louças para o irmão, afinal, ele tinha certeza que agora iria garantir uma boa nota em biologia quando entregasse o trabalho.

“Espaço. A fronteira final. Essas são as viagens da nave estelar Enterprise...”

160 R: - Já está começando! Depois desse episódio vou terminar meu trabalho. Tenho certeza que a professora vai gostar, ainda mais quando souber que conversei pessoalmente com o Mendel!

165 Rapidamente Rodrigo se envolveu com a série que passava na TV, deixando para mais tarde a tarefa de reduzir para duas páginas a longa história da tarde. Foi uma boa viagem no tempo aquela semana, mas em breve, ele e o irmão iriam embarcar em outras aventuras do mesmo estilo. Mas isso é outra história!



APÊNDICE 8: Versão final do diálogo.



- Capítulo 1 -

Quem quer ser um cientista?

- Arrrgh!

Mais uma vez Rodrigo estava às voltas com as tarefas de casa. Sempre que ia
5 começar a fazer as atividades, algo interessante o atraía. Na verdade, tudo parecia interessante quando ele tinha que estudar menos os livros e os cadernos.

Naquele dia, a professora de biologia havia
10 passado várias atividades sobre genética e um trabalho sobre Gregor Mendel, considerado por muitos o “pai” da Genética. Apesar de Rodrigo gostar da matéria, não estava entendendo quase nada e logo se revoltou.



R¹¹: - Alguém me explica para que, PARA QUE, a gente tem que estudar tudo
15 isso? Tantos números, tantos nomes que dá até um nó na mente! E pra completar ainda tem que pesquisar sobre gente que já morreu!

Seu irmão, Clébio, que acabara de chegar da faculdade escutou o que o irmão havia dito.

C: - Calma rapaz, escola é assim mesmo, muita coisa pra aprender, mas nem
20 tudo é divertido.

¹¹ Durante a história serão utilizados os seguintes códigos para indicar o personagem que fala: C para Clébio, R para Rodrigo e M para Mendel.

Capítulo 1: Quem quer ser um cientista?

R: - Acho que não deveria ser assim. A gente passa tanto tempo naquele lugar... As coisas que ensinam poderiam ser, sei lá, mais divertidas e úteis. Boa mesmo é a aula de educação física, a gente se distrai, nem vê a hora passar!

25 C: - Hehehe, pelo jeito não é só na educação física que você se distrai... Volta pro seu dever de casa e arrasa nas respostas!

Meio a contra gosto Rodrigo voltou a ler as questões que a professora havia passado na aula, algumas horas antes:

●	<i>Com base nos estudos sobre genética, responda as questões</i>
●	<i>abaixo:</i>
●	<i>1) Cite um fator que influencia as características que serão</i>
●	<i>expressas nos descendentes em um cruzamento.</i>
●	<i>2) Defina dominância e recessividade, dando exemplos de como</i>
●	<i>afetam a herança de características.</i>
●	<i>3) Defina a Primeira Lei de Mendel e dê um exemplo de</i>
●	<i>aplicação ...</i>

30 R: - Bah! Ao menos essas eu só preciso copiar dos exemplos que a professora deu na sala. Sempre assim, copiar, colar, trocar os números e pronto. Que chatice! Acho que vou dar uma olhada no que preciso pesquisar para o trabalho.

●	<i><u>Trabalho de Biologia</u></i>
●	<i>Em, no máximo duas páginas, discorra sobre o monge Gregor</i>
●	<i>Mendel e suas contribuições para Genética a partir dos seus</i>
●	<i>experimentos com ervilha. Durante a dissertação, aponte os</i>
●	<i>motivos que levaram à sua pesquisa e a relevância para o contexto</i>
●	<i>em que Mendel viveu. Por fim, saliente as atuais aplicações dos</i>
●	<i>resultados que encontrou. Valor: 4,0. Individual não esqueçam de</i>
●	<i>citar as fontes pesquisadas.</i>

R: - Agora complicou... Nunca ouvi falar desse cara além das aulas... Mas provavelmente é mais um gênio solitário, como todo cientista. Tem que ser meio doido para seguir essa profissão... Ficar trancafiado em laboratórios, sem aproveitar a vida, por fora dos acontecimentos!

35 O irmão que passava pela porta do quarto de Rodrigo no momento não pode deixar de escutar o comentário e lembrar-se das discussões que tivera em uma das

disciplinas da faculdade que falava sobre ensino de ciências. Encostou-se à parede do quarto e, olhando pela janela, começou a falar como se estivesse pensando em voz alta, observando um grupo de adolescentes que fazia uma grande algazarra no banco da praça:

40

C: - Ninguém está sozinho nesse mundo, impossível se isolar dos outros, nem nesse tempo, nem no passado...

R: - Lá vem você com esses discursos esquisitos – disse Rodrigo que o escutou. Quando eu for pra faculdade espero ir para um curso menos viajante que o seu.

45

C: - Só estou dizendo que talvez você esteja se precipitando ao dizer que os cientistas são solitários. De onde você tirou essa ideia?

R: - Ora de onde tirei a ideia... Em qualquer programa da TV, nos gibis e até nos filmes, o cientista é sempre o maluco da história, o que não tem namorada e tem as melhores ideias. Ou seja, um *nerd*.



50

C: - Bom, nas novelas, todas as famílias tem belas casas, até mesmo os pobres, mas se você andar por aí, na vida real, vai ver que não é bem assim. O mesmo acontece com os gibis, onde os heróis tem superpoderes, voam e tudo mais. O que você vê na mídia são estereótipos que nem sempre condizem com a realidade.

55

R: - Você pode até ter razão sobre isso, mas no caso que eu preciso pesquisar certamente o cientista é bem sozinho, ele era um monge. E acho que nem deve ter estudado tanto quanto eu, esse pessoal mega inteligente termina de estudar super rápido. Eu li numa revista ontem que tem um físico bem famoso, Stephen Hawking, que terminou de estudar e virou doutor com 24 anos, sua idade Clébio. Verdadeiro gênio!

60

Desistindo da conversa, Clébio saiu do quarto pensando em como poderia ajudar o irmão com o trabalho. Antes de chegar à porta teve uma ideia que fez seus olhos brilharem. Ele precisava juntar alguns materiais antes de intervir na pesquisa e nas

ideias de Rodrigo. Primeiro foi até o seu quarto e pegou um livro, entregou para Rodrigo ler enquanto arrumava os outros recursos.

65 C: - Faz o seguinte, vai lendo esse livro aí. Acho que você vai se surpreender ao conhecer o “amigo das ervilhas”, nosso querido Mendel.

Clébio saiu do quarto e deixou Rodrigo pensando naquela palavra... Estereótipo... Que será que significava? Logo ele deixou a questão de lado e pensou em como seria viver como um monge que plantava ervilhas.

70 R: - “Que coisa mais besta” – pensou – “será que ele não tinha questões mais importantes para ajudar o pessoal da época que ele vivia?”

Uma brisa suave entrou pela janela, refrescando o rosto de Rodrigo naquele dia ensolarado. Ele resolveu deitar na cama e ler o livro de Clébio para começar a pesquisa sobre a primeira lei de “Mendel, o bizarro”. Era um livro um pouco velho, falava sobre cientistas, entre eles, Mendel, contando a história de sua vida na fazenda quando era
75 jovem. Mas como sempre, o tédio logo o fez ficar sonolento com a leitura e, em um piscar de olhos, Rodrigo dormiu com o livro sobre o rosto.



Ele só não imaginava a surpresa que teria ao acordar!



- Capítulo 2 -

Uma visita inesperada

C: - Rodrigo... acorde...

Mal reconhecendo a voz que lhe chamava, aos poucos, Rodrigo foi abrindo os olhos. Quando finalmente conseguiu focar a imagem que recebia em seus olhos, levou um pequeno susto ao ver seu irmão vestido com uma longa bata preta e óculos redondos.



R: - Mas que fantasia é essa Clébio? Nem perto do carnaval nós estamos!

Com ar de quem não entendia o que o garoto falava, Clébio continuou:

M: - Meu jovem rapaz, não conheço nenhum Clébio, mas gostaria de me apresentar: sou Gregor Mendel, seu novo professor particular.

Aos poucos entendendo a brincadeira do irmão, Rodrigo entrou no clima da encenação e continuou:

15 R: - Oooh! É verdade! Deve ter feito uma longa viagem até aqui hein?

M: - Não muito longa, os trens são bem rápidos! Mas não vamos nos alongar nessa conversa sobre meu trajeto. Temos muita coisa para ver.

R: - É verdade! Minha professora de biologia passou muitas atividades essa semana. Acho que você vai gostar do tema: genética!

20 -M: Genética? – Disse o falso monge com ar de quem achara a palavra engraçada – Tem certeza que seria esse o tema de seus estudos? Nunca ouvi falar em tal ramo da ciência. Surpreso, Rodrigo quase gritou:

R: - Como não? Você mesmo fez pesquisas nessa área! Usando ervilhas e tudo mais!

M: - Rapaz, está sofrendo com alguma enfermidade? Certamente faço um estudo com
25 ervilhas, mas jamais, seja em meus livros ou entre meus tutores, ouvi falar de genética. Além
do mais, como ficou sabendo da minha pesquisa?

R: - Ah não Clébio, você não tá fazendo direito! É claro que o Mendel sabia o que era
genética. Ele não conhecer o termo é tão sem sentido quanto dizer que um médico não sabe o
que é medicina. Ele é o pai da genética! Como não vai conhecer a própria “filha”?

30 Saindo um pouco da brincadeira, Clébio disse com um tom levemente irritado pela
interrupção:

C: - Rodrigo, não atrapalha o desenvolvimento do meu personagem! Mendel não tinha
a menor ideia do que significava genética porque esse é um termo que foi criado depois dele
morrer, por outro cientista chamado William Bateson, grande defensor das ideias mendelianas
35 por sinal.

R: -Uai, como é que eu ia saber disso? Na escola sempre falam “Mendel, o pai da
genética”, “Mendel fez pesquisas em genética”, logo eu pensei que ele havia criado essa
ciência.

C: - Eu entendo você. Muitas palavras que a gente ouve hoje em dia relacionadas às
40 pessoas e aos momentos do passado são colocadas de modo equivocado, como se sempre
existissem. Tenho certeza que daqui pra frente vamos nos deparar com outras situações como
essas. Mas agora vamos voltar à história?

Com um sorriso no rosto que expressava a admiração de Rodrigo pelo irmão mais
velho, o jovem procurou na mente alguma expressão que pudesse substituir a palavra genética
45 sem trocar o seu sentido.

R: - Desculpe senhor Mendel, eu quis dizer que o tema é a herança de características,
de pai para filho, entendeu?

M: - Agora compreendo. Esse é um assunto bem longo e há algumas divergências
sobre o tema.

50 R: - Como assim divergências? Até eu que sou mais devagar para entender a matéria
já compreendi que os genes passam dos pais para os filhos, e é assim que herdamos as
características da família. Por exemplo, eu herdei os genes da beleza da minha mãe, e o meu
irmão mais velho herdou os genes do narigão do nosso pai.

M: - Acredito que seus pais lhe colocaram em uma escola muito esquisita. Aqui em
55 Brünn¹² existem tantas boas escolas. Eu mesmo estudei em uma que me ajudou muito nos

¹² Cidade em que Mendel viveu, atualmente chama-se Brno, localizada na República Tcheca.

estudos, mesmo não estando entre as melhores. Agora você, meu jovem garoto, sempre usando palavras que não existem...

Nesse momento Rodrigo percebeu que mais uma vez usara uma palavra que, embora atualmente seja comum, não existia na época de Mendel, que viveu no século XIX. 60 Infelizmente, ele não sabia qual era e não queria interromper a encenação do irmão novamente. Então continuou a conversa, ainda rindo por dentro pela piada sobre os genes e as características físicas dele e do irmão.

R: - Certo Mendel. Vou tomar mais cuidado ao usar as palavras. Mas você ainda não me falou que divergências existem sobre a herança das características.

65 M: - Bom, alguns colegas pesquisadores preferem a ideia de que o novo ser já vem prontinho no gameta sexual masculino, sendo que a fêmea, seja planta ou animal, apenas guarda essa “sementinha” até que esteja pronta para nascer. Na verdade, o estudo de herança de características já acontece há muito tempo, e estou certo de que existem outras hipóteses por aí.

70 R: - Entendo. Também é tanta gente pesquisando a mesma coisa, né? Seria estranho se ideias diferentes não surgissem.

M: - Pois é, e algumas ideias são mais aceitas que outras, dependendo dos argumentos que a embasam e, cá entre nós, dos interesses envolvidos.

R: - Mas e então, você podia me falar um pouco mais sobre o seu trabalho. Como você 75 disse, o estudo de herança de características não foi novidade para você nem para ninguém da época. Então, o que você fez de novidade? Ou só repetiu a mesma coisa que todos os outros cientistas?

M: - Ah, ótima pergunta! Pois saiba que o rumo que dei à minha pesquisa ninguém havia dado antes! Tenho certeza que você irá se encantar! Por sorte, tenho aqui uma cópia do 80 meu artigo que pretendo apresentar na Associação ainda em 1865! Pegando as folhas que compunham o artigo do entusiasmado Mendel, Rodrigo folheou e pareceu um pouco espantando ao perceber a quantidade de números e simbologias presentes.

R: - Mendel, seu trabalho tem muitos números e letrinhas, até parece um trabalho de matemática e não de biologia.

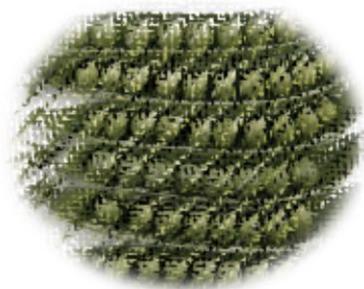
85 M: - Ora, ora, foi muito bom você ter notado isso! É exatamente nesse ponto que meu trabalho...

- Meninos! Venham lanchar!

Nessa hora a mãe dos rapazes chamava para o lanche da tarde, quebrando o ritmo da brincadeira, que cada vez mais entusiasmava Rodrigo e Clébio. Nenhum dos dois sabia

90 exatamente até que ponto a encenação duraria, mas queriam aproveitar ao máximo. Foram rapidamente para a cozinha comer o sanduíche com suco de maracujá que a mãe fez.

Ao ver seu filho mais velho naqueles estranhos trajes, Simone logo imaginou que os dois estavam aprontando alguma coisa e aproveitou o momento do lanche para se inteirar dos fatos da tarde, os quais Rodrigo prontamente contou.



- Capítulo 3 -

Ervilhas, ervilhas, ervilhas!

De volta ao quarto, os irmãos logo retomaram a brincadeira. Rodrigo não sabia explicar, mas estava achando muito interessante aquele jeito de aprender, pois nem parecia que estava mesmo estudando todas aquelas coisas que na escola ficavam tão chatas. Ele queria mesmo que a professora dele visse tudo aquilo e assim, quem sabe, ela teria ideias tão divertidas e interessantes quanto às do seu irmão para ensinar os conteúdos.

M: - Então vamos prosseguir. Eu realizei meus experimentos com ervilhas, as *Pisum sativum*. Deu muito trabalho e demorei anos para chegar aos resultados que irei apresentar.

R: - *Pisum sativum*? Se o senhor não fosse monge, poderia ter dois filhos e nomeá-los assim: a Pisum e o sativum, hehehe.

M: - Nossa Rodrigo, mas que piada sem graça. Mais respeito com um monge e vamos voltar ao assunto. *Pisum sativum* é o nome científico da ervilha, que é dado em latim.

R: - Desculpe Mendel, só quis deixar o clima mais leve, esse assunto parece ser bem difícil...

M: - Vamos esquecer isso. Prosseguindo, o estudo que fiz já foi realizado antes por outros hibridizadores e tem como objetivo entender como as características são passadas de uma geração à outra nas plantas.

R: - Um momento Mendel. Parece que não sou o único a usar palavras estranhas por aqui. O que é um hibridizador? Por acaso é, como no caso da ervilha, o nome científico em latim para cientista?

M: - Não rapaz. Os hibridizadores eram pesquisadores preocupados com a produção de novas variedades a partir do cruzamento de duas outras, entendeu?

R: - Hm... Acho que sim. Mas Mendel, seu trabalho não era sobre herança das características? O que isso tinha a ver com o trabalho dos hibridizadores?

M: - Ora Rodrigo, pense: que relação deve existir entre a produção de novas
25 variedades e a herança de características?

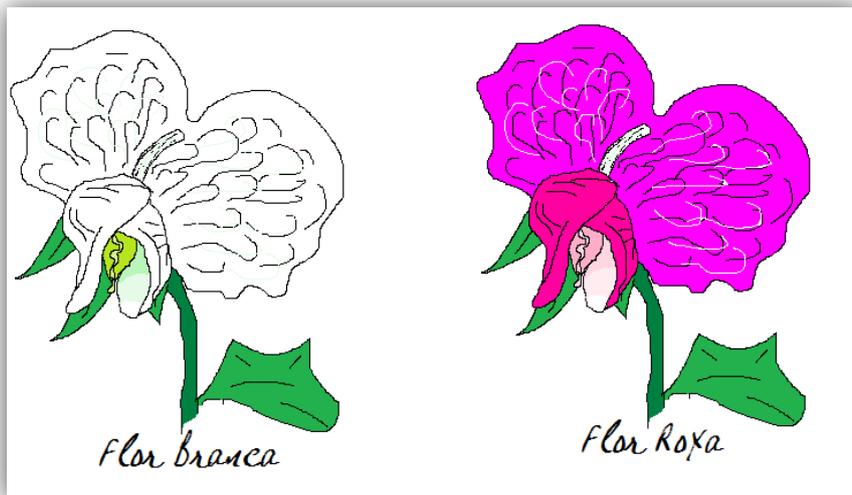
Rodrigo pensou um pouco sobre o assunto. Ele se lembrou do que a professora havia
falado naquele dia mais cedo: “as características de um indivíduo dependem do que ele herda
dos pais”. Então respondeu:

R: - Ah, claro! O jeito que o filho vai ser depende do que ele “puxa” do pai e da mãe.
30 E aí dependendo de como acontece, ele vai ser loiro, moreno, careca ou cabeludo.

M: - É – disse Clébio – mais ou menos isso... Mendel, quer dizer, eu, segui essa linha,
só que com plantas.

Pegando um papel e lápis que estava em cima da mesa, Clébio desenhou duas flores e
lançou uma pergunta ao irmão.

M: - Meu caríssimo pupilo, está indo muito bem nas respostas. Agora lanço lhe um
35 desafio: imagine que as flores tenham a vida como os humanos e que um casal de flores,
sendo uma branca e a outra roxa, vai ter filhos, muitos filhos! Qual seria a cor desses “bebês”?



Rodrigo pensou na situação e logo chegou a uma resposta óbvia para ele.

R: - Ora, os filhos terão as duas cores, alguns serão brancos e outros serão roxos.

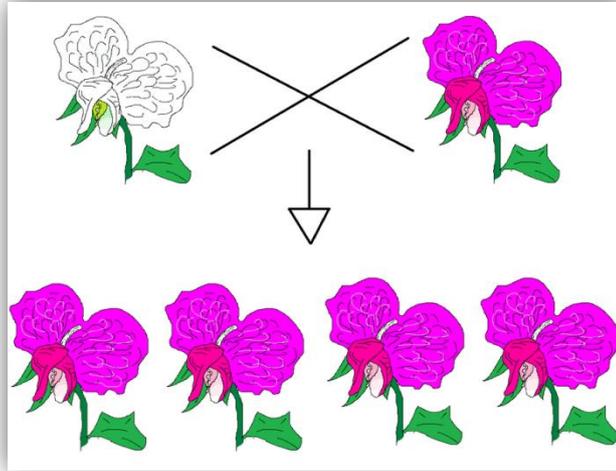
M: - Às vezes as perguntas nos enganam. Na verdade, todos serão de uma única cor,
40 nesse caso, roxa.

Rodrigo olhou com cara de quem achava que o irmão estava louco.

R: - Mendel, com todo o respeito, o senhor tem certeza disso? Porque pensa bem: não
é estranho a característica simplesmente sumir? Uma planta tem muitas flores e nem
45 umazinha ser branca?

Com muita paciência Clébio continuou, ainda interpretando Mendel:

M: - É, parece estranho mesmo. E os outros pesquisadores, meus colegas e até os já falecidos, também achavam. Mas é isso que observamos na natureza. O difícil é conseguir explicar.



50

R: - Hm... Quer dizer então que esse é um dos grandes mistérios da ciência? Acho impressionante isso... Pensei que os cientistas tinham respostas para tudo na ponta da língua.

M: - Claro que não juvenzinho. Os cientistas buscam formas de explicar fenômenos e aplicar novos conhecimentos na produção de tecnologias, mas é impossível saber tudo. E
55 mais, essa nem deve ser a pretensão das pessoas.

R: - Pensando bem, realmente, têm que ter umas dez vidas para aprender tudo!

M: - Sem contar que o conhecimento científico muda de tempos em tempos. Por exemplo, como a gente conversou antes, antigamente pensava-se que o ser feminino não tinha participação ativa na reprodução. Agora já sabemos que não é bem assim.

60 R: - Ai, essas conversas profundas me deixam muito tenso. Já estamos no meio da tarde e ainda nem entendi porque a flor branca some...

Rodrigo se espreguiçou e esticou as pernas sobre a cama. Achava toda aquela conversa interessante, mas estava preocupado com o trabalho escolar. Quando parecia que estava entendendo, surgia algo novo para confundir. Ele torcia pelo irmão conseguir ensiná-lo de
65 verdade aquilo.

M: - Então vamos continuar caro aluno. Para você pensar um pouco mais, diga-me: e se essas flores roxas, chamadas de primeira geração por serem originárias do cruzamento entre a flor branca e a flor roxa inicial, se reproduzissem por autofecundação, como expliquei, onde o pólen da própria flor a fecunda, qual seria a cor das flores das plantas provenientes
70 dessa relação?

R: - Um momento. Vou pensar, porque aí tem pegadinha!

Clébio sorria ao ver o irmão tentar achar a resposta certa e ficou pensando em quantos cientistas já não passaram e passam pela mesma situação. Será que o irmão seria um cientista algum dia?

75 R: - Nesse caso não tem escapatória. A flor é roxa e não se misturou com nenhuma outra, então suas descendentes só podem ser roxas.

M: - Ótimo raciocínio, só que não é o observado. Na verdade, nascerão plantas com flores brancas e plantas com flores roxas.

80 R: - Isso... Não faz o mínimo sentido! Quando se reproduzem duas plantas com cores diferentes de pétalas, sai uma cor só nos filhos. E quando só plantas com pétalas da mesma cor se reproduzem, saem descendentes de duas cores. Só pode ser brincadeira. Vamos, me explique isso antes que eu fique doido!

M: - Devagar! Estou prestes a revelar o meu grande segredo a você!

85 Rodrigo estava muito curioso e se ajeitou novamente na cama, olhos grudados em cada movimento do irmão, que se abanava com uma folha, pois a roupa de monge o fazia sentir muito calor.

M: - O que acontece é a chamada retorno de características dos ancestrais, e já é observado há muitos anos na natureza. Esse fenômeno nos leva a pensar que existe alguma coisa que é transmitida dentro de uma linhagem, que conecta os descendentes aos seus pais.

90 R: - Mas o que poderia ser?

M: - O que eu formulo é que as características, como a cor da flor, são definidas por alguma coisa, algum... *fator*.

R: - Então existiria um fator para originar flor branca e um para originar flor roxa?

Clébio se impressionou com a rápida conclusão do irmão e continuou.

95 M: - Exato. Essa denominação de fatores foi criada por mim, sabia?

R: - Muito esperto o senhor. Mas isso ainda não explica direito o que acontece.

100 M: - Calma, meu estudo não é só isso. Ainda tem muito mais. Imagina-se que para cada característica há um fator relacionado, como você mesmo exemplificou com as cores, e que tais fatores podem ser herdados entre as gerações, definindo qual será a característica expressa. Tudo bem até aqui?

R: - Sim.

M: - E então, quando há o cruzamento, o “filho” recebe um fator do pai e outro da mãe. No caso das flores, um fator para cor branca e um fator para cor roxa.

Rodrigo não se conteve e interrompeu:

105 R: - Mas se ele recebe os dois fatores, por que só aparece uma cor?

M: - Ah, eu explico isso dizendo que, apesar de receber os dois fatores, apenas um será expresso, ou seja, será perceptível, *dominante*. Para ficar mais fácil imagine uma floresta onde existem muitas árvores enormes e outras pequenas. Sabemos que existem esses dois tipos de árvores lá, mas, se olharmos de cima, veremos apenas as copas das árvores grandes, pois as pequenas ficaram escondidas sob elas; ou seja, as grandes dominaram a nossa visão.

R: - Hm... Agora ficou mais fácil imaginar. Os dois estão lá, mas só um aparece... o outro fica tipo “dormindo”. E é por isso que as descendentes do cruzamento das flores brancas com as flores roxas foram todas roxas?

M: - É, como se fosse isso. E esse fator que não se expressa eu batizei de *recessivo*.

Rodrigo e Clébio sorriram ao mesmo tempo, as ideias estavam fluindo entre eles e ainda havia alguns detalhes a trabalhar, então Clébio-monge retomou:

M: - Muito bem rapaz! Estou muito orgulhoso desse meu aluno particular!

R: - Que bom, mas ainda ficou a questão no ar: por que no segundo cruzamento, a autofecundação, a prole é tanto branca quanto roxa? Não deveria aparecer apenas uma cor só também?

Clébio percebia a angústia do irmão e já ia começar a falar quando o telefone tocou. Era o amigo Roberto combinando horário para fazer um trabalho. Rodrigo aproveitou o momento para observar os desenhos do irmão e tentar descobrir a resposta antes que o “Mendel” entrasse em cena novamente.

125



- Capítulo 4 -

Em cena, os números!

O professor monge se despediu do colega ao telefone e recomeçou as explicações. O irmão mais novo parecia estar bem envolvido, nem percebeu que havia perdido a hora do seu desenho favorito.

5 M: - Vamos dar nomes e fazer alguns desenhos sobre os fatores. Você é bom em matemática?

R: - Razoável, mas isso não tem nada a ver com o que você está me explicando, certo?

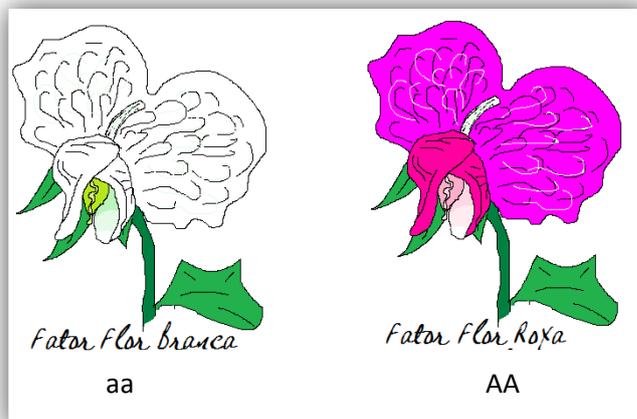
M: - Só um pouquinho, hehehe.

Rodrigo não gostou muito dessa parte. Se entender uma matéria já era difícil, imagina se misturasse duas!

10 M: - Olha só esse desenho de novo: uma flor branca e uma flor roxa. Quais vão ser os fatores delas?

R: - A branca com o fator flor branca, e a roxa com o fator flor roxa.

M: - Isso, para simplificar, vamos chamar o par de fatores da flor branca de **aa** e o par de fatores cor roxa de **AA**, ok?



15 Rodrigo consentiu balançando a cabeça, então o animado Mendel continuou:

M: - Agora segue o raciocínio. Em um cruzamento de plantas, a descendente recebe um fator do pai e um da mãe.

R: - Mas como você disse, só uma cor vai aparecer, a que estiver relacionada ao fator dominante.

20 M: - E observando, se a primeira geração, essa que surgiu do cruzamento inicial, só possui flores roxas, qual será o fator dominante?

R: - Há! Essa eu sei! O roxo! Digo, o fator cor roxa, representado por **A**!

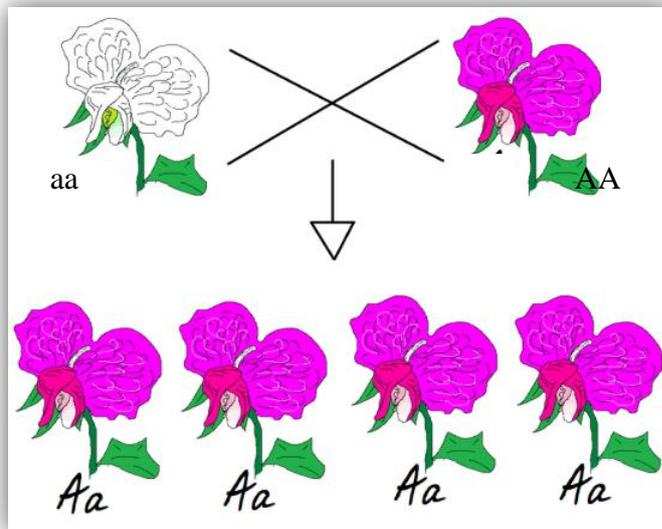
M: - Perfeito Rodrigo!

Rodrigo nesse momento quase levantou da cama de tanta empolgação. Tudo começava a fazer sentido, mas ainda havia outros pontos a trabalhar.

25 M: - Agora, lembra que do autocruzamento das flores roxas surgiram flores roxas e brancas?

R: - Sim, sim.

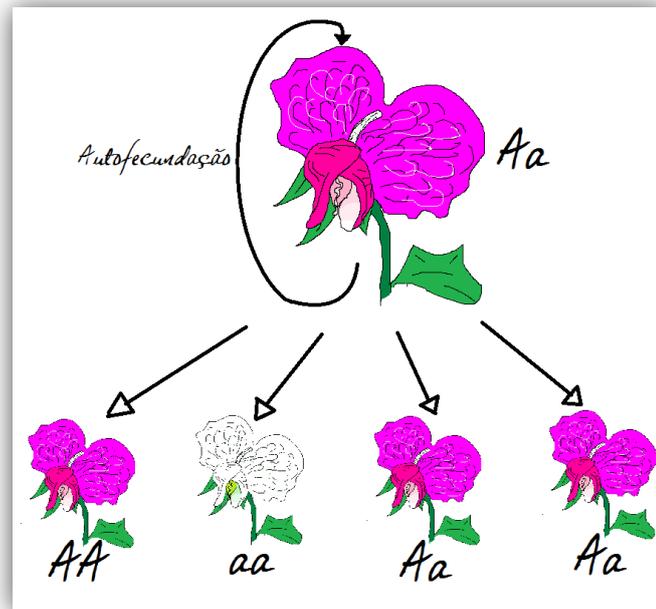
M: - Olhando esse esquema você consegue formular uma explicação para isso?



30 R: - Hm...Nesse caso é só uma flor, então os filhos só vão receber os fatores dela...mas aparece flor branca...

Percebendo que Rodrigo estava confuso, Clébio continuou com seus desenhos e explicações.

35 M: - Olha Rodrigo, você tem razão, os filhos só irão receber fatores dessa flor roxa, mas acontece um cruzamento de fatores também. Como a mesma flor vai ser a mãe e o pai, o filho tem a probabilidade de receber diferentes pares de fatores, sendo um da parte feminina e um da parte masculina. Veja bem:



M: - O que eu fiz foi realizar as combinações possíveis entre esses fatores e interpretar
 40 o resultado. Nesse caso, a flor roxa originária do cruzamento inicial tem a cor definida pelo conjunto de fatores Aa. Então ela mesma vai ser Aa x Aa. Lembra da propriedade distributiva?

R: - Ah sim, vou multiplicar todos os termos entre si, não é isso?

M: - Exatamente. Olha os resultados: AA, Aa, Aa e aa.

$$Aa \times Aa = AA, aa, Aa, Aa$$

The equation is written in a circular diagram. On the left, 'Aa' is written above a curved arrow that points to the right. In the middle, there is a multiplication sign 'x'. On the right, 'Aa' is written above a curved arrow that points to the left. To the right of the multiplication sign, the result is written as '= AA, aa, Aa, Aa'.

45 R: - Hm... E o que isso significa?

M: - Para cada flor que nasce eu tenho quatro possibilidades: três em que aparece o fator A, que é para cor roxa, e um em que só tem a. Como o fator A é o dominante, sempre que ele aparecer, a flor será roxa.

R: - Em três dos casos então: AA, Aa e Aa, a flor será roxa.

50 M: - Isso. E, olha, esse aa vai originar a flor branca.

R: - Hm... Então o a, que é o fator para flor branca sempre esteve presente em todas as flores, só não era expresso porque estava junto com o A, que é dominante?

M: - Isso mesmo. Viu? Não é tão maluco quanto parece.

R: -Sabe, até que isso tudo é legal.

55 M: - Uhum. E ainda tem mais. Sabia que essas quantidades de flores brancas e roxas não são aleatórias?

R: - Como assim?

M: - Bom, a quantidade de flores roxas e brancas que surgem não é mero capricho do acaso. Existe uma relação entre elas.

60 R: - E como é que você percebeu isso?

M: - Com meu experimento! No mosteiro durante os últimos oito anos plantei e medi diversas características em diversos pés de ervilha. Os outros monges já não aguentavam mais comer sopa de ervilha.

65 R: - Não acredito! Você passou oito anos só plantando ervilhas? Não tinha mais o que fazer?

M: - Olha o respeito rapaz. Claro que eu tinha várias obrigações, mas também tinha tempo para me dedicar aos cuidados do jardim e das questões sobre herança de características o que, aliás, foi uma das tarefas que meu querido tutor, o abade Franz Napp me ordenou.

R: - Então você era o jardineiro?

70 M: - Prefiro não interpretar dessa maneira. Mas sim, eu cuidava dos pomares do monastério e aproveitei uma parte do terreno que estava vazia para plantar as ervilhas e fazer meu experimento.

R: - Ué, se você já cuidava de um pomar inteiro, por que quis usar as ervilhas ao invés das outras plantas que já estavam lá, plantadinhas?

75 Clébio se levantou e foi até a mesinha buscar o livro que havia dado para o irmão ler antes de a brincadeira começar e abriu em uma página onde havia um desenho de um pé de ervilha e uma foto de sua flor para mostrar a Rodrigo.

80 M: - Porque a ervilha se reproduz rapidamente, em 70 dias ela já cresce e se reproduz. Como eu precisei fazer muitas medidas, era importante escolher uma espécie de rápido ciclo de vida. Outro motivo é que a ervilha realiza autofecundação quase sempre, olha só o desenho da flor dela, em tamanho real, ela é bem pequenininha, não passa de dez centímetros.

R: - Hm... Estou vendo, o pólen fica bem pertinho do estilete, seria quase impossível o próprio pólen não a fecundar.

M: - Isso mesmo. Meu maior trabalho foi controlar isso nos casos em que eu não
 85 desejava o autocruzamento, como na produção da primeira geração. Tive que realizar uma
 reprodução artificial, cortando os estames das flores e introduzindo manualmente o pólen com
 um pincel.

R: - Reprodução programada em plantas, nunca tinha pensado nisso.

M:- E já é algo mais antigo do que você imagina! Desde antes dos egípcios já eram
 90 realizadas essas seleções sexuais para criar plantas com características mais interessantes ao
 homem. E o uso das ervilhas nesses experimentos também não é novidade. Thomas Knight,
 um inglês, já havia publicado experimentos de hibridação com ervilhas. Foi ele quem
 sinalizou esses pontos positivos do cultivo dessa espécie.

R: - Interessante. Mas então, qual é essa relação que você achou?

M: - E você acha que vou te contar? Descubra sozinho, você consegue!

R: - Como vou fazer isso? Há algumas horas eu nem sabia direito quem era você!

M: - Isso foi um pouco ofensivo, mas tudo bem, sem ressentimentos. Veja aqui nessa
 folha. Essas foram as sete características estudadas por mim. Plantei ervilhas para verificar a
 ocorrência de cada uma delas, foram mais de mil pés de ervilhas!

100 Rodrigo olhou as informações do seu “professor particular”, mas não percebeu logo
 qual era a relação entre os números.

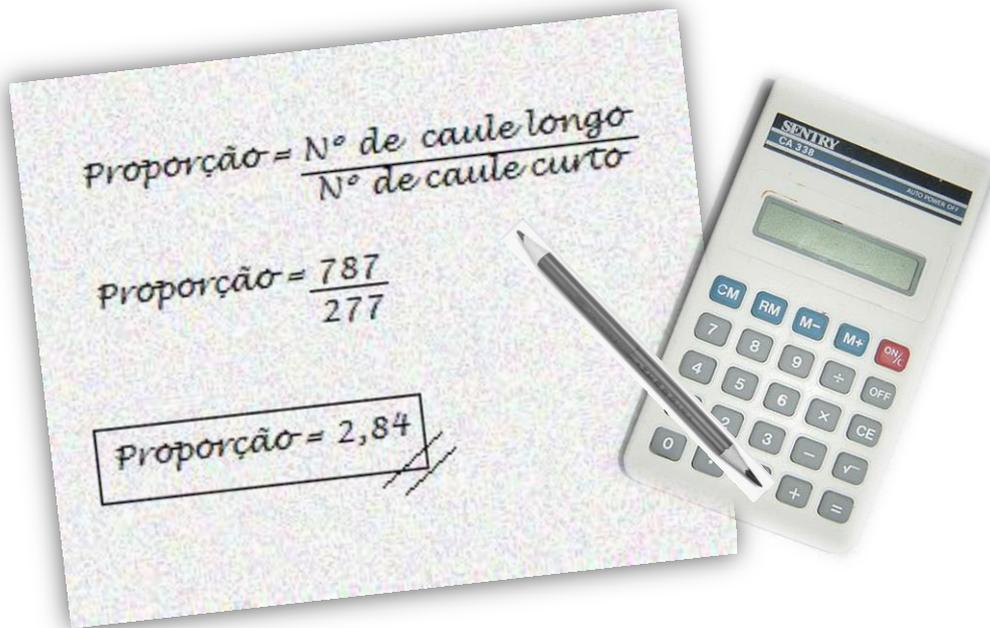
Característica	Quantidade de características manifestadas		Total
Comprimento do caule	Caule longo 787	Caule curto 277	1064
Posição das flores	Axial 651	Apical 207	858
Cor da vagem não madura	Verde 428	Amarela 152	580
Forma da vagem	Intumescida 882	Constrições 229	1181
Cor das flores	Flor violeta 705	Flor branca 224	929
Cor do endosperma	Amarelo 6022	Verde 2001	8023
Forma da semente	Lisa 5474	Rugosa 1850	7324

R: - Mendel, ainda não entendi a relação...

M: - Vou te dar uma dica: faça a proporção entre o aparecimento de cada característica e veja o que acontece. Por exemplo, nesse primeiro caso, o comprimento do caule. 787 plantas tinham caule longo e 277 tinham o caule curto. Agora calcule a proporção dessa situação, você se lembra como faz?

R: - Claro, não sou tão esquecido. Basta dividir um pelo outro. Nesse caso, 787 dividido por 277 vai dar...Cadê minha calculadora?

Rodrigo pegou a calculadora na mochila, fez a conta e deu a resposta ao irmão.



R: - 2,84.

M: - Parabéns! Agora continue com as outras características e me diga o que acha...

Após realizar os cálculos de proporção para toda a tabela do “irmão Mendel”, Rodrigo olhou os resultados e se surpreendeu com o que viu. Começava a pensar que Mendel realmente havia feito uma descoberta brilhante, mas não entendia por que o monge pensou naquilo e os outros pesquisadores não. Afinal, apesar de sempre falarem sobre a importância de Mendel para o estudo da herança, o que ele fez não parecia algo mirabolante, que necessitasse de grandes aparatos tecnológicos ou conhecimentos não existentes naquele tempo – ao menos ele achava que todo mundo da época de Mendel sabia o básico da matemática. Mas antes de poder comentar qualquer coisa, o Clébio-Mendel se levantou.



125 M: - Um momento meu querido pupilo, as forças da natureza me chamam. Depois de tanto suco da sua mãe, preciso dar uma passadinha no banheiro.



- Capítulo 5 -

Pensando diferente

Enquanto Clébio foi ao banheiro, Rodrigo sentou-se na sala pensando sobre aquela proporção. Quando Clébio retornou, o irmão foi logo perguntando:

R: - Então quer dizer que a grande inovação foi essa proporção que você achou?

C: - Isso mesmo! Não é fantástico? As características aparecem, aproximadamente em
5 uma proporção de 3 para 1. O que significar dizer...

R: - Que para cada 3 características dominantes que aparecem, será manifestada uma recessiva. – Completou Rodrigo.

C: - Que bom que já percebeu isso!

Após um breve silêncio, Clébio disse:

10 C: - Foi uma grande caminhada científica até esse ponto. Imagina quanta pesquisa, quanta gente se envolveu nessa história toda, algumas trouxeram grandes contribuições antes mesmo de Mendel nascer Por exemplo, Koelreuter foi um hibridizador que morreu em 1808 e trouxe a ideia de que é necessário um gameta masculino e outro feminino para uma planta se reproduzir, como a gente falou mais cedo. Essa teoria foi muito importante para o trabalho de
15 Mendel, que partia do princípio que a formação das características dos descendentes dependia de fatores herdados dos dois sexos.

R: - Incrível como as coisas se conectam não é Clébio? Será que se essas pessoas não tivessem nascido, teríamos todo conhecimento que temos hoje?

20 C: - Não sei Rodrigo, talvez outras pessoas chegassem às mesmas conclusões. Mas é bem verdade que as coisas seguem um ritmo compassado, como aprender a dançar. Primeiro aprende-se um passo, depois outro, e depois estamos até inventando passos novos. E na ciência primeiro uma descoberta, um novo aparato experimental, uma nova observação e logo surgem novas teorias para explicar a natureza.

R: - É... Verdade...

25 C: - Ah, lembrando, o Thomas Knigh, que falei lá no quarto, também viveu antes de Mendel e descreveu as vantagens de utilizar ervilhas para estudos de herança de características, como o fato de ter um ciclo de vida, do nascimento à fase de reprodução, relativamente curto e ser de fácil cultivo. E mais: o Koelreuter citado antes também já havia notado e escrito sobre o reaparecimento das características na segunda geração de híbridos, sem surgimento de novas espécies. Se você parar para pensar, foi quase o que Mendel fez só
30 que o monge interpretou as informações de uma forma diferente indo além das fronteiras traçadas até aquele momento.

Nessa hora Clébio parou e observou que Rodrigo possuía um ar de descontentamento em seu rosto.

35 C: - Depois de toda nossa conversa, você parece incomodado com algo. O que foi?

R: - Não estou desmerecendo o trabalho de Mendel, mas... Algo tão simples como esse cálculo de proporção não foi realizado por ninguém antes dele? Por quê?

C: - Pois saiba que não é tão simples assim! – Disse Clébio, sendo ele mesmo. Na época de Mendel os biólogos não tinham o costume de envolver a matemática em seus estudos. Mendel foi ousado e inovou ao aliar as duas ciências.
40

R: - Mas se não era habitual misturar as contas com as plantas, de onde Mendel tirou essa ideia?

C: - Ah sim. Isso provavelmente foi influência dos estudos dele na faculdade. Sabia que ele estudou Física? Inclusive, um de seus professores é bem conhecido e provavelmente
45 você já ouviu falar dele nas aulas de Física: Cristian Doppler.

R: - Doppler? Do Efeito Doppler?

C: - Isso mesmo.

R: - Ué, mas se ele estudou Física na Universidade, como foi parar nos estudos em botânica, com ervilhas?

50 C: - Ai... Se eu me lembro bem, ele já tinha contato com essas questões desde criança, pois cresceu na fazenda e até na escola, durante a educação inicial, aprendia sobre o cultivo de plantas. Daí ele estudou um bocado, numa vida meio difícil, afinal o dinheiro para ele sobreviver era curto. Por fim, ele foi para o monastério, sob os cuidados do abade Franz Napp, acho que tem uma imagem dele nesse livro que eu te dei. Napp foi quem introduziu
55 Mendel nas questões sobre Botânica, e o incumbiu de cuidar do jardim do monastério. Daí foi só juntar o útil ao agradável.

R: - Então quer dizer que ele foi incentivado a fazer uma pesquisa *científica* dentro do monastério?

C: - Exatamente.

60 R: - Mas eu sempre pensei que os mosteiros fossem lugares sombrios, com um monte de religiosos, sem espaço para ciência...

C: - Alguns mosteiros são assim. Mas o que Mendel ficou era um local bem “mente aberta”. Claro que ele precisava cumprir as obrigações religiosas, mas também tinha tempo para se dedicar a pesquisa, com acesso a livros e sociedades que discutiam temas relacionados
65 a plantação.

R: - Então ele não era um gênio isolado do mundo?

C: - De maneira alguma! Ele era bastante ativo na sociedade, participava de grupos de pesquisa, lia textos sobre as pesquisas anteriores com as plantas, e muito mais, eu suponho.

R: - É, isso me faz pensar sobre os cientistas... Acho que no final das contas, eles são
70 pessoas tão normais quanto nós, só que mais inteligentes. Aposto como ele entrou na faculdade de primeira e não teve dificuldades para achar emprego nem nada.

C: - Na verdade ele teve um pouquinho de dificuldade sim. Era um bom aluno, acredita-se, mas enfrentou alguns problemas para receber o diploma, por não ter tirado boas notas em algumas provas.

75 R: - Caracas, esse Mendel é o cientista mais... Hm... Normal que eu já ouvi falar. Era pobre, teve dificuldades na escola, conhecia muita gente... Bem diferente do Spock e o Jimmy Neutron.

C: - Isso porque ele é um cientista na vida real. Aliás, outro fator importante que impulsionou a pesquisa dele foi a época e o local onde viveu.

80 R: - Como assim?

C: - Na época dele, a agricultura era muito importante para a sobrevivência das famílias. Como eu já disse, ele mesmo vem de uma família camponesa. Então entender como as plantas “funcionam” era importante para melhorar as técnicas e culturas agrícolas.

R: - Hm... Então a pesquisa dele também foi importante para as outras pessoas que não
85 eram cientistas.

C: - Isso mesmo. Apesar de que demorou um tempo para que as pessoas percebessem a importância do que ele escreveu. Isso só aconteceu depois da morte dele, como também já comentamos, quando outros cientistas que tentaram fazer o mesmo que ele, descobriram o artigo que ele publicou e então divulgaram para o mundo.

90 R: - Pobre Mendel, nem soube que era famoso. Mas esse foi o único experimento que ele fez?

C: - Não, não. Ele também mexia com meteorologia e na verdade era mais conhecido pelos estudos meteorológicos do que pela botânica.

95 R: - Assim como você não é? Toca guitarra tão bem, mas é mais famoso como cestinha do time de basquete da faculdade.

C: - É, mais ou menos assim. Só que Mendel acabou desistindo dos trabalhos com híbridos porque quando foi tentar achar a mesma proporção com outra espécie de planta, não deu certo, porque a forma como elas se reproduziam e como os fatores eram herdados seguia uma lógica um pouco diferente, e ele não sabia disso. Já eu, não vou desistir de tocar guitarra e nem de aprender a tocar teclado.
100

R: - Isso mesmo Clébio, determinação! Mas peraí! Quer dizer que os resultados que Mendel achou não valem para outros casos?

C: - Atualmente sabemos que vale sim. Mas Mendel foi muito cuidadoso e escreveu claramente que os resultados que achou eram válidos para ervilhas apenas.

105 R- Legal. Ele era bem detalhista hein?

C: - Uhum. Mas também, na Física já existe uma mania de exatidão, mexer com números e essas coisas, como calibrar equipamentos. Junte a isso a experiência dele com meteorologia, onde as informações também necessitam um alto grau de precisão. Ele ficou muito bem treinado em perceber detalhes e escrever de forma cautelosa.

110 R: - Verdade. Mas eu ainda tenho uma pergunta ao Mendel. Depois quero descansar. Está quase na hora da reprise de Star Trek e eu não quero perder. É nesse episódio que o Spock vai ter uma namorada.

C: - Tudo bem, vamos voltar ao Mendel. Mas bem que você poderia melhorar um pouquinho seu gosto televisivo e assistir Star Wars, que é muito mais emocionante.

115 R: - Vou fingir que nem ouvi isso para não alongar essa discussão.

Então o jovem monge reapareceu em um último ato da longa tarde entre irmãos:

C: - Desculpe pela soneca Rodrigo, mas já estou cansado. Minha saúde sempre foi frágil.

R: - Tudo bem Mendel, só queria saber mais uma coisa. Tá certo que você disse que a proporção é de *aproximadamente* três para um. Mas lá no jardim da dona Maura, que dá pra ver aqui pela janela, tem oito pés de ervilhas. Seguindo esse raciocínio, seis pés deveriam ter flor roxa e dois, flor branca, mais ou menos. Só que, olha lá, tem sete com flores roxas e só uma com flor branca. Ou você fez umas contas erradas aí ou a natureza está doida, e eu prefiro acreditar que o erro está nos cálculos.
120

125 “Mendel” ficou impressionado com a audácia do menino em dizer que ele talvez estivesse errado. Mas percebeu o erro do garoto e logo remediou a situação. Era comum que as pessoas pensassem assim ao comparar as informações do experimento com observações de pequenos grupos de plantas.

C: - Você estaria certo se não estivéssemos falando de probabilidade. Isso quer dizer
130 que os valores de proporção que encontrei só são percebidos quando temos um número muito grandes de indivíduos no experimento. Com poucas amostras como no caso do jardim, não dá para chegar a conclusão dos 3 para 1.

R: - Bem interessante, mas confunde um pouco a mente. Acho que só porque ainda não estou muito acostumado a pensar tanto sobre o que aprendo.

135 C: - Aos poucos você se acostuma. Bom meu jovem, agora vou indo. Tenho ainda que cuidar de algumas atividades do mosteiro. Espero que tenha apreciado essa tarde de estudos e que possamos nos reencontrar algum dia.

R:- Tenha certeza que aprendi muito hoje! Se depender de mim, teremos outros encontros tão instigantes quanto esse. Muito obrigada Mendel, você foi muito paciente
140 comigo.

C: - Apenas cumprindo meu dever como professor! Até mais!

R: - Até!

E assim eles deram por encerrado a brincadeira. Rodrigo sentia-se feliz por ter passado a tarde com o irmão e ainda ter estudado de forma tão agradável.

145 R: - Poxa Clébio, valeu mesmo por ter me ajudado! Tenho tanta coisa para escrever sobre Mendel e as ervilhas que nem sei se vai caber em duas páginas apenas. Nem sei como agradecer.

C: - É, agora é com você resumir tudo isso para entregar à professora. Agora vou tirar essa bata que me deixou com muito calor e tomar um bom banho.

150 R: - Beleza! Semana que vem tenho que entregar um trabalho de Física, sobre Copérnico e Ptolomeu. Será que você pode me dar uma ajudinha como essa?

C: - Vou pensar no seu caso. Sobre me agradecer... as louças da semana seriam minhas, mas agora ficam para você. Afinal, um monge também precisa de descanso.

Rindo baixo, Clébio entrou no banheiro para se refrescar enquanto Rodrigo estava na
155 sala arrependido por falar que não sabia como agradecer. Logo mudou de expressão, valia à pena lavar as louças para o irmão, afinal, ele tinha certeza que agora iria garantir uma boa nota em biologia quando entregasse o trabalho.

“Espaço. A fronteira final. Essas são as viagens da nave estelar Enterprise...”

R: - Já está começando! Depois desse episódio vou terminar meu trabalho. Tenho
160 certeza que a professora vai gostar, ainda mais quando souber que conversei pessoalmente
com o Mendel!

Rapidamente Rodrigo se envolveu com a série que passava na TV, deixando para mais
tarde a tarefa de reduzir para duas páginas a longa história da tarde. Foi uma boa viagem no
tempo aquela semana, mas em breve, ele e o irmão iriam embarcar em outras aventuras do
165 mesmo estilo. Mas isso é outra história!



APÊNDICE 9: Manuais do professor