

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO – MESTRADO EM EDUCAÇÃO

DENISE SUZANE OLIVEIRA CLÁUDIO

**COMO SABEMOS O QUE SABEMOS? POR QUE ACREDITAMOS
NISSO?: ANÁLISE DE UM MODELO DE ENSINO *SOBRE*
CIÊNCIA A PARTIR DE PRÁTICAS CIENTÍFICAS E
EPISTÊMICAS ESCOLARES**

Mariana, MG

2020

DENISE SUZANE OLIVEIRA CLÁUDIO

**COMO SABEMOS O QUE SABEMOS? POR QUE ACREDITAMOS
NISSO?: ANÁLISE DE UM MODELO DE ENSINO *SOBRE*
CIÊNCIA A PARTIR DE PRÁTICAS CIENTÍFICAS E
EPISTÊMICAS ESCOLARES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Ouro Preto como exigência parcial para obtenção do título de Mestra em Educação

Linha de pesquisa: Práticas Educativas, Metodologias de Ensino e Tecnologias da Educação

Orientadora: Dra. Paula Cristina Cardoso Mendonça

Mariana, MG

2020

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C615c Claudio, Denise Suzane Oliveira.

Como sabemos o que sabemos por que acreditamos nisso
[manuscrito]: análise de um modelo de ensino sobre ciência a partir de
práticas científicas e epistêmicas escolares. / Denise Suzane Oliveira
Claudio. - 2020.

138 f.: il.: color., gráf., tab.. + Quadros.

Orientadora: Profa. Dra. Paula Cristina Cardoso Mendonça.

Dissertação (Mestrado Acadêmico). Universidade Federal de Ouro
Preto. Departamento de Educação. Programa de Pós-Graduação em
Educação.

Área de Concentração: Educação.

1. Prática de ensino. 2. Práticas pedagógicas. 3. Ciências - Estudo e
ensino. 4. Professores - formação. 5. Universidade Federal de Ouro Preto
- Estudo e ensino. I. Mendonça, Paula Cristina Cardoso. II. Universidade
Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 37.016:57(043.3)

Bibliotecário(a) Responsável: Michelle Karina Assuncao Costa - SIAPE: 1.894.964



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Denise Suzane Oliveira Cláudio

COMO SABEMOS O QUE SABEMOS? POR QUE ACREDITAMOS NISSO?: ANÁLISE DE UM MODELO DE ENSINO SOBRE CIÊNCIA A PARTIR DE PRÁTICAS CIENTÍFICAS E EPISTÊMICAS ESCOLARES

Membros da banca

Paula Cristina Cardoso Mendonça - Doutorado - Universidade Federal de Ouro Preto

Maíra Batistoni Silva - Doutorado - Universidade de São Paulo

Uyrá dos Santos Zama - Doutorado - Universidade Federal de Ouro Preto

Versão final

Aprovado em 29 de junho de 2020

De acordo

Professor (a) Orientador (a)



Documento assinado eletronicamente por **Paula Cristina Cardoso Mendonça, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/06/2020, às 19:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0062832** e o código CRC **BC5BC9EA**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.004630/2020-01

SEI nº 0062832

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: 3135591707 - www.ufop.br

*Dedico essa dissertação aos meus pais,
Maria da Conceição e Geraldo, meu
irmão André e meu esposo Jonathan.
Especialmente a minha mãe que esteve
sempre envolvida em todas as etapas.*

AGRADECIMENTOS

O sentimento que resume o final dessa jornada é a gratidão, como estou grata por chegar até aqui. E não poderia deixar de agradecer às pessoas que me acompanharam e ajudaram a tornar esse momento ainda mais memorável. Antes de tudo, agradeço a DEUS, por me mostrar que sou capaz, por sempre ser meu amparo.

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais, Maria da Conceição e Geraldo, por serem meus pilares e alicerces, pela educação, dedicação e amor investidos a mim sem nunca hesitarem. Ao meu irmão, André, que sem perceber é meu porto seguro.

Agradeço ao meu esposo, Jonathan, por todo seu amor e paciência, por sempre estar disposto a uma conversa encorajadora, por acreditar em mim e por me mostrar que a vida é mais fácil quando estamos juntos.

Agradeço aos meus amigos por tornarem essa caminhada suave, em especial às *mudezas*, pois sem elas minha vida não teria tamanha alegria.

Agradeço aos meus amigos do mestrado, que tornaram esse momento muito mais leve e as disciplinas ainda mais inesquecíveis. Em especial agradeço a Isabela, a Kênia e ao Luan, que foram verdadeiros companheiros de caminhada, sempre presentes, ouvintes, amorosos e empáticos.

Agradeço ao grupo de pesquisa, Práticas Científicas e Epistêmicas na Educação em Ciências, por todas contribuições e aprendizados valiosos, em especial agradeço a Letícia por mostrar que valeria a pena ingressar no mestrado.

Agradeço a minha orientadora, Paula, pela orientação exemplar e por todos os aprendizados, por caminhar ao meu lado nesse percurso, com certeza os seus ensinamentos estão marcados em mim.

Agradeço aos estudantes e professores que dispuseram a colaborar nessa pesquisa. O professor Fábio Augusto Rodrigues e Silva que sempre foi muito solícito e compreensível e a professora Uyrá dos Santos Zama que me proporcionou questionamentos pertinentes e por sempre ser muito amigável.

Agradeço aos professores da banca, Uyrá dos Santos Zama e Maíra Batistoni e Silva, por todas contribuições e reflexões para aprimorar este trabalho.

À UFOP, por ter me oportunizado almejar um futuro melhor.

Agradeço ao pesquisador, John Kenward Gilbert, por sua contribuição à pesquisa em Educação em Ciências, em especial nos temas modelos e modelagem (*in memoriam*).

Que todos possam sentir a minha GRATIDÃO!

RESUMO

Nesta pesquisa consideramos que aprender ciência significa compreender os produtos científicos, incluindo os fundamentos das alegações científicas e os processos envolvidos na produção, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento. Para isso a literatura da área de Educação em Ciências direciona para um ensino que promova a socialização dos estudantes em práticas análogas aquelas das comunidades científicas. Nessa perspectiva, os estudantes precisam ter um papel ativo em comunidades de prática, de modo que compreendam suas reponsabilidades como produtores de conhecimento e tenham autoridade epistêmica para tal. Indo nessa direção, o objetivo da pesquisa centra-se em analisar como as práticas científicas escolares no contexto do desenvolvimento de uma sequência didática (SD) possibilitam a emergência de práticas epistêmicas escolares. A pesquisa é do tipo qualitativa e utiliza a videogravação de sala de aula e anotações de campo da pesquisadora no desenvolvimento da SD como instrumentos para construção dos dados. A SD foi aplicada em uma turma com 18 estudantes matriculados na disciplina de Estágio Supervisionado no Ensino de Ciências Biológicas I da Universidade Federal de Ouro Preto. Na análise dos dados a turma foi tratada como o caso e este foi organizado em episódios. A partir dos dados concluímos que (i) a esfera social, incluindo as normas sociais para produção social do conhecimento, implicam no desenvolvimento da argumentação, das práticas científicas escolares, das práticas epistêmicas escolares, e nos conhecimentos conceitual, processual e epistêmico; (ii) a perspectiva “*hands-on*” no contexto escolar interfere na ocorrência das práticas epistêmicas; (iii) a visão epistemológica dos estudantes influencia no desenvolvimento das práticas epistêmicas; (iv) os movimentos realizados pelo professor contribuem para a ocorrência das práticas epistêmicas escolares. Como implicações para o ensino ressaltamos a utilização das práticas científicas interconectadas e com foco na avaliação do conhecimento. Como implicações para a pesquisa destacamos a necessidade de aprofundar em estudos com foco no estabelecimento das normas sociais na sala de aula, já que elas influenciaram diretamente no desenvolvimento das práticas científicas e epistêmicas escolares e na argumentação. As reflexões advindas deste trabalho evidenciaram que a distinção das práticas científicas e epistêmicas para o contexto de ensino é importante porque possibilita a compreensão de como as práticas epistêmicas surgem no ensino, considerando que para isto as práticas científicas não se limitem ao fazer prático e sejam experienciadas de forma metacognitiva e reflexiva.

ABSTRACT

In this research, we consider that learning science means understanding scientific products, including the fundamentals of scientific claims, and the processes involved in the production, communication, evaluation and legitimation of knowledge. For that, the literature in the area of Science Education directs to a teaching that promotes the socialization of students in practices similar to those of the scientific communities. In this perspective, students need to take an active role in communities of practice, so that they understand their responsibilities as producers of knowledge and have epistemic authority to do so. Going in this direction, the aim of the research focuses on analyzing how school scientific practices in the context of the development of a teaching sequence (TS) enable the emergence of school epistemic practices. The research is qualitative and uses the videography of the classroom and field notes of the researcher in the development of TS as instruments for the construction of the data. The TS was applied in a class with 18 students in the subject of Supervised Internship in the Teaching of Biological Sciences I of the Federal University of Ouro Preto. The class was treated as the case in the analysis of the data. The case was organized in episodes. From the data we concluded that (i) the social sphere, including the social norms for the social production of knowledge, implies the development of argumentation, school scientific practices, school epistemic practices, and conceptual, procedural and epistemic knowledge; (ii) the “hands-on” perspective in the school context interferes with the occurrence of school epistemic practices; (iii) the epistemological view of students influences the development of school epistemic practices; (iv) the movements made by the teacher contribute to the occurrence of school epistemic practices. As implications for teaching, we emphasize the use of interconnected scientific practices and with a focus on knowledge evaluation. As implications for the research, we emphasize the need to develop more studies focusing on the establishment of social norms in the classroom, since they directly influenced the development of scientific and epistemic school practices and argumentation. The reflections from this work showed that the distinction between scientific and epistemic practices for the teaching context is important, as it allows to understand how epistemic practices in teaching arise, considering that, for this purpose, scientific practices are not limited to “doing science”. The scientific practices practiced must be experienced in a metacognitive and reflective way.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 9 |
| 1.1 Motivação pessoal..... | 9 |
| 1.2 Contextualização da pesquisa | 9 |
| 1.3 Estrutura da dissertação | 12 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 14 |
| 2.1 Perspectivas de Ensino e Aprendizagem de Ciências e a Pesquisa | 14 |
| 2.2 Perspectiva Epistemológica adotada na Pesquisa | 17 |
| 2.3 Prática Epistêmica em Comunidade de Prática e Educação em Ciências | 20 |
| 2.4 As práticas epistêmicas podem ser alcançadas no desenvolvimento das práticas científicas | 24 |
| 2.5 Relação entre as práticas científicas e as práticas epistêmicas no Ensino de Ciências..... | 26 |
| 2.6 A argumentação como promotora das práticas científicas escolares e das práticas epistêmicas escolares | 30 |
| 2.7 Práticas científicas escolares..... | 32 |
| 2.7.1 Modelagem..... | 32 |
| 2.7.1.1 Argumentação e Modelagem..... | 35 |
| 2.7.2 Elaboração de Explicações Científicas | 37 |
| 2.7.2.1 Argumentação e elaboração de explicações científicas..... | 39 |
| 2.7.3 Análise e interpretação de dados e construção de evidências | 40 |
| 2.7.3.1 Argumentação e a análise e interpretação de dados e construção de evidências | 40 |
| 2.8 Modelo do contexto social de ensino e aprendizagem <i>sobre</i> Ciência adotado na pesquisa..... | 41 |
| 3 METODOLOGIA DA PESQUISA..... | 43 |
| 3.1 Estudo Piloto..... | 43 |
| 3.2 Contexto de desenvolvimento da pesquisa | 45 |
| 3.3 Caracterização da amostra | 46 |
| 3.4 Desenvolvimento da Sequência Didática (SD) no contexto pesquisado | 47 |
| 3.5 Abordagem metodológica..... | 54 |
| 3.6 Metodologia de análise | 56 |
| 3.6.1 Seleção dos episódios..... | 56 |
| 3.6.2 Caracterização da análise dos dados | 57 |
| 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS..... | 60 |
| 4.1 Análise dos dados | 60 |

| | |
|--|-----|
| 4.1.1 Episódio 1: <i>pode usar cola?</i> | 60 |
| 4.1.2 Episódio 2: <i>gente eu fiz, mas eu não sei explicar.</i> | 71 |
| 4.1.3 Episódio 3: <i>atirei no que vi e acertei no que não vi.</i> | 79 |
| 4.2 Discussão dos dados à luz do referencial teórico | 97 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 107 |
| 6 IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO E A PESQUISA..... | 112 |
| REFERÊNCIAS | 115 |
| APÊNDICE | 121 |
| Apêndice A- Atividades da sequência didática | 121 |
| ANEXOS | 129 |
| Anexo A- Termos | 129 |
| Anexo B- Parecer do CEP | 136 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação pessoal

A trajetória escolar de uma pessoa pode dizer muito sobre as suas escolhas profissionais. Uma criança, desde a tenra idade, costuma ser questionada pelos adultos sobre “o que deseja ser quando crescer”. Os adultos se divertem com as respostas espontâneas que surgem. À medida que a criança percorre sua trajetória escolar as respostas espontâneas podem modificar-se pelas vivências e experiências e através de processos cognitivos que começam a se desenvolver por meio da reflexão. Nestas situações, costumamos perceber associações da disciplina que mais gosta na escola ou a que tem melhor rendimento com a futura profissão.

Essa retrospectiva guarda relação com a minha escolha profissional. Sempre gostei das disciplinas ciências e biologia na escola, mas apesar disso, ficava insatisfeita em ter que “decorar” os conteúdos para trabalhos e provas e, logo depois de um tempo, eles não faziam mais sentido para mim. Porém, já no ensino médio, lembro de uma professora de biologia que contextualizava os assuntos e utilizava estratégias de ensino diferentes daquelas anteriores às quais havia sido exposta. Isso influenciou na decisão de ser professora! Cursei Ciências Biológicas licenciatura, pois percebi que o professor pode mudar a perspectiva do aluno sobre o que é ensinar e sobre o que é aprender e como pode contribuir para a sua formação mais ampla, até culminando numa escolha profissional.

Enquanto cursava o sétimo período da graduação comecei a lecionar em uma escola da rede privada, local que leciono até os dias atuais, ao ir para sala de aula pela primeira vez ainda sem ter graduado e inexperiente proporcionou um certo frio na barriga, mas nunca hesitei na decisão, confiava em minha escolha. Ao terminar a graduação pensei nos caminhos a seguir e o mestrado em educação era um desses caminhos que coincidia com minha escolha em seguir no ambiente acadêmico e permitiria aprender mais sobre educação para contribuir com as pesquisas no Ensino de Ciências e com o processo de aprendizagem dos meus alunos e futuros alunos.

1.2 Contextualização da pesquisa

A temática investigada nesta dissertação surgiu em função de minha participação como membro do grupo de pesquisa Práticas Científicas e Epistêmicas na Educação em

Ciências, coordenado pelas professoras Paula Cristina Cardoso Mendonça e Nilmara Braga Mozzer. Os trabalhos já desenvolvidos e em elaboração pelos integrantes do grupo de pesquisa, bem como as discussões da literatura da área de Educação em Ciências a respeito dos temas práticas científicas e práticas epistêmicas, ocorridas durante os anos de 2018 e 2019, contribuíram fortemente para delinear os caminhos dessa pesquisa

A literatura da área de Educação em Ciências (LONGINO, 2002; DUSCHL, 2008; KELLY, 2008; OSBORNE, 2014; 2016; SASSERON; DUSCHL, 2016; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; CRUJEIRAS, 2017; SASSERON, 2018; NASCIMENTO; SASSERON, 2019) aponta para um ensino de ciências que promova a socialização dos estudantes nas práticas da comunidade científica, de modo que eles vivenciem um processo de enculturação (LEMKE, 1998; MORTIMER, 2006) nos modos de produção do conhecimento na ciência. Para isso os estudantes e professores de ciências precisam ter acesso não somente aos produtos da ciência (leis, teorias e modelos consensuais na comunidade científica), como também compreender os processos envolvidos na produção do conhecimento, incluindo o entendimento dos fundamentos das alegações científicas e como ocorre a avaliação e legitimação do conhecimento na Ciência na constituição dos fatos científicos (DUSCHL, 2008; KELLY, 2008; MENDONÇA; JUSTI, 2013 a;b; STROUPE, 2014; OSBORNE, 2014; 2016; MENDONÇA, 2020)

Para isto torna-se necessário distanciarmos do ensino tradicional de ciências, marcado pela memorização, ênfase do discurso de autoridade do professor e do comportamento passivo do estudante como receptor de conteúdo. O termo conteúdo, ainda, precisa ser (re)significado, pois vai além dos conhecimentos factuais sobre ciência, incluindo as dimensões sociais e epistêmicas do saber (DUSCHL, 2008; KELLY, 2008; OSBORNE, 2014; SASSERON, 2018; NASCIMENTO; SASSERON, 2019).

Para mudar esse cenário tornam-se desafios na formação de professores de ciências construir a percepção de que os estudantes de ciências dos diferentes níveis escolares podem ser responsáveis pela produção de conhecimento no contexto escolar, ao invés de apenas receptores de conhecimentos trazidos prontos pelo professor. Assim, professores de ciências precisam (re)significar o papel do aluno como ativo no processo de ensino e aprendizagem de ciências. Para tal, são necessárias discussões na formação inicial e continuada de professores de ciências de um modelo de ensino e aprendizagem *sobre* Ciência (DUSCHL, 2008; OSBORNE, 2014; 2016; MENDONÇA; IBRAIM, 2019), isto é, uma compreensão da natureza da ciência que não desvincula os processos

científicos de seus produtos e do conhecimento epistêmico envolvido nos processos de legitimações deles (MENDONÇA, 2020).

Para entender como os professores poderiam agir frente a esses desafios os estudos no grupo de pesquisa se direcionaram para a literatura de práticas científicas e práticas epistêmicas e, a partir disso, foram surgindo inquietações que foram direcionando o foco para a pesquisa aqui apresentada. Ao discutirmos sobre a mudança de foco no estudo da aprendizagem do indivíduo para entender que a aprendizagem ocorre em comunidade de prática, vimos que era necessário que os estudantes se engajassem em atividades similares aquelas praticadas pelos cientistas (DUSCHL, 2008; KELLY, 2008; OSBORNE, 2014). Então surgiram vários questionamentos, dentre eles: As práticas dos cientistas podem ser inseridas no contexto da sala de aula? Como? Isso quer dizer que ao inserir as práticas científicas no contexto escolar estamos preparando os estudantes para serem cientistas ou os objetivos de ensino são distintos? Em uma comunidade de prática de cientistas existem normas sociais, eles compartilham valores, ferramentas e significados (DUSCHL, 2008), isso quer dizer que a sala enquanto comunidade de prática também deve compartilhar desses valores? De que forma? Somente desenvolver atividades voltadas para as práticas científicas na sala de aula é suficiente para que ela se torne uma comunidade de prática? Como a autoridade epistêmica pode ser distribuída a todos os estudantes numa comunidade de prática? (SANDOVAL, 2014).

Além destes questionamentos percebemos brechas na literatura da área com relação a caracterização e distinção de práticas científicas e epistêmicas. Por exemplo, enquanto Osborne (2014; 2016) faz menção as práticas científicas atreladas aos conhecimentos conceituais, epistêmicos e processuais da ciência, Kelly (2008) e Duschl (2008) fazem menção as práticas epistêmicas e aos conhecimentos conceituais, epistêmicos e sociais da ciência. Na nossa percepção parecia que os autores estavam tratando de objetivos similares para a Educação em Ciências, contudo, nos questionávamos quais os motivos de os autores se filiarem a diferentes perspectivas teóricas. Nos trabalhos publicados até o ano de 2019 (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; CRUJEIRAS, 2017; SASSERON, 2018) havia uma tentativa de se estabelecer a relação e a distinção entre práticas científicas e práticas epistêmicas no âmbito do ensino. Contudo, ainda nos parecia necessário mais investigações em sala de aula para tentar compreender melhor tais relações, do ponto de vista teórico e empírico. Assim, as perguntas que deram origem a esta pesquisa foram: práticas científicas são equivalentes

a práticas epistêmicas? É importante distinguir práticas epistêmicas das científicas? As perspectivas teóricas apresentadas na literatura suportam uma distinção?

E a partir do exame de qualificação de mestrado (ocorrido em setembro de 2019), ficou nítido para nós que não bastava apenas saber quais são as práticas epistêmicas que ocorrem em uma proposta de ensino investigativa, precisamos avançar para compreender como elas ocorrem no ensino, ao invés de apenas classificá-las e compreender melhor os fatores que influenciam nisto.

Sintetizamos esses questionamentos em um objetivo geral de pesquisa que se centra na análise de como as práticas científicas escolares no contexto do desenvolvimento de uma sequência didática possibilitaram a emergência de práticas epistêmicas escolares. Para alcançar esse objetivo: (i) elaboramos uma sequência didática (SD) (apêndice A) que foi desenvolvida em uma turma de Estágio Supervisionado no Ensino de Ciências Biológicas I da Universidade Federal de Ouro Preto; (ii) realizamos um estudo teórico sobre as práticas científicas e as práticas epistêmicas, e, a partir disso, estabelecemos possíveis relações entre essas práticas culminando em um modelo de ensino *sobre* Ciência. Com base nos dados coletados apresentamos discussões sobre a coerência das relações teóricas que estabelecemos e buscamos responder ao objetivo geral de pesquisa.

1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está organizada em sete capítulos. O capítulo introdutório possui como proposta situar o leitor sobre a caracterização desse estudo relacionando-o com o objetivo de pesquisa.

No segundo capítulo é apresentado o referencial teórico que fundamenta a pesquisa. Iniciamos situando a visão de ensino e aprendizagem que defendemos nesta pesquisa. Em seguida, conceituamos práticas científicas e práticas epistêmicas e as relações entre elas a partir da literatura. Mais à frente, elencamos algumas práticas científicas que podem ser promovidas no ensino de ciências e apresentamos como elas podem propiciar o desenvolvimento das práticas epistêmicas. A partir dessas definições e relações, discutimos como essas práticas se conectam à argumentação. Finalizamos esse capítulo apresentando um modelo do contexto de ensino e aprendizagem *sobre* Ciências.

No terceiro capítulo realizamos uma breve caracterização e principais resultados do estudo piloto e destacamos de que forma o mesmo foi importante para a pesquisa. Em

seguida, expomos os fundamentos metodológicos que guiaram o desenvolvimento da pesquisa, dentre eles o contexto de desenvolvimento da pesquisa, a caracterização da amostra e os procedimentos envolvidos na coleta de dados. Abordamos também os processos envolvidos na metodologia de análise e a maneira como selecionados os episódios para a análise. Fizemos isso considerando o objetivo da pesquisa que pretendemos responder com base nos dados coletados e no mapa de episódios gerados.

No quarto capítulo apresentamos a metodologia de análise, em seguida os episódios e a análise e discussão dos dados. Nessa seção foram evidenciados os pontos relevantes para compreender as relações entre as práticas científicas e epistêmicas escolares e destas com a argumentação.

No quinto capítulo são tecidas as considerações gerais e os resultados alcançados em relação ao objetivo de pesquisa.

No sexto capítulo abordamos as contribuições desse estudo para o ensino de ciências e formação de professores e as implicações para a pesquisa com questões a serem investigadas em outros estudos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Perspectivas de Ensino e Aprendizagem de Ciências e a Pesquisa

No Ensino de Ciências, historicamente, é possível notar a ênfase em propostas de ensino baseadas em experimentação para lidar com as concepções prévias, espontâneas ou inadequadas dos estudantes fundamentadas na concepção da mudança conceitual (CAAMAÑO, 2010), segundo a qual os conhecimentos prévios dos estudantes são abandonados ou substituídos pelos científicos. Neste paradigma, os experimentos são conhecidos como “cruciais”, pela crença de que quando o estudante observa, via experimento, um resultado discrepante com o conhecimento pessoal, modificaria a concepção inicial como resultado do evento. Contudo, os resultados de várias pesquisas na área de Educação em Ciências indicam que devido a dependência que a observação tem da teoria, nem toda teoria que entra em conflito com uma experiência é descartada, ao contrário, pode manter-se mediante a introdução de uma série de hipóteses “*ad hoc*” (DRIVER, 1989; MORTIMER, 1996; CAAMAÑO, 2010).

Considerando a crítica aos experimentos cruciais, Caamaño (2011) nos diz que a eleição de uma hipótese ou uma teoria frente a outra não é uma mera questão de resultado experimental discrepante. Ele destaca a centralidade da argumentação na negociação sobre as interpretações e a busca de consenso no plano social via análise das evidências e da relação com os conhecimentos (DRIVER *et al.*, 2000). Estas considerações relativizam o papel de experimentos na negociação de teorias alternativas, ao se mostrar contrária a ideia de que há uma substituição de ideias no plano cognitivo do sujeito (MORTIMER, 1996).

Mortimer (2006) é um desses autores que criticam tal visão de mudança conceitual, ele o faz baseado na análise dos diferentes perfis sobre um conceito que um indivíduo pode ter. Ele nos informa que as ideias pré-científicas podem ser utilizadas pelos sujeitos nas tomadas de decisão de forma coerente a partir do uso do raciocínio lógico, mesmo que eles apresentem outras dimensões conceituais para o tema em questão. Mortimer (2006) apresenta a noção de perfil conceitual para entender como o processo de evolução das ideias ocorre em sala de aula. Para apresentar esse construto, o autor baseia-se nos trabalhos de Bachelard (1984) sobre perfil epistemológico.

A noção de perfil epistemológico de Bachelard (1984) utilizada por Mortimer (2006), mostra que os fenômenos, eventos e processos podem ser vistos de variadas

perspectivas atreladas as diferentes formas de pensar do sujeito. Mortimer (2006, p. 67) diz que “o conhecimento cotidiano não pode ser considerado como simples e errôneo, destacando que ele tem valor pragmático e um caráter fenomenológico e adaptativo”.

Nesse sentido, ele argumenta que a realidade cotidiana é a que prevalece por causa da sua naturalidade, mesmo porque soaria estranho para o convívio social se as pessoas utilizassem somente uma linguagem científica. Por exemplo, uma pessoa com formação científica utiliza em seu cotidiano os termos calor e frio conforme são utilizados no senso comum, ao dizer que vai vestir uma blusa porque ela é quente, ao contrário de dizer que irá vestir uma blusa porque ela é um bom isolante térmico, conforme um uso mais científico.

Mortimer (2006) defende que o ensino de ciências deve favorecer essa capacidade de distinção e o uso pelos sujeitos das concepções apropriadas nos contextos específicos. Isto porque para o autor aprender ciências envolve um processo de socialização dos estudantes com as práticas da comunidade científica e suas formas particulares de pensar e ver o mundo, o que ele chama de processo de enculturação¹. Sem as representações simbólicas próprias da cultura científica, o estudante muitas vezes se mostra incapaz de perceber, nos fenômenos, aquilo que o professor deseja que ele perceba.

Relacionar o aprender ciências com o envolvimento dos estudantes no processo de socialização e enculturação nas práticas da comunidade científica desloca os estudos do entendimento individual dos estudantes, tal como nas teorias construtivistas piagetianas e na abordagem de mudança conceitual no Ensino de Ciências, para o contexto social de sala de aula. Assim, passa-se a olhar a compreensão dos fenômenos específicos a partir de como os significados e entendimentos são desenvolvidos e negociados socialmente mediante o uso da linguagem (MORTIMER; SCOTT, 2002).

Nesse contexto, Mortimer e Scott (2002) sinalizam que desde o final da década de 80 e início dos anos 90, as pesquisas na área de Ensino de Ciências têm dado maior ênfase ao estudo sobre as relações sociais dentro das salas de aula de ciências. As pesquisas, as quais fazemos menção, estão mais alinhadas à perspectiva de aprendizagem de Vygotsky, que foi um dos mais conhecidos defensores da ideia de que a aprendizagem se constrói a partir de relações sociais e culturais.

¹ Mortimer (2006) utiliza a palavra enculturação para exprimir o processo pelo qual uma pessoa entra numa cultura científica diferente da sua, adquirindo, por exemplo: os conceitos, a linguagem e certas práticas da cultura científica. Essa inserção em uma nova cultura ocorre sem a perda da identidade cultural.

Vygotsky desenvolveu a teoria sociocultural de aprendizagem, partindo do ponto que o indivíduo é um ser racional que precisa compreender a sua realidade e para isso precisa atribuir sentidos e significados construídos a partir das interações sociais. Desde o nascimento o indivíduo está inserido em um mundo culturalmente construído e organizado pelas gerações do passado e do presente, e assim partilham e incorporam modos de agir, sentir e pensar próprios desse meio (SOUZA; ROSSO, 2011).

Essa incorporação de significados é um processo contínuo de aquisições, de desenvolvimento intelectual e linguístico relacionado a fala interior e o pensamento. Desse modo, ela está intrinsecamente relacionada com o meio social e cultural do sujeito. Para que ocorra essa inserção e apropriação cultural, deve existir uma mediação entre o sujeito e o mundo. Para Vygotsky a linguagem é uma forma de mediação, ela possibilita o relacionamento entre os sujeitos e possibilita organizar as atividades práticas e funções psicológicas (COELHO; PISONI, 2012).

No contexto de sala de aula, considerando-se o papel da linguagem na aprendizagem para a produção de significados e internalização dos conceitos, ela deve assumir lugar central na comunicação dos estudantes, pois é por meio dela que eles refletem sobre suas experiências e as compartilham. Essa linguagem socialmente estabelecida, pode ser expressa em palavras, diagramas, gestos, símbolos matemáticos, entre outros (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Todas essas formas de expressão do pensamento devem ser trabalhadas com os estudantes nas diferentes disciplinas científicas, dando espaço a eles no contexto de ensino para que apresentem de diferentes modos suas ideias aos pares, ao invés de serem meros espectadores dos conhecimentos trazidos pelo professor (LEMKE, 1998; DUSCHL; OSBORNE, 2002).

Para que os estudantes aprendam sobre as linguagens da Ciência, eles precisam ser envolvidos nas práticas culturais para compreender as atividades sociais da construção de conhecimento de uma comunidade científica (DUSCHL, 2008; KELLY, 2008). Nesse paradigma, o papel do professor enquanto mediador é fundamental, porque requer a participação dos estudantes em comunidades, nos quais são compartilhados valores, práticas e normas, permeadas pelo uso da linguagem e outras ferramentas culturais (LEMKE, 1998; LONGINO, 2002; DUSCHL, 2008; KELLY, 2008).

Além disto, nessa perspectiva, aprender ciência significar ir além de compreender seus produtos (lei, teorias e modelos), pois compreende também entender como os conhecimentos são produzidos e validados na Ciência. Significa compreender a Ciência como uma atividade humana inerentemente social uma vez que a decisão sobre modelos

e teorias na Ciência ocorre a partir de argumentações, consensos e dissensos na comunidade científica (MENDONÇA; JUSTI, 2013 a;b).

Dessa forma, é preciso que a educação científica inclua a compreensão sobre Ciência, ou seja, que os estudantes entendam o trabalho dos cientistas, como ele conecta seus dados com outros experimentos e modelos teóricos existentes, como as visões científicas são construídas durante a troca de ideias ou influenciadas por valores culturais e tradições disciplinares (LEMKE, 1998). Esta compreensão deve se dar preferencialmente a partir de um estudo contextualizado sobre Ciência, a partir da inserção dos estudantes nas práticas científicas (MENDONÇA, 2020).

Portanto, destacamos a importância dos professores engajarem os estudantes nas práticas e atividades análogas as das comunidades científicas (LEMKE, 1998; DUSCHL, 2008; SANDOVAL, 2014). Isto implica considerar o caráter epistêmico do conhecimento, ou seja, proporcionar aos estudantes envolvidos no aprendizado a reflexão sobre as bases e/ou origens dos conceitos científicos no seio da comunidade acadêmica. Nessa direção a construção do conhecimento ocorre em comunidades práticas específicas com uma série de ações realizadas por membros de um grupo, baseadas em propósitos e expectativas comuns compartilhando valores culturais, ferramentas e significados (DUSCHL, 2008; KELLY, 2008; NASCIMENTO; SASSERON, 2019).

2.2 Perspectiva Epistemológica adotada na Pesquisa

No ramo da filosofia a epistemologia investiga a origem, o escopo, a natureza e limitações do conhecimento. Nesse sentido, são estudados aspectos como: a natureza das provas, os critérios de escolha para uma teoria na Ciência, o papel da teoria na investigação, o papel de modelos na Ciência, a estrutura do conhecimento, etc. (KELLY; DUSCHL, 2002; MENDONÇA, 2020).

A filosofia centra seu estudo epistemológico em uma comunidade disciplinar visando analisar a racionalidade, os critérios de verdade e os processos de justificação do conhecimento. Em contrapartida, a psicologia também realiza estudos epistemológicos, mas o seu foco é no indivíduo, considerando a natureza, as causas e as dinâmicas das representações internas das estruturas conceituais (KELLY; DUSCHL, 2002).

Nesse trabalho nos aproximamos de uma perspectiva epistemológica baseada na justificação social do conhecimento, a partir de uma perspectiva descritiva dos processos

sociais que são inerentes a constituição do conhecimento (KELLY; DUSCHL, 2002; LONGINO, 2002).

No contexto educacional, para entender os aspectos epistemológicos é necessário distingui-los da prática filosófica, pois estudantes e professores na sala de aula não estão desenvolvendo uma pesquisa científica tal como os cientistas (MENDONÇA, 2020). A epistemologia no campo educacional trata a natureza do conhecimento e dos processos que relacionam o conhecimento e o mundo dentro de um contexto específico, ou seja, de acordo com a comunidade prática em questão, que remodela de forma parcial os processos de justificação do conhecimento na Ciência (KELLY; DUSCHL, 2002; KELLY, 2008).

Nesse sentido, Lidar *et al.* (2005) apontam que alguns estudos relatam que os professores e estudantes não possuem uma posição epistemológica unificada na sala de aula, pois na prática educacional a epistemologia está mais associada com as crenças epistemológicas e ponto de vista de professores e estudantes em seus contextos socioculturais específicos do que a uma visão universal do conhecimento. Para os autores é necessário, repensar e reformular o que a epistemologia significa na prática educacional com uma visão mais pragmática, considerando-a parte e resultado de práticas humanas. Ou seja, o que conta como verdade ou não é definido dentro de práticas discursivas, de modo que o conhecimento e a verdade são empreendimentos humanos. Deste modo, a epistemologia no campo educacional pode ser compreendida como uma prática socialmente compartilhada para a produção e reprodução de conhecimento.

Essa visão pragmática da epistemologia ganha o status de epistemologia prática, que resumidamente possui duas implicações. Primeiramente, por estar situada nas práticas discursivas ela deve ser investigada em relação aos propósitos e expectativas dos sujeitos. Segundo, ela pode ser identificada e descrita por meio de análise das ações das pessoas, justamente por fazer parte da prática discursiva (LIDAR *et al.*, 2005).

A epistemologia foi inserida, em um primeiro momento, na pesquisa em Ensino de Ciências, segundo Kelly e Duschl (2002), como referencial teórico guiando as decisões curriculares e fornecendo uma base para a pedagogia e avaliação das ciências. Para estes autores, a epistemologia foi inserida, em um segundo momento, para examinar as visões dos professores e estudantes sobre conhecimento e Ciência, avaliando mudanças na posição epistemológica como uma medida de eficácia da educação científica ou como essa posição influenciava o aprendizado de ciências.

A aprendizagem dos estudantes sobre ciências e suas questões epistemológicas particulares (segundo momento destacado por Duschl e Osborne, 2002), é destacadamente relevante para a área de Ensino de Ciências (ACEVEDO-DÍAZ *et al.*, 2007; LEDERMAN, 2007), porém, em muitas situações, parecem restritas, pois as análises se limitam a questionários e entrevistas, sendo muitos destes instrumentos desprovidos de contexto (ACEVEDO-DÍAZ *et al.*, 2007; MOURA; GUERRA, 2016). Isto porque no julgamento do pesquisador, o contexto de análise do discurso torna-se limitado, acarretando em classificações previamente estabelecidas sobre o que conta como conhecimento científico (MENDONÇA, 2020). Além disso, investigar as crenças dos indivíduos sobre o conhecimento exclui a análise do discurso envolvido nos processos sociais de proposição, justificação e legitimação do conhecimento.

Frente a tais críticas, autores como Lidar *et al.* (2005), Sandoval (2014), entre outros, observaram a necessidade de examinar a prática em sala de aula para compreender a epistemologia, ao contrário de continuar documentando somente as concepções de estudantes e professores desvinculadas de contextos e filiadas a determinadas visões filosóficas definidas a priori.

Esses autores Lidar *et al.* (2005), Sandoval (2014) e Nascimento e Sasseron (2019) ainda notaram a carência de investigações que consideram as práticas epistemológicas na ação cotidiana dos estudantes. Deste modo, assim como Kelly e Duschl (2002) apontam, há relevância de mais estudos da prática epistêmica *in situ*, abordando as ações sócio-interativas na negociação do que conta como conhecimento. Por exemplo, não basta o estudante declarar que o conhecimento é empiricamente fundamentado, torna-se necessário compreender como ele usa esta concepção na análise da suficiência, especificidade e confiabilidade de evidências nas alegações científicas (MENDONÇA, 2020)

Nessa perspectiva, os estudos epistemológicos na Educação em Ciências direcionam para as práticas cotidianas, considerando a relevância da razão e evidência dentro de um contexto social, ganhando enfoque as práticas epistêmicas; que são definidas como processos de justificação do conhecimento e são estabelecidas em ações no plano social. Essa justificação ocorre de forma específica pelos membros de uma comunidade que propõem, justificam, avaliam e legitimam as reivindicações de conhecimento dentro de uma esfera social (KELLY, 2008).

2.3 Prática Epistêmica em Comunidade de Prática e Educação em Ciências

As comunidades de práticas são caracterizadas por possuírem suas formas de expressão, invenção e conhecimento que caracterizam o seu discurso argumentativo particular. Nelas os membros desenvolvem práticas e normas que são aprendidas pela participação e interações prolongadas de modo que todos estejam familiarizados com as maneiras em que essas práticas são reconhecidas e significadas (KELLY; LICONA, 2018).

Longino (2002) propôs um conjunto de normas sociais para o desenvolvimento do conhecimento científico social, sendo elas: (i) fórum: refere-se à necessidade de espaços reconhecidos publicamente para apresentações de trabalhos e abertura para críticas possibilitando possíveis revisões do que se apresenta, como as evidências, métodos, suposições e argumentos (por exemplo, reuniões de grupos de pesquisa, apresentações de *papers* em conferências e publicações científicas); (ii) receptividade à crítica: uma comunidade tolera a dissidência e sujeita suas crenças e teorias a modificações ao longo do tempo em resposta ao discurso crítico; (iii) padrões públicos de análise: enquadram debates e críticas, ou seja, são conjuntos de critérios e conhecimentos estabelecidos que organizam e dão suporte à análise de novos conhecimentos e práticas; (iv) constituição de igualdade moderada: a comunidade é relativizada por níveis de experiência ou conhecimento, mas não por uma posição social ou política, em virtude do estabelecimento de uma igualdade de autoridade intelectual em que todos os membros podem opinar e ter suas posições respeitadas e aceitas ao exame (NASCIMENTO; SASSERON, 2019).

Nessa perspectiva, a produção do conhecimento é uma construção social, que envolve interações discursivas críticas. Essa construção social é epistemológica, sendo caracterizada pelas considerações dos sujeitos da comunidade de prática em relação a plausibilidade, valor ou verdade de uma ideia em relação as evidências e o conhecimento historicamente acumulado. Ou seja, é nesse processo social que ocorre a determinação sobre quais informações devem permanecer em debate público e quais serão esquecidas (LONGINO, 2002).

Neste processo social de produzir o conhecimento científico, a crítica possui um papel fundamental, uma vez que ajuda a evitar a falsidade das informações e alinha o conteúdo delas com os objetivos e padrões cognitivos. Quando ocorre interação crítica efetiva na comunidade evita-se que um conhecimento seja canonizado sobre outro,

garantindo que o conhecimento estabelecido sobreviveu a críticas de vários pontos de vista (LONGINO, 2002).

De acordo com Longino (2002), as normas sociais são necessárias para que essas interações ocorram, pois elas devem ser reconhecidas e aceitas por todos os envolvidos na comunidade, de modo que todos possam analisar os critérios de adequação do conhecimento sem arbitrariedade. Vale ressaltar que essas normas não são estáticas ao longo do tempo e dependerão da comunidade de prática em questão para alinhá-las conforme suas especificidades. Quando adaptadas de modo assertivo garantem que as teorias e hipóteses aceitas na comunidade não incorporam vieses de um indivíduo ou subgrupo.

Para a construção do conhecimento é importante a diversidade de perspectivas no discurso crítico, favorecendo a exposição de hipóteses ao mais amplo leque de críticas para que o conhecimento seja epistemicamente eficaz. Essas interações discursivas possibilitam a comunidade manter meios de disseminar e responder as críticas, de modo que a comunidade de prática seja capaz de responsabilizar-se, individualmente e coletivamente, sobre o conhecimento estabelecido (LONGINO, 2002).

Vale ressaltar que o conhecimento produzido, os pressupostos de bases e as normas públicas são legitimados provisoriamente, por mais minuciosos que foram os estudos e todo o processo de escrutínio público do conhecimento. Posteriormente novas análises e críticas podem ser realizadas reavaliando e rejeitando esse conhecimento, mostrando a provisoriedade do conhecimento científico. Essa reavaliação pode ser consequência não apenas da interação com novas comunidades, mas também de mudanças de valores ou outras suposições de uma mesma comunidade ao longo do tempo na Ciência (LONGINO, 2002).

Pensando no ensino de ciências escolar é muito importante enfatizar o papel da argumentação nessas interações discursivas na construção de conhecimento escolar, dando-se espaço para as críticas, pois, geralmente, a argumentação na sala de aula de ciências é atrelada somente a elaboração de justificativas, isto é, apresentar uma evidência que comprove uma afirmativa de conhecimento (OSBORNE *et al.*, 2012). Conforme abordado anteriormente, a crítica tem papel central na produção e validação do conhecimento na Ciência, logo a argumentação também deve ser inserida destacando-se seu papel na negociação e crítica aos conhecimentos (OSBORNE *et al.*, 2012).

Ao estudar os processos sociais de elaboração do conhecimento em comunidades de práticas ressaltamos alguns aspectos relevantes para compreender o que conta como

conhecimento para esta comunidade, como por exemplo: uma compreensão comunitária do significado, avaliação de ideias baseadas em evidências em contextos específicos e legitimação de reivindicações de conhecimento dentro de um grupo relevante. Esses aspectos quando rotineirizados e padronizados ao longo do tempo, incluindo o raciocínio público e a justificação de reivindicações do conhecimento, tornam-se práticas epistêmicas (KELLY; LICONA, 2018). Ainda de acordo com esses autores, as práticas epistêmicas são interacionais, contextuais, intertextuais e consequenciais, ou seja, elas surgem de atividades realizadas por sujeitos que estão inseridos em práticas e normas sociais em que ocorre a comunicação entre os pares avaliando e legitimando o conhecimento.

As práticas epistêmicas variam dependendo do contexto em questão, por exemplo, em uma abordagem investigativa as práticas epistêmicas não são totalmente convergentes com aquelas requisitadas em um contexto de questões sócio-científicas (QSC) (KELLY; LICONA, 2018). Isto porque a natureza dos problemas postos em cada situação têm naturezas distintas, visto que em uma QSC o consenso é obtido pela análise racional dos argumentos, que podem ter fundamento moral e ético, ao passo que o conhecimento científico nem sempre é o mais importante na resolução. Kelly e Licona (2018) afirmam que as práticas epistêmicas em contextos de engenharia também são bem distintas dessas outras duas abordagens.

Kelly e Licona (2018) ilustram como as práticas epistêmicas variam nesses três contextos de ensino. Por exemplo, na instância de proposição as práticas epistêmicas utilizadas no *ensino de ciências investigativo* podem ser: colocar perguntas científicas, projetar investigações científicas para responder perguntas, fazer observações, prever evidências relevantes baseadas em uma investigação e construir e refinar modelos; *na engenharia*: identificar e considerar problemas no contexto, aplicar conceitos científicos e raciocínio, aplicar raciocínio matemático, prever várias soluções, persistir e aprender com o erro, usar o pensamento sistêmico; *QSC*: colocar perguntas científicas, econômicas, morais, religiosas, ecológicas, projetar investigações para responder perguntas, ponderar várias linhas de raciocínio, construir refutações, etc.

Considerando-se a especificidade desta pesquisa, o ensino de ciências investigativo busca desenvolver as capacidades cognitiva e discursiva dos estudantes de conduzir investigações e por meio desse processo ocorre a aprendizagem sobre a construção do conhecimento e sobre as práticas de uma comunidade disciplinar. Acima exemplificamos as práticas epistêmicas de *proposição* nesse contexto investigativo, a

seguir exemplificaremos para as outras instâncias – *comunicar*: desenvolver uma linha científica de raciocínio, fornecer justificativa disciplinar específica para reivindicações de conhecimento, escrever uma explicação científica (relatório), comunicar uma explicação científica verbal, construir uma explicação científica baseada em evidências e raciocínio; *avaliar*: avaliação da veracidade de uma afirmativa, evidência ou modelo científico, avaliar uma linha de raciocínio científico, avaliar uma explicação científica, considerando explicações alternativas; *legitimar*: estabelecer consenso em um grupo para explicações cientificamente sólidas, considerando a explicação que mais se aproxima das teorias cientificamente aceitas de modo a reconhecer o conhecimento da comunidade epistêmica relevante (KELLY; LICONA, 2018).

A pesquisa em Educação em Ciências considerando o construto práticas epistêmicas preocupa-se com três esferas principais de aprendizagem: conceituais/processuais, epistêmicas e sociais (DUSCHL, 2008; KELLY, 2008). A esfera conceitual/processual abrange o questionamento: *saber o que?* e *saber como?* e envolve a compreensão sobre os modelos, as leis e as teorias que são estabelecidos(as) na Ciência e o entendimento dos procedimentos e métodos utilizados para legitimar o conhecimento científico. A esfera epistêmica questiona *saber porque? como nós sabemos o que sabemos?* Esses questionamentos ocorrem sobre os conceitos e processos em debate na comunidade de prática. Nesse sentido, envolve a compreensão dos raciocínios envolvidos nas práticas científicas e/ou como ocorre a construção das conclusões científicas nas comunidades disciplinares. Isto abrange os fundamentos do conhecimento, das teorias, das leis e dos modelos, ou seja, envolve o campo do desenvolvimento e avaliação do conhecimento científico. E por fim, é na esfera social que os questionamentos acima podem ser respondidos, pois ela inclui todos os processos sociais envolvidos na comunicação, representação, debate e argumentação acerca do conhecimento (DUSCHL, 2008; KELLY, 2008; OSBORNE, 2014; 2016).

Com esses objetivos a educação científica muda o foco tradicional dos produtos da Ciência, para a compreensão de seu processo, ou seja, “o que nós sabemos, como nós sabemos, porque acreditamos nisso” (OSBORNE, 2014; 2016; KELLY; LICONA, 2018).

Ao envolver os estudantes de ciências no contexto de práticas epistêmicas, favorece-se o desenvolvimento da esfera epistêmica do conhecimento, pois deste modo espera-se que ele conecte a estrutura do conhecimento com os processos de conhecer e aprender, ou seja, envolve o conteúdo, o contexto e o processo, e assim viabiliza a

reflexão: “como sabemos o que sabemos?” (DUSCHL, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; CRUJEIRAS, 2017).

Os estudantes ao vivenciarem as práticas epistêmicas podem compreender de forma mais ampla *o que sabemos* a partir do movimento de compreender *como sabemos o que sabemos* e dos construtos epistêmicos (como os modelos) que guiam as práticas e tornam a construção do conhecimento *sobre* Ciência mais autêntica (OSBORNE, 2014). Os estudantes não teriam uma clareza profunda das práticas ou de como o conhecimento é produzido se não experimentando esses processos (DUSCHL, 2008).

2.4 As práticas epistêmicas podem ser alcançadas no desenvolvimento das práticas científicas

Stroupe (2014) conceitua as práticas científicas como as dimensões aprendidas e valorizadas do trabalho disciplinar que as pessoas desenvolvem ao longo de um tempo em um local específico, podendo ser um laboratório, campo ou sala de aula. Para essa conceituação, Stroupe baseou-se em dois aspectos: primeiramente, as dimensões do trabalho disciplinar e, em segundo, nas descrições de como um sujeito inicialmente aprende a partir de uma atividade em comunidade. Para ele, a inserção de práticas científicas no contexto escolar altera a dinâmica da sala de aula, rompendo com a memorização em busca de um engajamento progressivo no autêntico trabalho disciplinar.

A partir disso, caracterizamos as práticas científicas como os procedimentos, as atividades e as ações realizadas pelos membros de determinada comunidade científica que visam a resolução de problemas investigados na Ciência. Elas são usadas pelos cientistas de modo consciente e reflexivo para a produção de um novo saber na Ciência (OSBORNE, 2014; 2016; STROUPE, 2014).

A concepção de práticas científicas no ensino incorpora um movimento de ver a Ciência como um conjunto de processos, enfatizando a interação social e discursiva que faz parte da construção do conhecimento na sala de aula. Desse modo, na sala de aula o objetivo não é a produção de novos conhecimentos, mas o de proporcionar aos estudantes a compreensão de um *corpus* de conhecimentos científicos existentes, consensualmente acordados e bem estabelecidos nas comunidades científicas (SASSERON, 2018), a partir da vivência reflexiva de processos, ações e procedimentos análogos aos da Ciência (OSBORNE, 2014; 2016).

Documentos norteadores do Ensino de Ciências americanos, como o *National Science Education Standards* (2000) e *National Research Council* (2011), apontam para uma mudança de foco no ensino de ciências, afastando a ênfase do raciocínio científico de domínio geral para o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao raciocínio de domínio específico e práticas sociais (DUSCHL, 2008).

Durante muito tempo essa ênfase no raciocínio de domínio geral se justificou no ensino de ciências investigativo, no qual o foco era a experimentação como um processo individualista para desenvolver habilidades de manuseio de materiais com o objetivo de verificar conceitos já abordados pelo professor (DUSCHL, 2008; OSBORNE, 2014).

A educação científica autêntica deve ser alicerçada por objetivos de aprendizagem mais legítimo do que apenas manusear objetos para averiguar o conhecimento já estabelecido (DUSCHL, 2008), conforme as atividades de “*hands-on*”. Nessas atividades os estudantes são orientados por etapas descritivas e definidas em procedimentos de modo que realizam mais ações mecânicas do que reflexivas. Para que o ensino tenha a autenticidade que defendemos aqui deve centrar-se na investigação que proporcione aos estudantes descreverem objetos e eventos, fazer perguntas, identificar dados, trabalhar com evidências, construir explicações, testar essas explicações e comunicá-las a outras pessoas, pois somente assim eles compreenderão de forma mais ampla a atividade científica (OSBORNE, 2014).

Para exemplificar essas práticas o documento americano elaborado pela associação NRC (2011) (*National Research Council*) se faz pertinente como ponto de partida, uma vez que aborda oito práticas científicas que devem ser inseridas no currículo da Educação Básica. Ressaltamos que o intuito de abordar essas práticas é para ilustrar e facilitar sua inserção na sala de aula e não de limitá-las e muito menos roteirizá-las de forma linear como uma receita a ser seguida. Além disso, elas são relacionadas, ou seja, em um mesmo contexto de ensino é possível utilizar mais de uma para alcançar os objetivos de aprendizagem desejados. As oito práticas abordadas no NRC (2011) são: (i) fazer perguntas; (ii) desenvolver e usar modelos; (iii) planejar e executar investigações; (iv) analisar e interpretar dados; (v) utilizar pensamento matemático; (vi) construir explicações; (vii) engajar-se em argumentações baseadas em evidências; (viii) obter, avaliar e comunicar informações.

Dentre essas práticas científicas listadas no documento NRC (2011) utilizamos na proposição da sequência didática desenvolvida nessa pesquisa as seguintes: desenvolver e usar modelos (adotaremos a concepção de modelagem); analisar e interpretar dados

(adotaremos a nomeação de analisar e interpretar dados e construir evidências); elaborar explicações científicas e usar evidências (adotaremos a nomeação de elaborar explicações científicas); a prática científica de engajar em argumentação não a consideramos como um prática científica, pois nesse trabalho adotamos um status diferente a ela, relacionando-a com a promoção das práticas científicas e das práticas epistêmicas.

A escolha dessas práticas se justifica por acreditarmos que elas possam ser eficazes em envolver os estudantes em reflexões, questionamentos, estabelecimento de conclusões e reformulações de afirmativas de conhecimento sobre o tema citologia desenvolvido na SD, de modo que os possibilite vivenciarem também as práticas epistêmicas envolvendo as instâncias sociais do conhecimento: produção, comunicação, avaliação e legitimação (OSBORNE, 2014; NASCIMENTO; SASSERON, 2019). Nesse sentido, supomos que se os estudantes estiverem envolvidos em processos de justificação do conhecimento permeado por discussões críticas poderão por meio da vivência das práticas científicas mobilizarem práticas epistêmicas pertinentes na resolução dos questionamentos nos contextos aos quais estiverem imersos. Caso contrário, se forem postas conforme roteiros padronizados (“*hands-on*”) ou realizadas de modo irrefletido, podem não contribuir de fato para a ocorrência de práticas epistêmicas.

2.5 Relação entre as práticas científicas e as práticas epistêmicas no Ensino de Ciências

Conforme abordamos nas seções anteriores, os benefícios de envolver os estudantes em comunidades práticas é um consenso entre alguns pesquisadores (LONGINO (2002); SANDOVAL (2014); STROUPE (2014); NASCIMENTO E SASSERON (2019)), uma vez que as práticas das comunidades têm o potencial de tornar o ensino de ciências mais autêntico, porque contribuem para os estudantes compreenderem mais sobre os processos das Ciências e não somente o conhecimento dos produtos da Ciência como uma retórica das conclusões (DUSCHL; OSBORNE, 2002). Para alcançar tal finalidade, na educação em ciências não basta apenas incluir práticas científicas como roteiros a serem seguidos e avaliados. Necessita incluir processos de ensino que visam responder *como sabemos o que sabemos e por que acreditamos nisso*, pois assim proporcionará o uso das evidências como base epistêmica das teorias. Essa perspectiva de ensino e aprendizagem é uma forte contribuição para a cultura contemporânea em que se espera a racionalidade e pensamento crítico do estudante como

finalidades da educação (OSBORNE, 2014; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; CRUJEIRAS, 2017).

Nesse sentido, aprender *sobre* Ciência inclui envolver os estudantes em práticas científicas que proporcionem a construção e reflexão do conhecimento favorecendo as esferas conceitual, processual e epistêmica de aprendizagem. Isto implica em envolver os estudantes em comunidades de prática.

A partir da compreensão de que o conhecimento científico é produzido em comunidades de praticantes, são pensadas diferentes metodologias para o ensino de ciências a fim de garantir que a aprendizagem dos estudantes se dê pela participação em certas práticas das comunidades científicas (SANDOVAL, 2014).

Vale salientar que na sala de aula de ciências existe uma própria cultura, o que alguns autores caracterizam como cultura escolar (SASSERON, 2018; NASCIMENTO; SASSERON, 2019). Portanto, é importante estar claro que os estudantes entendam os valores, instrumentos, produtos e regras de funcionamento desse meio social, que é a escola. Essa clareza possibilita que o estudante compreenda que ao desenvolver uma prática científica ele não está fazendo da mesma forma que os cientistas, mas de forma análoga, visto que na escola existe um funcionamento diferente do que na produção científica (SANDOVAL, 2014).

Contudo, deve ser feito um exercício específico para cada nível e tema de ensino a fim de torná-lo didático, possibilitando assim a aprendizagem conceitual, epistêmica e processual das Ciências (SASSERON, 2018). Em função destas especificidades, ao fazer menção as práticas científicas e as práticas epistêmicas no ensino, iremos utilizar o construto *práticas científicas escolares* e *práticas epistêmicas escolares* (NASCIMENTO; SASSERON, 2019).

Consideramos que na sala de aula deve ocorrer o desenvolvimento das práticas científicas escolares de modo a proporcionar aos estudantes vivenciarem também as práticas epistêmicas escolares. Temos como exemplo, a prática científica “modelagem” para mostrar como ela pode propiciar o desenvolvimento das práticas epistêmicas de produzir, comunicar, avaliar e legitimar o conhecimento. Na prática científica de modelagem os estudantes produzirão modelos utilizando evidências disponíveis a partir da análise de dados, os estudantes comunicarão uns com os outros sobre as diferentes elaborações e com isso os modelos serão avaliados frente ao objetivo proposto, ou seja, se é consistente e atende a sua finalidade; após a avaliação espera-se que todos os envolvidos na atividade compreendam as explicações sobre o fenômeno em questão a

partir do uso dos modelos, para assim legitimar sua elaboração, de modo seja considerado plausível por todos.

Entretanto, a prática científica pode ser realizada sem ocorrer as práticas epistêmicas. Usando o exemplo citado acima: os estudantes elaboram um modelo a partir de modelo um apresentado pelo professor, por exemplo em um slide, com a finalidade de representarem tridimensionalmente a entidade em questão e/ou utilizarem o modelo para responder questões sobre um fenômeno específico verificando um conhecimento já abordado. Nesse sentido, na proposição não foram utilizadas evidências científicas pelos estudantes, eles não analisaram e selecionaram dados ou utilizaram seus conhecimentos prévios para elaborar o modelo, não comunicaram o modelo uns aos outros, pois todos elaboraram o mesmo modelo adequando-o ao esperado, sendo assim não houve a necessidade de avaliá-lo e muito menos legitimá-lo.

A seguir elaboramos um quadro com as oitos práticas científicas citadas no documento elaborado pelo NRC (2011) com uma breve descrição de cada uma delas, de acordo com Nascimento e Sasseron (2019), e exemplificamos como uma prática científica escolar pode permitir o alcance das práticas epistêmicas escolares.

Quadro 1- Relação entre práticas científicas escolares e práticas epistêmicas escolares

| Práticas Científicas | Descrição das PC's | Práticas Epistêmicas |
|----------------------------|---|---|
| Fazer perguntas | Elaborar perguntas para guiar a proposição de explicações sobre fenômenos investigados ou para compreender algo estabelecido. | Propor: Elaborar perguntas Comunicar: Direcionar essas perguntas a comunidade de prática. Avaliar: Analisar a plausibilidade da pergunta frente a investigação realizada. Legitimar: Comunidade de prática legitima a coerência da pergunta para guiar o processo investigativo. |
| Desenvolver e usar modelos | Elaborar modelos como diagramas, mapas, desenhos, modelos concretos e usá-los para | Propor: Produzir modelos com base em evidências. Comunicar: Comunicar o modelo para a comunidade de prática. |

| | | |
|---|---|---|
| | elaborar hipóteses e explicações, fazer previsões, estabelecer conclusões. | Avaliar: Analisar a proposição do modelo frente às explicações apresentadas e ao objetivo proposto. Legitimar: Tornar o modelo plausível e justificado para todos. |
| Planejar e executar investigações | Trabalhar com variáveis, realizar observações, coletar dados, realizar procedimentos que permitem testar teorias e explicações. | Propor: Realizar experimentos. Comunicar: Apresentar à comunidade de prática os resultados obtidos dos experimentos e estudos. Avaliar: Analisar os resultados na comunidade de prática, aceitando críticas e reformulando ideias. Legitimar: Entrar em consenso sobre os resultados considerando-os plausíveis de acordo com o raciocínio científico. |
| Analisar e interpretar dados | Organizar, identificar e analisar dados. | Propor: Selecionar os dados. Comunicar: Apresentar à comunidade de prática os dados selecionados. Avaliar: Contrapor os dados com outros resultados, discutir esses dados com a comunidade de prática. Legitimar: Utilizar os dados como evidências. |
| Utilizar pensamento matemático e ferramentas de informática | Utilizar raciocínio matemático para sistematizar os dados. | Propor: Elaborar um sistema de organização de dados. Comunicar: Disponibilizar esse sistema e discuti-lo com a comunidade de prática. Avaliar: Analisar a validade e abrangência desse sistema. Legitimar: Utilizar esse sistema nas pesquisas científicas. |
| Construir explicações | Desenvolver e avaliar explicações | Propor: Elaborar explicações científicas com base em evidências. |

| | | |
|--|--|--|
| | científicas sobre os fenômenos com base em evidências. | <p>Comunicar: Comunicar essas explicações científicas para a comunidade de prática, justificando-as com evidências de modo a convencer os envolvidos.</p> <p>Avaliar: Contrapor essas explicações com os fenômenos e com as teorias científicas.</p> <p>Legitimar: Utilizar as explicações científicas para elaborar previsões.</p> |
| Engajar-se em argumentações baseadas em evidências | Formular conclusões justificadas com base em evidências científicas. | <p>Propor: Elaborar argumentos</p> <p>Comunicar: Debater as ideias com a comunidade de prática, argumentando, refutando, contra argumentando e persuadindo.</p> <p>Avaliar: Comparar explicações alternativas com base em evidências, criticar os argumentos que não são satisfatórios.</p> <p>Legitimar: Realizar o debate de ideias embasadas em evidências e teorias científicas, escolhendo as mais plausíveis, evitando o julgamento pessoal.</p> |
| Obter, avaliar e comunicar informações | Interpretar e/ou produzir documentos científicos. | <p>Propor: Escrever um artigo científico.</p> <p>Comunicar: Relatar esse artigo na comunidade de prática.</p> <p>Avaliar: A comunidade de prática avalia a linha de raciocínio científico utilizada, analisa as teorias, os dados e as evidências.</p> <p>Legitimar: Publicação e citações do artigo nas comunidades relevantes.</p> |

Fonte- Elaboração própria fundamentada em Nascimento e Sasseron (2019) e no documento NRC (2011).

2.6 A argumentação como promotora das práticas científicas escolares e das práticas epistêmicas escolares

No ensino de ciências a abordagem do conhecimento científico deve ir além da estrutura conceitual. Contudo, na maioria das aulas de ciências, o ensino é abordado apenas com foco no que sabemos (saber o que) (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE *et al.*, 2000; DUSCHL, 2008).

Esse foco no ensino pouco possibilita a argumentação, pois, nessa perspectiva, os conceitos são apresentados aos estudantes pelo professor, e esses os aceitam como verdade, uma vez que para eles os professores (ou o material didático) são autoridades do conhecimento (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010). Pensando-se que na situação escolar os professores atuam como figuras que legitimam o conhecimento, torna-se necessário abrir espaço para que os conceitos sejam negociados por meio da argumentação (CHIARO; LEITÃO, 2005). Ou seja, que sejam apresentadas as razões para que os estudantes compreendam o *status* do conhecimento, como também para apresentação de ideias contrárias.

Assim, a argumentação pode ser compreendida como promotora das práticas científicas escolares e epistêmicas escolares, uma vez que está envolvida nas instâncias sociais de produção, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento, ao possibilitar o estudante fundamentar suas explicações, ou seja, embasar suas afirmativas (hipóteses ou conclusões) em evidências (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010), como também examiná-las publicamente por meio de critérios de análise dos argumentos e das próprias evidências (ERDURAN; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2008).

Além de propiciar o conhecimento epistêmico, isto é, de porque sabemos o que sabemos e porque acreditamos no que sabemos, a argumentação também possibilita o desenvolvimento do conhecimento conceitual, já que os estudantes explicitam o seu pensamento e o avaliam durante o processo ponderando sobre as evidências contrárias ou coerentes com determinado conhecimento (MENDONÇA; JUSTI, 2013a).

Pesquisas na área de Ensino de Ciências têm demonstrado resultados positivos de aprendizagem conceitual por meio da inserção da argumentação no ensino (DUSCHL; OSBORNE, 2002; SÁ; QUEIROZ, 2007; CROSS *et al.*, 2008; TAVARES *et al.*, 2010; MENDONÇA; JUSTI, 2013; 2014), uma vez que os estudantes aprendem melhor quando compreendem porque determinado conceito, teoria ou modelo é incoerente, ao invés de serem apresentados apenas aqueles considerados coerentes do ponto de vista da Ciência atual. Isto é, sabemos melhor o que é a partir do momento que compreendemos o que não é (KUHN, 1991; 1993), sendo a argumentação uma via importante para tal regulação do

pensamento, uma vez que possibilita a ponderação das evidências e análise das justificativas.

Neste trabalho adotamos a concepção usada por Justi (2015) para argumentação, considerando-a como o processo de elaborar e utilizar argumentos com três objetivos principais: *atribuição de sentido*, quando o sujeito relaciona as evidências com as afirmativas; *articulação de ideias*, quando o argumento é comunicado na comunidade prática e *persuasão*, quando o sujeito busca convencer a comunidade de suas explicações.

Um argumento consiste em três elementos básicos: conclusão, evidência e justificativa, a partir da relação entre esses três elementos é possível expressar as relações entre o posicionamento adotado pelo sujeito e as razões para o outro o aceitar ou refutar (MENDONÇA; IBRAIM, 2019).

A conclusão expressa um posicionamento que pode ser defendido ou refutado a partir do uso das evidências. As evidências são informações, fatos, observações, experimentos, entre outros, os quais se apela para fundamentar o argumento, e, por sua vez, a justificativa possui a função de relacionar as evidências com a conclusão (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010).

Considerando essa concepção de argumentação e sua importância para promover as práticas científicas escolares e as práticas epistêmicas escolares, a seguir discutimos as práticas científicas que fundamentaram esse trabalho, as relacionamos com a argumentação, e, em seguida, apresentamos como essas práticas científicas possibilitam o desenvolvimento das práticas epistêmicas no contexto de ensino.

2.7 Práticas científicas escolares

2.7.1 Modelagem

Modelos são um dos principais produtos da Ciência (JUSTI, 2015). Nesse trabalho os assumimos como artefatos humanos que apoiam o pensamento, os quais podem ser materializados de alguma forma para favorecerem a sua manipulação em diferentes práticas epistêmicas (GILBERT; JUSTI, 2016).

As funções que os modelos podem desempenhar estão associados aos objetivos propostos em sua elaboração, podendo ser: (i) representação parcial; (ii) investigação; (iii) previsão; (iv) comunicação; (v) suporte aos argumentos e explicações científicas; (vi) simplificações e idealizações; (vii) disponibilização de uma imagem conceitual

(GILBERT; JUSTI, 2016). A seguir caracterizamos brevemente cada função epistêmica do modelo, considerando os referenciais de Justi e Gilbert:

- i. na função de representação os modelos são compreendidos como representações de objetos, eventos, ideias e processos que apresentam alguma relação estrutural com o que está sendo representado. Entretanto, deve existir uma clareza sobre o entendimento de representação, pois se representação está sendo compreendida como similaridade, os modelos podem ser entendidos como cópias da realidade ou imagens com diferentes níveis de semelhança com o que está sendo representado. Se representação está sendo compreendida como “estar no lugar” significa que algo está substituindo o que está sendo representado, com o intuito de possibilitar o raciocínio e auxiliar na elaboração de explicações. Considerando a visão semântica de modelo, o compreendemos como representação que “está no lugar” da entidade, sistema ou processo modelado(a).
- ii. na função investigativa o modelo permite que o conhecimento seja construído, desse modo, ele é utilizado para investigar aspectos da entidade ou processo modelado(a) que não são bem conhecidos. Essa função investigativa do modelo é contrária ao uso de modelo como representação da realidade, uma vez que para representar a realidade deve se ter o conhecimento da entidade a ser modelada e da sua forma de representação. Desse modo, não há investigação quando se conhece todos os aspectos da entidade a ser modelada, assim o conhecimento está apenas sendo representado e não construído conforme a investigação sugere.
- iii. a função preditiva dos modelos está relacionada com a investigativa, uma vez que os modelos são usados em simulações de comportamento sobre a entidade a ser modelada sem ter clareza de suas características reais. Nessa função os modelos são agentes ativos na produção conhecimento, não sendo apenas subordinados aos dados e teorias.
- iv. na função comunicativa os modelos são usados para comunicar uma ideia, que pode ser: um argumento, uma explicação científica, conceito, entre outros, no sentido de esclarecer e informar a comunidade sobre o conhecimento científico em questão.
- v. para dar suporte aos argumentos e explicações científicas os modelos são usados com o papel de justificar o conhecimento e na tomada de decisão sobre a plausibilidade de uma conclusão.

- vi. na função de simplificar e idealizar, os modelos são usados para favorecer a resolução de questões problemas e facilitar o entendimento da realidade quando esta é complexa, dando enfoque a aspectos relevantes.
- vii. para disponibilizar uma imagem conceitual os modelos possibilitam visualizar com os olhos da mente objetos e processos não observáveis diretamente.

A prática científica de elaborar, testar, avaliar e legitimar modelos pode ser compreendida como modelagem (JUSTI, 2015). A modelagem pode ser entendida como um processo complexo e não linear de construção de modelos, que inclui etapas de (i) elaboração/criação, (ii) expressão, (ii) teste e (iv) avaliação de modelos (GILBERT; JUSTI, 2016). De maneira resumida apresentamos as principais etapas da modelagem, conforme Gilbert e Justi (2016), adaptando-as ao contexto escolar:

- I. criação: para a criação do modelo é necessário que o estudante tenha alguma experiência com o alvo a ser modelado (JUSTI, 2006). Essas experiências podem ser informações previamente existentes ou adquiridas no momento da elaboração do modelo. Essa informação prévia pode estar relacionada ao conhecimento prévio que o estudante possui sobre o tema. A informação adquirida no momento da elaboração pode ser, por exemplo, um experimento em que os estudantes observam um fenômeno e, a partir dele, utilizam dados empíricos para fundamentar a proposição do modelo (GILBERT; JUSTI, 2016).
- II. expressão: essa etapa consiste na escolha da representação do modelo, por exemplo: concreto, visual, verbal, matemático, computacional. A seleção da representação depende da proposta abordada no processo e da natureza dos elementos a serem modelados, podendo ser estática, dinâmica, concreta ou abstrata. Outro ponto importante é estabelecer os códigos de representação, ou seja, dar significado ao material utilizado conforme os objetivos propostos. Nessa etapa de expressão do modelo o professor pode: (a) deixar os estudantes responsáveis por decidir a forma de representação, (b) solicitar que os estudantes adotem uma maneira única de representação ou (c) disponibilizar aos estudantes recursos variados e incentivá-los a escolher aqueles que favorecem a comunicação de ideias. É importante salientar que cada uma das três formas apresentadas possui vantagens ou desvantagens e cabe ao professor analisá-las para o seu contexto e objetivos. Nas opções (a) e (c) os estudantes devem avaliar diferentes formas de representação e

escolher a mais adequada, considerando os seus próprios critérios e sua criatividade. Na opção (b) o professor determina a forma de representação, sendo necessária uma justificativa plausível para tal ação, para que os estudantes não fiquem com a ideia de que um modelo só pode ser expresso de uma única forma, ou então que a apresentada pelo professor é a maneira “correta” de expressar o modelo (JUSTI, 2006). Sendo assim, cabe ao professor escolher a maneira como trabalhar com as relações entre os códigos e as representações que melhor adapte aos seus objetivos.

- III. teste: a fase de teste ocorre quando os modelos são testados frente aos objetivos propostos, ou seja, o modelo deve dar conta de sustentar as explicações solicitadas. Os testes podem ser mentais, quando o sujeito simula as situações na mente, e/ ou empírico, na realização de práticas que questionem a entidade modelada (JUSTI; GILBERT, 2002; GILBERT; JUSTI, 2016).
- IV. avaliação: nessa etapa o modelo é avaliado frente ao seu poder explicativo e o objetivo para o qual foi proposto, que ocorre na tentativa de usá-lo em outras situações, diferentes do objetivo inicial, para assim, conseguir traçar quais são os contextos que o modelo poderá ser utilizado, e também, estabelecer suas limitações e abrangências (JUSTI; GILBERT, 2002; GILBERT; JUSTI, 2016). É importante que o professor deixe claro que o modelo não está incoerente por não conseguir ser usado em algum outro contexto, o que acontece é que este possui limitações (o que é inerente a natureza dos modelos) e deve ser utilizado de acordo com os propósitos para os quais foram elaborados. Quando o estudante considerar que o modelo é satisfatório deve apresentá-lo aos outros estudantes. Nesse processo de socialização deve-se justificar a escolha do modelo, assim como a sua validade e limitações (JUSTI, 2006), para que o modelo seja consensualmente aceito dentro desta comunidade de prática (GILBERT; JUSTI, 2016)

2.7.1.1 Argumentação e Modelagem

A partir da concepção de modelagem abordada na seção anterior, defendemos que a modelagem na educação científica auxilia na construção do conhecimento científico

(MAIA; JUSTI, 2009; MENDONÇA; JUSTI, 2011). Os estudantes experimentam aspectos interessantes da produção do conhecimento científico em comparação com a prática do cientista ao vivenciarem o processo da modelagem, tais como: utilização dos conhecimentos prévios nas proposições, trabalho em equipe, criatividade e imaginação, proposição de explicações e previsões, elaboração de perguntas sobre o fenômeno em questão, análise da pertinência do modelo proposto quanto aos seus objetivos e avaliação e reformulação do mesmo (JUSTI, 2006).

A modelagem relaciona-se com a argumentação, uma vez que os estudantes elaboram afirmativas e justificativas a partir do modelo, expressam os seus construtos e os defendem justificando com base em conhecimentos e evidências. Essas ações podem acontecer na escolha do material a ser utilizado na proposição do modelo, na apresentação das abrangências do modelo, na avaliação do modelo proposto pelo grupo e dos demais estudantes frente aos dados disponíveis etc. (MENDONÇA; JUSTI, 2013b; JUSTI, 2015; GILBERT; JUSTI, 2016).

Para explicitar melhor a relação entre argumentação e modelagem, Justi (2015) analisa como a argumentação está presente em cada etapa da modelagem no contexto da sala de aula de ciências:

1. Na etapa de criação é preciso definir os objetivos do modelo, ou compreender os objetivos propostos para o modelo, é necessário buscar informações sobre a entidade a ser modelada e selecionar e organizar essas informações, se necessário definir uma analogia ou recurso matemático para fundamentar o modelo e por fim correlacionar essas informações na elaboração do modelo. Para isso os estudantes precisam lidar com aspectos da argumentação como, (i) lidar com evidências: identificar o que pode ser usado como evidência, planejar experimentos investigativos que possam produzir evidências, articular as evidências disponíveis com uma justificativa de forma a elaborar um argumento coerente; (ii) elaborar argumentos: refletir sobre as evidências, propor justificativas fundamentadas, relacionar as evidências com as justificativas e elaborar analogias.
2. A etapa de expressão do modelo envolve a visualização do modelo mental, a utilização de modos de representação e a adequação do modelo ao objetivo proposto. Ao realizar tais ações os estudantes precisam elaborar argumentos para justificar os modos ou códigos de representação utilizados na expressão do modelo.

3. A etapa de testes dos modelos envolve o planejamento e condução de experimentos mentais e empíricos, análise dos resultados obtidos dos testes e posteriormente modificação ou rejeição do modelo. Para isso os estudantes precisam lidar com as novas evidências dos testes e elaborar novos argumentos defendendo o seu modelo. Nesse processo de socialização do novo modelo para os demais estudantes é fundamental ouvir o outro, analisar as posições sem interferências emocionais, defender o seu ponto de vista utilizando uma teoria.
4. Na última etapa de avaliação do modelo é necessário identificar as limitações do modelo. Para se fazer isso o modelo é contraposto com o seu objetivo, identifica-se também a abrangência do modelo o utilizando em novos contextos e por fim torna-se necessário convencer a todos sobre a validade no modelo. Para isso os estudantes podem usar vários aspectos da argumentação: como lidar com as evidências, elaborar argumentos, defender seus pontos de vista e persuadir.

2.7.2 *Elaboração de Explicações Científicas*

As explicações são frequentemente utilizadas nas salas de aula de Ciências principalmente no discurso do professor com o objetivo de esclarecer os conceitos aos estudantes. Em relação aos estudantes a elaboração de explicações não ocorre de forma autônoma, pois, normalmente, o ensino tem sido centrado na utilização do conhecimento declarativo (OLIVEIRA, 2013).

Em contrapartida a esse ensino declarativo, o ensino de ciências autêntico, tal como advogamos aqui, considera que para uma aprendizagem *sobre ciência* têm-se a necessidade de inserir os estudantes na cultura científica, envolvendo-os em práticas científicas e epistêmicas, o que implica em oportunizar a eles o engajamento autônomo, reflexivo e autêntico em seu processo de aprendizagem (DUSCHL, 2008; MENDONÇA; IBRAIM, 2019).

Nessa perspectiva os estudantes devem saber usar e interpretar explicações científicas do mundo natural, gerar e avaliar evidência e explicações científicas (DUSCHL, 2008).

Entretanto, é necessário ter uma clareza sobre o que são explicações científicas. Na literatura não há um consenso para a definição de explicação. Oliveira, *et al.* (2015) realizaram uma breve revisão da literatura sobre as noções sobre explicações. São apresentadas concepções mais gerais e simplistas, como: explicação sendo uma resposta

fornecida a uma questão específica, ou ação com a intenção de esclarecer ou tornar algo mais inteligível. Na filosofia é tido como uma tentativa de ir além de descrições de fenômenos naturais observáveis, de atingir uma relação teórica de como os fenômenos ocorrem.

De acordo com Oliveira, *et al.* (2015) as concepções mais frequentes de explicação na educação científica são três: explicação como *esclarecimento*, quando é predominante descritiva; como *causalidade simples*, nesse caso estabelece-se uma relação de causa e efeito em um fenômeno e, por último, *justificativa*, quando ocorre na construção de argumento. E, por fim, na literatura alguns autores ao invés de usar o conceito de explicações, utilizam a ideia de episódio explicativo, por considerarem difícil isolar uma frase explicativa no discurso.

Explicações como esclarecimentos geralmente são as primeiras a serem utilizadas pelos estudantes, são usadas para esclarecer terminologias, significados ou descrição de um raciocínio na resolução de um problema. Utilizar esse tipo de explicação é útil para esclarecer ideias em uma comunidade de prática e possibilita o uso das demais explicações. Entretanto, quando na sala de aula é enfatizado somente esse tipo torna-se limitado o uso, visto que as explicações devem relacionar-se aos fenômenos naturais (OLIVEIRA, *et al.*, 2015).

As explicações causais estabelecem uma relação entre causa e efeito em eventos específicos, como aponta Oliveira (2013). Essa relação pode ser simples, linear e não envolver relação de causalidade e dados estáticos, pode ser apresentada também para dar sentido aos fenômenos. No ensino de ciências as explicações causais simples são muito utilizadas, uma vez que os estudantes estabelecem relação de causa e efeito para explicar um fenômeno (OSBORNE; PATTERSON, 2011; OLIVEIRA, 2013).

E, por último, as explicações como justificativas, das três a menos utilizada na sala de aula, envolvem o embasamento dos argumentos. Para elaborar esse tipo de explicação os estudantes devem se basear no uso de uma afirmativa, evidência e raciocínio, o que se assemelha a elaboração de um argumento. Devido a essa estrutura, tem recebido críticas por entrar em conflito com o conceito de argumento (OSBORNE; PATTERSON, 2011; OLIVEIRA, 2013).

Embora não haja um consenso na literatura sobre as definições das explicações científicas, na sala de aula é coerente que os estudantes tenham contato com essas três tipologias de explicações apresentadas, uma vez que para uma educação científica mais

autêntica, estes precisam ser críticos ao analisar as informações e se posicionar frente a elas (OLIVEIRA, 2013).

Enfatizamos assim a inserção dessa prática científica no contexto escolar, pois ela favorece uma melhor compreensão dos processos da ciência, visto que é uma prática científica comum dos cientistas nas etapas de produção, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento.

2.7.2.1 Argumentação e elaboração de explicações científicas

No contexto da sala de aula para que os estudantes elaborem explicações científicas é necessário que o professor oportunize esses momentos. Para isso o professor deve deixar de apresentar explicações prontas aos estudantes e envolvê-los no processo de construção de explicações (OSBORNE; PATTERSON, 2011). Ele deve envolver e criar diferenças entre vários pontos de vista para que as explicações apareçam, possibilitando aos estudantes se posicionarem, refutarem uns aos outros e discutirem sobre as possíveis soluções aos problemas em discussão (MENDONÇA; JUSTI, 2013; MENDONÇA; IBRAIM, 2019).

Nesse cenário a argumentação está envolvida no processo de elaboração de explicações, visto que os argumentos são necessários para justificar e persuadir a comunidade em questão sobre a melhor explicação (OSBORNE; PATTERSON, 2011; OLIVEIRA, et al., 2015).

No processo de argumentar para justificar uma melhor explicação, alguns pontos são importantes e relacionam essas duas práticas, sendo eles: (i) uso de evidências, (ii) comunicação e (iii) persuasão. Para estabelecer uma relação coerente entre a justificativa e a explicação, deve-se selecionar evidências que fundamentem sua proposta. Após ter uma explicação justificada e fundamentada é necessário comunicá-la aos demais envolvidos e convencê-los de que sua explicação é coerente e bem fundamentada em evidências (OLIVEIRA, et al., 2015).

Para que a argumentação ocorra atrelada a elaboração de explicações científicas na sala de aula, o ensino deve focar no uso das explicações causais e explicações como justificativas, visto que as explicações como esclarecimentos proporcionam um ensino mais descritivo, sem reflexões e posicionamentos, assim pouco favorece o uso da argumentação.

2.7.3 Análise e interpretação de dados e construção de evidências

As evidências são definidas por Jiménez-Aleixandre (2010) como observações, fatos, experimentos, sinais, amostras ou motivos com os quais se pretende mostrar que uma afirmação é verdadeira ou falsa, ou seja, elas podem ser utilizadas para sustentar (ou refutar) não apenas qualquer afirmação, mas aquelas relacionadas ao conhecimento em qualquer que seja o campo.

No ensino de ciências a análise dos dados coletados e o processo de construção de evidências são fundamentais para a aprendizagem dos estudantes, seja para sustentar explicações, modelos e/ou argumentos. Essa importância se justifica, pois é comum os estudantes considerarem que os dados falam por si só, ou seja, só apresentar um dado já é uma justificativa do seu argumento. Entretanto os dados são passíveis de várias interpretações, conforme as lentes teóricas do sujeito (MENDONÇA; IBRAIM, 2019).

Essa concepção sobre “dados falarem por si só” por parte dos estudantes ocorre porque no ensino, em geral, eles consideram que o professor sempre tem a resposta correta e que o papel do estudante é acertar a resposta (MENDONÇA; IBRAIM, 2019). Desse modo, deve haver um contexto que seja favorável a argumentação, primeiramente é necessário que tenha espaço para explicações distintas sobre um mesmo fenômeno, e em segundo, deve haver interações discursivas na sala de aula, tanto professor e estudante, como estudante e estudante (OLIVEIRA, 2013). Essas interações encorajam os estudantes a terem voz ativa na sala de aula. Mas para isso é necessário envolvê-los nas práticas científicas de análise e interpretação de dados e construção de evidências para que eles compreendam que conhecimento é construído, ou seja, é um processo que exige participação ativa, argumentação, debate de ideias, avaliação do conhecimento e que essas ações direcionam para uma aprendizagem autêntica (STROUPE, 2014).

2.7.3.1 Argumentação e a análise e interpretação de dados e construção de evidências

A argumentação na Ciência, e, conseqüentemente, no ensino de ciências, conforme aponta Jiménez-Aleixandre (2010), possui uma centralidade nas evidências, pois na Ciência elas atuam como árbitros para avaliar o conhecimento. E no ensino de ciências elas são utilizadas para embasar as afirmativas dos estudantes sustentando a construção do conhecimento. Jiménez-Aleixandre (2010) enfatiza o uso das evidências,

pois explica que ao utilizá-las é possível sustentar as conclusões distinguindo-as da opinião, e assim as evidências contribuem para justificar uma posição.

Vivenciar a argumentação no ensino é relevante, pois quando o estudante entende e usa de forma adequada os elementos que compõem um argumento, ele passa a entender a importância de avaliar e interpretar os dados e isso tende a evitar que suas justificativas sejam baseadas somente em discursos de autoridade, como: porque li, ou porque ouvi que é assim (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010). Nesse sentido a prática científica de analisar e interpretar os dados é crucial para a construção de evidências, que por sua vez é essencial para a elaboração de um argumento fundamentado.

Como síntese desse estudo teórico realizado nesse capítulo elaboramos um modelo (figura 1) para condensar essas informações e favorecer a visualização da proposta de ensino de ciências que fundamenta esta pesquisa.

2.8 Modelo do contexto social de ensino e aprendizagem *sobre* Ciência adotado na pesquisa

Nesse estudo consideramos que a construção do conhecimento *sobre* Ciência na sala de aula, ou seja, em um ambiente social deve ser autêntica, para isso os estudantes devem ser envolvidos em práticas científicas análogas às dos cientistas. Na vivência dessas práticas os estudantes devem ter uma compreensão mais ampla sobre *o que sabemos*, a partir do movimento de responder aos questionamentos: *como sabemos o que sabemos e por que acreditamos nisso*.

Para responder a esses questionamentos os estudantes precisam ser envolvidos nas instâncias sociais que compõem as práticas epistêmicas, sendo: proposição, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento.

A construção de conhecimento envolvendo as práticas científicas escolares e as práticas epistêmicas escolares é permeada pela argumentação, uma vez que a entendemos como recurso que estudantes utilizam para atribuir sentido ao conhecimento por meio da análise das evidências e das afirmativas. Nesse processo de análise é necessário a articulação de ideias, de modo que os estudantes apresentem seus argumentos, explicações e/ou modelo no plano social, sendo recebido de modo aberto às críticas pelos envolvidos na comunidade de prática nos fóruns públicos de discussão. Além disso, os estudantes também devem usar a persuasão para convencer os outros sobre as suas explicações e/ou modelo, e isso ocorre por meio de negociações de ideias, considerando-

se a igualdade de autoridade intelectual entre eles. Essas relações são intrínsecas e não lineares, por isso as representamos com as setas bidirecionais no modelo.

No modelo elencamos as práticas científicas que foram utilizadas na produção e desenvolvimento da sequência didática e representamos também as instâncias sociais do conhecimento envolvidas nas práticas epistêmicas. A relação entre cada prática científica e argumentação e a relação destas com as práticas epistêmicas foram estabelecidas no quadro 1 e na seção intitulada “A argumentação como promotora das práticas científicas escolares e das práticas epistêmicas escolares”.

E, por fim, ressaltamos como o conhecimento epistêmico permeia as práticas científicas, as práticas epistêmicas e a argumentação, considerando que através dele é possível questionar como sabemos o que sabemos? e por que acreditamos nisso?.

Figura 1- Modelo do contexto social de ensino e aprendizagem *sobre* Ciências



Fonte- Elaboração própria

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 Estudo Piloto

Elaboramos uma sequência didática (SD) que foi testada em um estudo piloto, cujos parâmetros de análise foram: estimativa da quantidade de horas/aula necessárias para o desenvolvimento das atividades, com tempo suficiente para que os estudantes expusessem suas ideias, dúvidas e as discutissem; compreender suas principais dificuldades com tema e qual o conhecimento prévio necessário para a realização das atividades sobre mitose.

Em síntese, o nosso intuito com o estudo piloto foi avaliar as atividades da SD no contexto de sala de aula para fazer revisões necessárias e ajustá-la frente aos objetivos de aprendizagem e de pesquisa. Isto está de acordo com o conceito de estudo piloto apresentado por Mackey e Gass (2005), que destacam a importância de um estudo piloto para desvendar problemas na condução da pesquisa e revisá-los para a ação futura de coleta de dados.

O estudo piloto foi desenvolvido no ano de 2018 no contexto da disciplina Biologia Celular do curso de Ciências Biológicas Bacharelado da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, ofertada para os estudantes do segundo período deste curso. A oportunidade de desenvolver a SD nessa disciplina surgiu quando a pesquisadora apresentou a proposta a professora. A pesquisadora informou sobre sua pretensão de abordar o tema mitose em sua pesquisa e explicou a abordagem a ser adotada nas aulas do tema. O interesse da professora se tornou mais evidente quando ela mostrou para a pesquisadora que para trabalhar com esse conteúdo utilizava Legos[®] como modelos de ensino.

Frente a essa conversa, a pesquisadora e a orientadora do projeto decidiram convidá-la para desenvolver as atividades da SD em sua turma e para que nesse espaço acontecesse a coleta de dados da pesquisa de mestrado. Porém, em função da carga horária dessa disciplina (45 horas/aula), teria que ser uma intervenção com limitação de tempo frente ao que estávamos prevendo inicialmente. A ideia inicial da pesquisa era desenvolver atividades de modelagem para o ensino de mitose no nível superior. E tendo noção de que para isso se concretizar de forma satisfatória seria necessária uma carga horária maior de aulas da disciplina, resolvemos que desenvolveríamos as atividades da SD apenas como um estudo piloto.

O estudo piloto consistiu no desenvolvimento de uma sequência de atividades, divididas em 4 partes, em 3 horas/aulas de 50 minutos num mesmo dia. Para a realização dessas atividades foi enviado anteriormente aos estudantes um resumo traduzido para a língua portuguesa do artigo intitulado “*The insulin receptor translocates to the nucleus to regulate cell proliferation in liver*”, de autoria de Amaya *et al.* (2014), que mostra como a insulina promove a ativação do cálcio que propicia a mitose das células do fígado. Na sala de aula foi entregue outro texto sobre material genético e ciclo celular.

A parte I das atividades solicitava que os estudantes propusessem um modelo para explicar os cromossomos e o processo da mitose. A parte II consistia em responder algumas questões sobre o conteúdo utilizando o modelo elaborado. A parte III foi proposta para que os estudantes utilizassem o modelo para explicar como aconteceria o processo de mitose em *Drosophila* e, por fim, a parte IV consistiu em utilizar o modelo elaborado para explicar sobre meiose.

O estudo piloto foi crucial para a reformulação de todas as atividades e para a reelaboração dos objetivos de aprendizagem da sequência didática, pois, a partir de seu desenvolvimento, conseguimos obter os seguintes resultados principais:

- Os estudantes apresentaram dificuldades em compreender e distinguir DNA de cromatina e de cromossomo.
- O conhecimento sobre mitose e ciclo celular por parte dos estudantes era fragmentado, ou seja, eles consideravam que mitose era um evento que ocorria na célula independente do ciclo celular.
- Os estudantes apresentavam confusão conceitual entre os eventos da meiose e da mitose, pois constatamos que não havia clareza em quais células ocorriam a meiose e em quais ocorriam a mitose.

Além desses apontamentos referentes ao conhecimento prévio, foi possível notar que os estudantes não vivenciaram um processo reflexivo de pensamento durante a atividade, pois ela foi feita de forma mecânica, ou seja, os estudantes preocuparam em lembrar as fases da mitose e reproduzi-las. Esta observação foi importante para repensarmos a condução da SD em sala de aula, para que pudéssemos disponibilizar mais espaço para argumentação contribuindo para que dimensão epistêmica do conhecimento fosse contemplada. Com o tempo disponível, 3 horas/aula, só foi possível realizar a parte I, visto que a elaboração de um modelo é um processo complexo, que consiste em muitas etapas e isso demanda um tempo considerável.

Concluimos que o estudo piloto foi importante, pois a partir dele percebemos que trazer as informações sobre DNA e ciclo celular em um texto era insuficiente, devido ao conhecimento prévio sobre citologia desses estudantes ser incoerente com o científico, uma vez que eles confundiam os tipos de cromossomos: sexuais, simples, homólogos e duplicados, não compreendiam a organização do material genético: cromatina e cromossomo, e também possuíam dificuldades em entender os processos celulares como mitose e meiose. Além disso, tivemos dimensão do tempo necessário para a realização das atividades de modo a atender nossa questão de pesquisa. Constatamos que as atividades deveriam ser ajustadas para fomentar esse processo reflexivo de pensamento, no qual o estudante é convidado a pensar sobre “porque sabemos o que sabemos” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010).

3.2 Contexto de desenvolvimento da pesquisa

A aplicação do estudo piloto ocorreu na disciplina de Biologia Celular do curso de Ciências Biológicas Bacharelado da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, porém devido a carga horária da disciplina (45h no semestre) ser limitada para os objetivos de nossa investigação frente ao cronograma de atividades da professora da disciplina, optamos por fazê-la em outra disciplina do ensino superior.

Assim, escolhemos o curso de licenciatura em Ciências Biológicas devido a oportunidade de parceria com o professor de Estágio Supervisionado, como também devido às recomendações da literatura e do estudo piloto, pois ambos convergiram em apontar as dificuldades no conteúdo de ciclo celular de estudantes de graduação, (BARBOSA *et al.*, 2016). Somado a isto, outras pesquisas indicam que os professores de ciências possuem dificuldades em traçar estratégias de ensino para esse conteúdo, além da perspectiva tradicional (SILVEIRA, 2013).

Na disciplina de Estágio Supervisionado são discutidas metodologias de ensino de ciências, planejamento de aulas, vivência de experiências que alicercem teoria e prática em sala de aula. Julgamos que seria de grande relevância desenvolver a sequência didática nessa disciplina, pois nos pareceu uma proposta interessante trabalhar a vivência das práticas científicas proporcionando aos estudantes de licenciatura o desenvolvimento das práticas epistêmicas, contribuindo assim para uma aprendizagem mais autêntica *sobre* Ciência.

Essa pesquisa foi desenvolvida com 18 estudantes da disciplina de Estágio Supervisionado no Ensino de Ciências Biológicas I (210 horas), do curso de Ciências Biológicas Licenciatura, da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP.

As aulas da disciplina eram divididas em teóricas e práticas. As aulas teóricas ocorreram na segunda-feira à noite em duas aulas geminadas de 50 minutos cada, e em alguns sábados, com duas ou três aulas também geminadas de 50 minutos cada. Essa pesquisa foi desenvolvida nas aulas teóricas, assim ocorreu nas segundas-feiras e aos sábados.

No início do semestre a pesquisadora e o professor de Estágio se reuniram para discutir sobre a sequência didática e o cronograma da disciplina. Nessa conversa foram pautadas as atividades relacionadas à pesquisa a serem desenvolvidas e suas contribuições para os estudantes de licenciatura.

3.3 Caracterização da amostra

Dos dezoito estudantes matriculados na disciplina nem todos estavam de fato cursando o 7º período, alguns estavam cursando as últimas disciplinas do curso para se graduar.

A sequência didática foi desenvolvida no primeiro mês de aula, desse modo não haviam ocorrido ainda atividades práticas, o professor estava organizando os estudantes para começar o estágio nas escolas. Assim, as aulas contemplavam a organização para o trabalho no campo, como o olhar do estagiário no cenário escolar e outros assuntos pertinentes que permeiam o diagnóstico do meio escolar, como por exemplo, adolescência, visto que os estudantes iriam intervir em escolas do ensino fundamental II.

No decorrer dessas aulas, que ocorreram antes do desenvolvimento da SD, a pesquisadora notou algumas características da turma: os estudantes chegavam atrasados na aula e também eram infrequentes. Esses comportamentos aconteceram de forma similar durante o desenvolvimento da SD. Além desses comportamentos, durante a aplicação da SD alguns estudantes entravam na sala de aula se alimentando e com isso demoravam para iniciar as atividades e, alguns deles, também saíam antes do término do horário de aula. Tal configuração de sala de aula influenciou na coleta e na análise dos dados, pois a proposta inicial era que os grupos formados na primeira atividade fossem os mesmos em todas as demais para ser possível fazer um acompanhamento do processo. Mas devido às faltas e aos atrasos dos estudantes, os grupos raramente estavam completos

ou eram os mesmos da atividade anterior. Ou seja, praticamente em cada aula os grupos formados eram diferentes e algumas delas as atividades foram realizadas em duplas, devido à ausência dos estudantes.

A priori, os estudantes não se mostraram engajados no desenvolvimento da SD, por causa do tema citologia, foco em mitose, pois como eles mesmos afirmaram era um conteúdo difícil, que não recordavam muita coisa. A pesquisadora observou que esse desânimo foi somado ao fato deles já terem cursado as disciplinas que envolviam esse conteúdo, como biologia celular, e com isso não esperavam ter que vivenciá-lo novamente na disciplina de Estágio.

No decorrer das atividades em sala eles se envolveram um pouco mais, realizando o que era proposto. Um fator que contribuiu para isso foram as atividades práticas (experimentos, construção e uso de modelos). Porém, as atividades para casa, como as leituras de textos, não tinham um rendimento adequado, pois poucos eram os estudantes que realizavam a leitura, o que dificultou as discussões em sala de aula, de modo que foi preciso que a pesquisadora desse um tempo para a leitura em sala, quando possível, ou abordasse os pontos principais do texto, o que não favorecia a discussão no sentido de um debate.

Por isso, a partir de tais considerações, essa pesquisa é um estudo de caso em que será analisada a sala como um todo, ou seja, o nosso foco é compreender como as práticas científicas proporcionaram o desenvolvimento das práticas epistêmicas no contexto social da sala de aula. Desse modo, as falas analisadas foram recortes de momentos de socialização do conhecimento da sala como um todo, ou seja, não houve foco em um grupo específico.

As aulas em que a SD foi desenvolvida foram avaliadas pela pesquisadora, pois o professor da disciplina de Estágio julgou que ela deveria fazê-la devido ao acompanhamento da turma na vivência da SD. A avaliação compreendeu 20% da pontuação da disciplina, conforme constava no cronograma estabelecido pelo professor.

3.4 Desenvolvimento da Sequência Didática (SD) no contexto pesquisado

A partir do estudo piloto, a pesquisadora e a orientadora da pesquisa reelaboraram as atividades de modo que os conhecimentos prévios para a compreensão do processo da mitose fossem inseridos na sequência didática, uma vez que a parte conceitual aborda esse conteúdo. Para o desenvolvimento das atividades, as aulas foram planejadas para

propiciarem um contexto discursivo argumentativo e oportunizarem a vivência de práticas científicas de modo a proporcionarem o desenvolvimento das práticas epistêmicas, visto que esse é o objetivo da pesquisa.

Sendo assim, a sequência didática (SD) consistiu em uma intervenção pedagógica visando elencar várias atividades propostas dentro de um tema específico, que no caso é mitose, sendo que cada uma delas têm objetivos claros para aprendizagem dos envolvidos e para o uso do professor (ZABALA, 2015).

A SD constitui-se em um total de seis atividades (apêndice A) que possuem objetivos de aprendizagem (DUSCHL, 2008):

- (i) conceitual/processual: sobre os processos que envolvem a divisão celular, abordando desde os conceitos iniciais sobre o DNA até condições genéticas causadas por erro na divisão celular, como a Síndrome de Down;
- (ii) epistêmico: visando levar os estudantes a questionarem *porque sabemos o que sabemos* de modo a refletirem sobre o conhecimento em debate, vivenciando as etapas de produção, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento;
- (iii) social: os objetivos (i) e (ii) são alcançados no contexto social da sala de aula, no trabalho dos estudantes mediado pelo professor numa comunidade de prática, a partir do estabelecimentos de normas sociais. Neste contexto social os estudantes podem desenvolver autoridade epistêmica para serem ativos na produção, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento.

Concordamos com Duschl (2008) que a confluência dos três objetivos no ensino contribui para uma aprendizagem mais autêntica *sobre* Ciência.

A seguir apresentamos uma síntese com os objetivos e esclarecimento das atividades propostas na SD (apêndice A) articulada ao referencial teórico da pesquisa. Apresentamos também uma descrição sobre o que os estudantes produziram em cada atividade e uma síntese do material de análise em nossa pesquisa.

Foi realizada a atividade 1 (Prática laboratorial de extração de DNA) da SD, uma atividade prática laboratorial envolvendo a extração de DNA, com o propósito de auxiliar os estudantes a explorarem os dados da prática e compreenderem sobre a estrutura do DNA. Essa aula teve como objetivo que os estudantes extraíssem o DNA vegetal e, a partir dos procedimentos, pudessem compreender sobre essa molécula. É muito comum os professores analisarem de forma equivocada essa atividade prática (FURLAN *et al.*, 2011), pois o emaranhado de DNA é facilmente confundido com as pectinas (as pectinas são polissacarídeos presentes na parede da célula vegetal). Deste modo, é comum os

professores mostrarem para os estudantes as pectinas como se fossem um emaranhado de DNA.

A Atividade 1 também foi pensada para que os estudantes discutissem sobre os procedimentos de extração do DNA, e não somente uma atividade de seguir procedimento e de observar o resultado final, assim buscamos que os estudantes discutissem a lógica de cada passo do procedimento. Por exemplo, o vegetal deve ser macerado: O que isso significa? Por que é importante macerar o vegetal? Qual a função desse procedimento? Se não macerar, é possível extrair o DNA do mesmo jeito? Dessa forma, buscamos mostrar que um experimento não é somente a realização de procedimentos fixos com resultados positivos para comprovar os conhecimentos (CAAMAÑO, 2011).

Outra finalidade dessa atividade prática foi iniciar uma discussão sobre a estrutura do DNA, pois é muito comum os estudantes acharem que vão visualizar a dupla hélice, ou um DNA isolado, sendo que na verdade o que conseguimos ver é um emaranhado de filamentos muito finos de moléculas de DNA (FURLAN *et al.*, 2011).

Nessa atividade os estudantes foram bastante participativos durante o seu desenvolvimento, pois estavam curiosos e ansiosos para conseguirem visualizar o DNA. Percebemos que alguns estudantes imaginavam que veriam uma estrutura isolada de DNA, outros possuíam uma clareza sobre o que seria visualizado, pois já tinham vivenciado atividade semelhante. Em relação as perguntas referentes à prática, percebemos que os estudantes não estavam acostumados a compreenderem os procedimentos, ou seja, normalmente eles realizavam as práticas, alcançavam o objetivo e a atividade estava finalizada, sendo assim, foi muito interessante poder discutir esse outro olhar.

Em sequência na Atividade 2 (argumentação e as evidências científicas), utilizamos textos sobre como foi estabelecido o modelo da molécula de DNA na Ciência. Discutimos questões sobre esses textos, com o objetivo de salientar a importância dos estudantes se envolverem na argumentação com base em evidências e compreenderem a importância da evidência científica na construção de modelos na Ciência (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010).

Essa atividade contribuiu para ter um diálogo inicial sobre a importância das evidências científicas e sobre como os modelos são produzidos, mas devido à ausência de leitura dos textos pelos estudantes, a discussão não teve o engajamento esperado. Portanto, a pesquisadora proporcionou um tempo de leitura em sala, mas mesmo assim os estudantes se mantiveram com pouco engajamento, respondendo à pesquisadora com

respostas curtas, por conseguinte, esse assunto foi retomado em outros momentos de discussão.

As Atividades 1 e 2 tiveram como propósito mostrar que mesmo não sendo possível ver a dupla-hélice, ou seja, a estrutura do DNA a olho nu ou no microscópio, foram feitos vários estudos científicos sobre ela, e com a cristalografia foi possível ter imagens sobre a molécula do DNA e compreender melhor sua estrutura.

Em sequência foi realizada uma discussão sobre cromatina e cromossomo com o uso de slides, nos quais foram evidenciados a estrutura da cromatina e do cromossomo em fotografias microscópicas reais. Ao final da exposição foi exibido um vídeo sobre a organização do material genético. Nessa aula a pesquisadora retomou conceitos que deveriam ser de conhecimento prévio dos licenciandos.

Em seguida, foi proposta a Atividade 3 (Construção e uso de modelos: Cromatina e Cromossomos) tendo como objetivo a confecção de modelos para a cromatina, cromossomos simples, homólogos e duplicados. Esses conceitos são geralmente confusos para os estudantes (CLARK; MATHIS, 2000; BRAGA, 2009), porque se tratam da mesma estrutura, que é o DNA, porém em diferentes conformações e estágios da célula. Por outro lado, é essencial entendê-los para compreender os processos da divisão celular (CLARK; MATHIS, 2000).

Nessa atividade os estudantes tiveram uma certa facilidade para confeccionar os modelos, pois eram assuntos que estavam familiarizados e a maioria deles tinham uma ideia de como iriam produzi-los. Entretanto, no momento de comunicar esses modelos para a turma não foi uma tarefa fácil, uma vez que eles tinham os modelos bem estabelecidos, mas não tinham vivenciado processos de reflexão sobre esses modelos.

A atividade 4 (Construção e uso de modelos: ciclo celular) teve como objetivo a elaboração de um modelo para o ciclo celular, para discutir principalmente as fases G₀, G₁, G₂ e síntese, para que na atividade seguinte fosse discutido de forma mais aprofundada o processo da mitose. Assim, a finalidade dessa aula foi evidenciar os processos preparatórios que ocorrem na célula antes da mitose.

Nessa atividade foi interessante as discussões conceituais que ocorreram sobre o ciclo celular como um todo, os estudantes expressaram que não entendiam bem sobre G₀ e, a partir das discussões, conseguiram entender melhor o processo. Em relação aos modelos para representação do ciclo celular, os estudantes elaboraram seguindo modelo já conhecido, apêndice A.

A atividade 5 (Construção de modelo da mitose) foi pensada com foco na mitose, sendo esse um dos processos mais complexos do ciclo, por envolver várias etapas, com nomenclatura para cada evento, o que tende a dificultar a aprendizagem (BARBOSA *et al.*, 2016). Para essa atividade centralizamos no uso da evidência (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010), de modo que os estudantes pudessem elaborar os modelos com base na evidência científica de micrografia óptica de fluorescência do processo da mitose.

Nessa atividade os estudantes elaboraram os modelos fazendo cópias de modelos de ensino presentes em livro didático. Em função disto, houveram várias discussões pertinentes sobre a importância do uso da evidência e dos estudantes criarem modelos próprios, que fossem utilizados para construir suas próprias explicações científicas.

A última atividade (uso do modelo da mitose) teve como finalidade que os estudantes utilizassem o modelo elaborado para avaliar afirmativas sobre o conteúdo de mitose, sendo que algumas dessas afirmativas são verdadeiras e outras são falsas. Isto foi feito com o objetivo de avaliar algumas afirmativas do conhecimento, pois, muitas vezes, são repetidas frases na sala de aula que são incoerentes com o conceito científico e os estudantes tendem a aceitá-las como verdadeiras. Assim, esse tipo de atividade possibilita o estudante a ter uma criticidade sobre o que lê e escuta, como também, possibilita a argumentação para defender suas explicações, ideias e pontos de vista (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010).

Nessa atividade, também foi solicitado que o modelo fosse utilizado para explicar fenômenos que ocorrem no corpo humano, como o mosaicismos celular e a síndrome de Down.

O mosaicismos somático ocorre quando o organismo possui duas populações geneticamente distintas de células somáticas em um mesmo organismo e pode ser causado por mutações no DNA, alteração epigenéticas, entre outros, ou seja, ele ocorre devido a um erro na mitose, podendo resultar em euploidia (aumento ou perda de lotes cromossômicos completos) e aneuploidia (aumento ou perda de um ou mais cromossomos). A incidência de casos de mosaicismos somático que ocasionam em efeitos fenotípicos são baixas, pois isso depende de quantas e quais células são afetadas (PASKULIN *et al.*, 2011; MACHADO, 2012). Essa condição genética foi escolhida para compor a SD, pois entre as condições cromossômicas ela não é comum de ser estudada e, porque, através de um modelo sobre mitose é possível explicá-la e compreender melhor como ocorre.

A Síndrome de Down ocorre quando há um erro na distribuição dos cromossomos e, ao invés de 46, as células recebem 47 cromossomos e este cromossomo a mais se liga ao par 21. Então, surgiu o termo Trissomia do 21 que é o resultado da não disjunção primária, que pode ocorrer em ambas as divisões meióticas e em ambos os pais. O processo que ocorre na célula é identificado por um não pareamento dos cromossomos de forma apropriadas para os pólos na fase denominada anáfase, por isso um dos gametas receberá dois cromossomos 21 e o outro nenhum (MOREIRA *et al.*, 2000). Escolhemos a síndrome de Down para compor a SD por ser uma condição genética que ocorre na meiose, apesar do foco conceitual da SD não ser meiose, optamos por introduzir essa condição genética por ser mais comum aos estudantes. O objetivo de trazer a meiose nesse momento da SD é proporcionar aos estudantes uma avaliação mais completa do modelo que confeccionaram para a mitose, de modo que eles compreendessem que essa síndrome não ocorre na mitose e sim da meiose, favorecendo uma comparação entre os processos da mitose e da meiose.

Essa parte da atividade foi pensada para que os estudantes compreendessem as limitações e abrangências do modelo, pois nela os estudantes avaliaram o poder explicativo do modelo frente ao seu objetivo e se esse poderia ser usado em outro contexto (JUSTI; GILBERT, 2002; GILBERT; JUSTI, 2016). Na aula seguinte os estudantes tiveram um tempo para reformular os modelos de mitose, conforme os apontamentos que realizaram ao longo das discussões.

Para finalizar o desenvolvimento da SD, a última aula teve como objetivo discutir alguns referencias teóricos utilizados na elaboração da SD (modelagem, argumentação e uso de evidências). Para os estudantes se prepararem para essa discussão foi enviado a eles um recorte do livro da autora JIMÉNEZ-ALEIXANDRE (2010). Julgamos esse momento de discussão dos referenciais foi apropriado para o contexto da disciplina Estágio Supervisionado, porque os estudantes poderiam refletir à luz da teoria da área de ensino de ciências sobre as práticas vivenciadas na SD.

Para coleta de dados analisamos as atividades que envolveram as práticas científicas: modelagem, analisar e interpretar dados e construir evidências, elaborar explicações científicas. Elaboramos o quadro 2 para dar um panorama sobre quais atividades foram analisadas na pesquisa.

Quadro 2- Atividades que geraram dados para análise.

| Atividades da sequência didática | Dados para a pesquisa | Justificativa |
|--|------------------------------|---|
| 1- Atividade prática laboratorial | Não | Discussão sobre os procedimentos da atividade prática, não houve centralidade nas práticas científicas de análise. |
| 2- Argumentação e evidências científicas | Não | Apresentação teórica introdutória sobre argumentação e evidências, não envolveu o desenvolvimento e/ou discussão das práticas pelos estudantes com a pesquisadora ou entre eles. |
| 3- Construção e uso de modelos: cromatina e cromossomo | Sim | Desenvolvimento e/ou discussão das práticas científicas de modelagem, uso das evidências e elaboração de explicações. |
| 4- Construção e uso de modelos: ciclo celular | Não | Foram construídos modelos para o ciclo celular e discutidos aspectos conceituais sobre o ciclo celular, entretanto não houveram discussões e reflexões significativas se comparado às outras atividades analisadas (3, 5, 6). |
| 5- Construção de modelo da mitose | Sim | Desenvolvimento e/ou discussão das práticas científicas de modelagem, uso das evidências e elaboração de explicações. |
| 6- Uso do modelo da mitose | Sim | Desenvolvimento e/ou discussão das práticas científicas de modelagem, uso das evidências e elaboração de explicações. |

Fonte- Elaboração própria

Essa escolha foi baseada considerando o objetivo de pesquisa: “Analisar como as práticas científicas escolares no contexto de desenvolvimento de uma sequência didática possibilitaram a emergência de práticas epistêmicas escolares”. Embora não analisamos todas as atividades que compuseram a SD, a inclusão dessas atividades em sua elaboração foi importante, pois possibilitaram a obtenção de informações e levantamento de

conhecimento prévio que foram utilizados durante o desenvolvimento das práticas científicas escolares pelos estudantes.

3.5 Abordagem metodológica

De acordo com MINAYO (2001, p. 22), a pesquisa qualitativa envolve “significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes que correspondem a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis”. Tendo em vista que nessa pesquisa buscamos compreender como ocorre o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes em um contexto social, a pesquisa qualitativa se faz pertinente, uma vez que estamos preocupadas não apenas com o produto da aprendizagem, mas com o seu processo (COHEN *et al.*, 2011).

Na coleta de dados o professor da disciplina esteve presente nas aulas, mas a pesquisadora foi responsável pela condução pedagógica do desenvolvimento da sequência didática em sala de aula. Através de uma conversa consensual o professor e a pesquisadora chegaram à conclusão que devido ao engajamento da pesquisadora com o tema da pesquisa seria mais proveitoso para os estudantes que ela mesma conduzisse as aulas nas quais a sequência didática fosse desenvolvida. Em dois dias de aplicação da SD (atividade 5, 6 e aula de encerramento) a orientadora participou das discussões. Por isso, em alguns dados analisados ela estava presente, desse modo, identificamos a mestrande como pesquisadora e a orientadora como pesquisadora 1. Assim, consideramos que essa intervenção aproxima-se da pesquisa participante em que o pesquisador possui uma interação com os envolvidos nas situações investigadas (GIL, 2002), nesse caso a interação foi na condução das atividades que compõem a SD.

A pesquisadora se preocupou em não manipular as variáveis a favor de sua pesquisa, para isso ela conduziu as aulas baseada na SD, ou seja, seguiu os objetivos propostos em cada atividade e os materiais complementares para o professor contidos na SD com foco na aprendizagem dos licenciandos. A SD foi elaborada não só para esse estudo, mas para ser usada por qualquer professor que tenha interesse no tema e na abordagem. Além disso, na condução, ela buscou contemplar qualquer questionamento e dúvida dos estudantes e não apenas alguns deles para favorecer em algum aspecto particular a pesquisa.

A pesquisadora acompanhou as aulas da disciplina Estágio Supervisionado antes do desenvolvimento da SD para que os licenciandos se familiarizassem com ela, conversou com eles sobre a sua intervenção pedagógica e não ocultou os seus objetivos, pois essa postura, conforme Marconi e Lakatos (2003), possibilita manter a objetividade da pesquisa.

As aulas, nas quais a sequência didática foi desenvolvida, foram registradas em vídeo e áudio, pois desta forma torna-se possível ter os dados das discussões em sala de aula por completo, possibilitando captar as falas e reações dos estudantes e da professora (pesquisadora). Para as gravações das aulas, duas participantes do “Grupo de Pesquisa Práticas Científicas e Epistêmicas na Educação em Ciências”, do qual a pesquisadora faz parte, auxiliaram-na, as duas operadoras de câmeras alternaram nas gravações de acordo com a disponibilidade de cada uma.

Estamos conscientes que a condução por outra pessoa sem ser o professor da turma, assim como a presença de operadores de câmeras, pode influenciar o ambiente natural da sala de aula. Por isso nos preocupamos que as operadoras das câmeras também estivessem familiarizadas com a turma e deixassem as câmeras mais fixas, em dois pontos: na frente e atrás da sala de aula da turma, para que os estudantes pudessem se acostumar com o ambiente e para evitar constrangimentos (COHEN *et al.*, 2011).

Considerando o objetivo da investigação, julgamos que a coleta por meio de áudio e videogravação são formas que visam garantir a validade dos resultados obtidos (CARVALHO, 2006), uma vez que permitem estudar o processo com maior grau de detalhes, comparando-se, por exemplo, apenas a consulta das atividades escritas elaboradas pelos estudantes.

A partir dos dados elaboramos um estudo de caso, no qual analisamos a sala de aula de Estágio (tratada como o caso), para compreender suas interações e produções em detalhes. Por meio do estudo de caso é possível compreender a relação entre intervenções e situações da vida real; o contexto em que uma ação ou intervenção ocorreu; o sentido e a relevância de algumas situações-chave nos resultados de uma intervenção (MINAYO, 2004).

Antes do início do desenvolvimento da sequência didática, os estudantes e o professor assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), (Anexo- a) no qual foram informados sobre a realização da pesquisa, destacando seus riscos e benefícios. A pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade, conforme parecer apresentado no Anexo- b.

3.6 Metodologia de análise

3.6.1 Seleção dos episódios

Para a análise dos dados realizamos a seleção de episódios. Adotamos a definição de episódios como segmentos do discurso da sala de aula com fronteiras temáticas bem nítidas, sendo assim, recortes de situações a serem investigados (CARVALHO, 2006; SILVA; MORTIMER, 2010). Na delimitação dos episódios, alguns aspectos podem ser considerados, entre eles: o tema, a fase da atividade, as ações dos participantes, as interações (SILVA; MORTIMER, 2010).

A 1ª etapa da seleção dos episódios consistiu na consulta dos vídeos e gravações de aulas da SD para delimitação dos episódios com a ocorrência das práticas científicas escolares: (i) analisar e interpretar dados e construir evidências; (ii) elaborar explicações científicas; (iii) modelagem.

A 2ª etapa envolveu a transcrição das aulas registradas em vídeo. A transcrição não foi feita na íntegra, uma vez que a pesquisadora já possuía uma dimensão de quais momentos das aulas gerariam dados interessantes para análise, visto que ela desenvolveu a SD com a turma. Para transcrever esses trechos a pesquisadora assistiu todos os vídeos duas vezes, sendo que na segunda vez foi selecionando os trechos interessantes, a partir do olhar no desenvolvimento das práticas científicas escolares, ou seja, quando os estudantes modelaram, elaboraram explicações, argumentaram e desenvolveram discussões sobre as evidências científicas.

De acordo com Carvalho (2006), um mesmo episódio pode não ser contínuo no tempo, ou seja, o problema analisado pode ser interrompido ocorrendo em momentos diferentes na aula e até mesmo em aulas distintas. Quando isso acontece, os episódios são subdivididos em cenas. Cabe ao pesquisador montar essas cenas em um episódio para dar sentido aos seus dados, considerando que as discussões não são lineares e que o processo de construção do conhecimento na sala de aula é dinâmico.

Baseada nessa perspectiva, a 3ª etapa do processo de seleção dos episódios consistiu na organização das cenas transcritas, por exemplo, as cenas de discussões sobre o uso das evidências na construção de modelos ocorreram em diferentes aulas, sendo assim essas cenas foram recortadas e incluídas no episódio sobre a construção de evidências. Para compor os episódios algumas cenas foram narradas e outras foram

transcritas. A narração se fez útil para ter uma melhor composição e entendimento do episódio, uma vez que na narração é possível contextualizar melhor os acontecimentos.

Para identificar os sujeitos usamos nomes fictícios e sempre que durante as transcrições identificamos uma pausa na fala, essa foi representada por ... (reticências). Os nossos comentários ou esclarecimentos sobre as falas foram sinalizados por dois parênteses (()) e cada fala foi representada por turnos, conforme as indicações de Carvalho (2006).

3.6.2 Caracterização da análise dos dados

Buscamos realizar uma análise interpretativa e rica em detalhes, pois acreditamos que assim é possível dar sentido aos discursos estabelecidos, não sendo apenas recortes de falas encaixadas em discussões (CAREGNATO; MUTTI, 2006). Para isto foi feito o exercício de retomada do objetivo de pesquisa, do referencial teórico e das transcrições, mesclando as descrições e interpretação das cenas. Atrémos as produções dos estudantes (modelos concretos, modelos bidimensionais) e os gestos utilizados no discurso oral para compreender a produção de significados de forma mais profunda.

Para a construção do nosso estudo de caso, definimos a turma como o caso a ser tratado, nesse sentido, distanciamos do entendimento individual dos estudantes sobre fenômenos específicos para uma pesquisa sobre o processo de negociação de significados desenvolvidos no contexto social da sala de aula, levando em consideração que nesse espaço comunicativo há o encontro de diferentes perspectivas culturais, em um processo de crescimento mútuo (MORTIMER; SCOTT, 2002).

Nessa construção foram selecionadas falas individuais dos estudantes, mas não com o intuito de realizar uma análise individual, mas pelo fato da fala em questão trazer uma compreensão do contexto da turma. Sendo assim, não selecionamos os estudantes que se destacaram ou que tiveram as melhores respostas, explicações ou comentários, conforme o ponto de vista científico. Nos episódios é perceptível a presença dos mesmos estudantes em um maior número de cenas, isso ocorreu porque alguns deles participavam mais e com isso a probabilidade de estarem em um maior número de cenas.

Nos resultados apresentamos os três episódios intitulados respectivamente: (i) *posso usar cola?*; (ii) *gente eu fiz, mas eu não sei explicar*; (iii) *atirei no que vi e acertei no que não vi*. Os episódios possuem centralidade em cada uma das práticas científicas escolares adotadas na pesquisa, sendo respectivamente, (i) analisar e interpretar dados e

construir evidências; (ii) elaborar explicações científicas; (iii) modelagem. Para o título dos episódios utilizamos falas dos estudantes que revelam algum aspecto do desenvolvimento da prática científica.

Para analisar como no contexto da sala de aula a argumentação ocorreu atrelada as demais práticas científicas, analisamos se os estudantes usaram a argumentação (i) atribuindo sentido: se relacionou as evidências com as afirmativas; (ii) articulando ideias: se comunicou o argumento à comunidade de prática; e (iii) persuasão: se buscou convencer a comunidade de suas explicações e elaborações.

Usamos como base o “*Quadro 1. Relação entre práticas científicas escolares e práticas epistêmicas escolares*” para elaborar os critérios que usamos para analisar como as práticas científicas escolares propiciaram o desenvolvimento das práticas epistêmicas escolares. Nesse quadro evidenciamos quais são as práticas científicas escolares e uma breve descrição sobre elas e exemplificamos algumas possibilidades dessas práticas científicas escolares propiciarem a ocorrência das práticas epistêmicas escolares.

No primeiro episódio, intitulado “*posso usar cola?*” analisamos como os estudantes lidaram com os dados e as evidências e como as atividades da SD proporcionaram o desenvolvimento das práticas epistêmicas. Para isso seguimos os seguintes critérios elaborados com base no quadro 1:

- Interpretação dos dados e construção de evidências.
- Discussão sobre as evidências científicas.
- Utilização das evidências.

No segundo episódio intitulado “*gente eu fiz, mas eu não sei explicar*” analisamos como os estudantes desenvolveram e avaliaram as explicações científicas sobre os fenômenos. Para compreender sobre a ocorrência das práticas epistêmicas utilizamos os seguintes critérios elaborados com base no quadro 1:

- Utilização de evidências científicas e/ou modelo para embasar as explicações.
- Contraposição entre as explicações, os fenômenos e as teorias científicas.
- Elaboração de explicações plausíveis sobre o modelo.

No terceiro episódio intitulado “*atirei no que vi e acertei no que não vi*” analisamos como os estudantes elaboraram e avaliaram os modelos e se foram utilizados para compreender os fenômenos. Nessa seção atentamos aos seguintes critérios elaborados com base no quadro 1 para compreender sobre as práticas epistêmicas:

- Utilização de evidências na construção do modelo.

- Comunicação do modelo à comunidade de prática.
- Análise crítica dos modelos pela comunidade de prática.
- Utilização do modelo para resolver situações problemas.
- Aceitação do modelo por toda a comunidade de prática.

Em suma, em cada episódio discutimos a ocorrência da prática científica escolar específica, e como, a partir dela, propiciou o desenvolvimento das práticas epistêmicas escolares.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

4.1 Análise dos dados

4.1.1 Episódio 1: *pode usar cola?*

Na SD trabalhamos com evidências científicas sobre os fenômenos estudados para que os estudantes pudessem vivenciar as práticas científicas relacionadas à identificação de dados e construção de evidências e também ter noção das bases que fundamentam as alegações científicas.

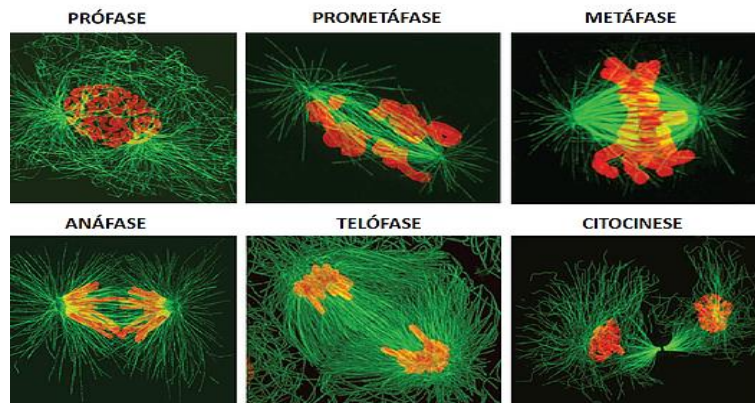
A atividade 2 da SD (apêndice A) teve como objetivo central discutir a importância das evidências científicas para a Ciência, para isto foi utilizado um artigo científico sobre a construção do modelo da molécula de DNA. Desse modo, para a atividade 5 (apêndice A), julgávamos que os estudantes teriam a oportunidade de compreender a importância e centralidade da evidência para a argumentação e a produção de modelos e explicações.

Na atividade 5 da SD (apêndice A) inserimos uma evidência científica, uma micrografia óptica de fluorescência do processo da mitose para que os estudantes tivessem acesso a realidade, uma vez que é comum visualizarem a mitose por meio de simulações de vídeo computadorizadas ou modelos presentes nos livros didáticos. Solicitamos que se baseassem na evidência para construir o modelo. Esperávamos que a na análise da evidência eles a discutissem, compreendessem os processos que estavam ocorrendo em cada fase da mitose, e a partir disso, selecionassem quais seriam as estruturas que eles modelariam, criassem os seus códigos de representação e elaborassem um modelo que eles pudessem usar para explicar como ocorre o processo da mitose.

Uma das referências bibliográficas muito utilizada no curso de Ciências Biológicas na UFOP é o livro do ALBERTS *et al.* (2011), sendo assim optamos por utilizar as imagens de micrografia apresentadas nesse livro, que foram compiladas em uma só imagem.

Ao iniciar a atividade 5 a pesquisadora projetou a micrografia, figura 2, no data-show para que todos os estudantes tivessem acesso a ela.

Figura 2- Microscopia ótica de fluorescência dos principais estágios da fase M em uma célula animal².



Para o desenvolvimento dessa atividade (atividade 5, apêndice A) já havia sido realizado também uma aula com discussões mais teóricas sobre os processos de divisão celular. Sendo assim, inicialmente, a pesquisadora não auxiliou os estudantes no entendimento de cada etapa da imagem, pois sua intenção era que eles a explorassem durante a atividade, pois fazia parte dela fazê-los entender de onde surge cada etapa do processo de mitose apresentado nos livros didáticos. Além disto, consideramos a importância das atividades práticas darem oportunidade para discussão e construção social do conhecimento, a partir da avaliação de diferentes perspectivas (MENDONÇA; IBRAIM, 2019).

Na cena 1 desse episódio podemos visualizar como foi o contato inicial da turma com a imagem. Inicialmente os estudantes não demonstraram familiaridade com ela e não compreenderam que ela seria o suporte para elaborar os modelos, ou seja, que deveria ser analisada, interpretada e utilizada como evidência para construir o modelo.

Quadro 3- Episódio 1 – Cena 1

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|--------------|--|
| 1 | Pesquisadora | <i>Os cromossomos estão corados de laranja... por isso que eu projetei para vocês conseguirem distinguir a cor... e os microtúbulos de verde... embaixo tem a atividade que é para vocês fazerem... então é naquela mesma lógica que a gente</i> |

² A imagem da Figura 2, é um compilado das etapas da mitose apresentadas no livro do Alberts *et al.*, 2011 disponível em: <https://biocelbiomoluff.wixsite.com/punf/ciclo-diviso-celular-e-mitose-e-meiose-cluvb>. Acesso em: 15 de ago. 2019.

| | | |
|---|--------------|---|
| | | <i>vêm fazendo os modelos, vocês vão fazer um modelo que represente a mitose e depois vocês vão utilizar este modelo para conseguirem explicar as fases... Ok? Tranquilo?</i> |
| 2 | Carolina | <i>Tem que explicar todas as fases né? prófase...</i> |
| 3 | Cristina | <i>Pode usar cola? ((risos))</i> |
| 4 | Pesquisadora | <i>Não, a gente vai discutindo aos poucos.</i> |

Fonte- Elaboração própria

Na cena 1 concentramos a atenção nas falas de Cristina, pois traz considerações iniciais importantes sobre o uso da evidência, ao perguntar se pode usar cola, ou seja, se podia consultar um material como livro didático para saber o que fazer. Isto evidencia que ela não entendeu que o suporte que ela precisava para construir o modelo era justamente a evidência científica. Inferimos que ela não estava familiarizada com a micrografia apresentada e que estava buscando uma representação pronta, do livro didático ou de algum buscador no celular. Concluimos isso, pois durante o processo de construção de modelos (apresentado a frente, cena 3) o seu grupo utilizou o livro didático para confeccionar o modelo (transpondo de um modo representacional para outro, como mostrado a frente) e a evidência científica não foi levada em conta.

Retomando a questão da estranheza dos estudantes em relação a micrografia, podemos acrescentar que eles também não entenderam a imagem em si. O que nos chama atenção não é o fato de não a compreenderem, mas de não buscarem compreendê-la, pois rapidamente foram buscar modelos nos livros didáticos e alguns acessaram a internet. Ou seja, não houve uma discussão para buscar entender a evidência e em nenhum momento questionaram a pesquisadora. Essa dificuldade fica exposta na cena 2:

Quadro 4- Episódio 1 – Cena 2

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|--------------|--|
| 6 | Pesquisadora | <i>Você irá utilizar o modelo criado para explicar e você acha que desse jeito está viável para você explicar algo que está só representado? Qual a diferença de você usar essa imagem do livro e usar o modelo que você está fazendo?</i> |

| | | |
|---|----------|---|
| 7 | Carolina | <i>((ela aponta para a imagem de microscopia e afirma))... mas aquela imagem ali eu acho muito difícil.</i> |
|---|----------|---|

Fonte- Elaboração própria

A pesquisadora questiona sobre o modelo, pois percebe que os estudantes estão reproduzindo o modelo do livro didático, ou seja, estão usando um modelo bidimensional para construir um modelo tridimensional. Pensando nas funções dos modelos, uma delas é a representativa, nesse sentido, inferimos que os estudantes compreendem, nesse momento, essa função como similaridade, ou seja, modelos como cópias da realidade ou imagens com diferentes níveis de semelhança com o que está sendo representado (GILBERT; JUSTI, 2016).

A prática científica de utilizar a evidência está vinculada tanto a construção de modelos como a elaboração de explicações, sendo assim, podemos inferir que os estudantes estavam realizando a prática científica escolar de construção de modelos apenas no sentido de confecção manual e não estavam utilizando a prática científica de usar as evidências nesta confecção.

Na cena, 3, a seguir, a pesquisadora 1 busca discutir com os estudantes a questão do uso do livro didático:

Quadro 5- Episódio 1 – Cena 3

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|----------------|---|
| 8 | Pesquisadora 1 | <i>Posso perguntar para vocês uma coisa? Vocês estão falando que primeiro vocês partiram de uma coisa que está no livro... pronta... qual a lógica da pesquisadora pedir para vocês criarem um modelo se vocês estão pegando do livro... se ela está trazendo uma evidência científica? ((estudantes não respondem)). Será que ela quer só que vocês façam com o material concreto o que está em bidimensional?</i> |
| 9 | Caio | <i>Não... a gente não está pegando do livro... a gente só pensou como a gente representava determinados componentes usando o livro.</i> |
| 10 | Pesquisadora 1 | <i>Mas porque vocês estão tão presos no livro se ela está trazendo as evidências de como o fenômeno é... se comporta.</i> |

| | | |
|----|------|---|
| 11 | Caio | <i>Mas, nós não estamos só usando o livro, nós estamos usando também as evidências.</i> |
|----|------|---|

Fonte- Elaboração própria

Essa fala de Caio, no turno 9, se repete por diversos momentos, em que o grupo afirma que não estava copiando do livro, dando a entender que estavam apenas tendo ideias, o que fica claro na próxima cena:

Quadro 6- Episódio 1 – Cena 4

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|----------|---|
| 12 | Caio | <i>É... no livro não tem nem fases que está ali... que está aqui... o livro foi simplesmente para a gente ter uma primeira ideia de como seria o modelo... depois que a gente pegou o livro a gente nem precisou dele mais... a gente só pegou ele agora para pensar como que a gente ia desenhar o centríolo... então tipo assim... não foi... o nosso modelo não é embasado no livro... ele só foi utilizado para a gente tentar representar de forma didática coisas que ali ((evidência científica)) não está representado...</i> |

Fonte- Elaboração própria

Para que a modelagem ocorra seguindo a concepção que defendemos de Gilbert e Justi (2016) é necessário que os estudantes tenham alguma experiência com o alvo a ser modelado. Em termos de conhecimentos prévios, esses estudantes já cursaram disciplinas que abordavam esse conhecimento, como; biologia celular, biologia molecular, biologia do desenvolvimento, e além disso, retomamos parte do assunto na própria SD nas discussões anteriores. Somando-se a isso projetamos a evidência científica para embasar o modelo de forma a garantir a experiência com o alvo a ser modelado. Frente a essas considerações, quando Caio afirma que utilizou o livro para ter uma ideia de como seria o modelo julgamos que a afirmativa não se sustenta. Isso sinaliza que mesmo que a aula seja planejada para que os estudantes vivenciem as práticas científicas de forma autêntica, existe uma resistência ou um modo inoperante de agir, pois os estudantes não estão habituados com essas atividades ao longo da formação (OSBORNE, 2014; 2016). Em tais casos, torna-se necessário uma participação efetiva do professor no discurso para que essa

situação seja direcionada para ocorrência das práticas epistêmicas. Com isso sinalizamos a importância do papel do professor como mediador, para que ele possa inserir o estudante nessa comunidade de prática, ressignificando o papel do estudante enquanto autoridade epistêmica, capaz de propor e legitimar conhecimentos, ao invés de apenas aceitá-los de forma acrítica. (LEMKE, 1998; LONGINO, 2002; DUSCHL, 2008; KELLY, 2008).

Ao final de sua fala Caio menciona que no livro estão representadas estruturas que não estão na evidência científica, ele citou como exemplo os centríolos. Ao perceber a inconsistência entre a visão de modelo e evidência, a pesquisadora auxilia os estudantes a interpretarem a evidência, conforme cena 5.

Quadro 7- Episódio 1 – Cena 5

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|--------------|---|
| 13 | Pesquisadora | <i>Isso... mas igual você falou... você usou o livro para ver o centríolo num é?</i> |
| 14 | Caio | <i>Sim... no momento foi isso.</i> |
| 15 | Pesquisadora | <i>Mas... você não acha que nessa foto... por exemplo... na metáfora não está muito bem representado os centríolos?</i> |
| 16 | Caio | <i>Não</i> |
| 17 | Camila | <i>Não</i> |
| 18 | Pesquisadora | <i>O que é esse aglomerado que está junto aqui?</i> |
| 19 | Caio | <i>Mas isso é o citoesqueleto.</i> |
| 20 | Pesquisadora | <i>Não... mas essa parte aqui possui o centríolo... do centríolo estão saindo as fibras que são as fibras do fuso... a diferença é que como aí no livro é um modelo... colocou o centríolo todo desenhado, mas na realidade a gente não tem ele conforme está aí...</i> |

Fonte- Elaboração própria

Pela cena 5 depreendemos que os estudantes estão presos aos modelos apresentados nos livros didáticos, acarretando dificuldade de distinguir realidade de modelo, uma vez que eles esperavam ver na micrografia as estruturas conforme estão no livro didático. Quando Caio e Camila não conseguiram visualizar na micrografia os

centríolos, inferimos que esperavam que nela estivesse igual as representações didáticas. Ressaltamos que os estudantes possuíam um conhecimento prévio sobre os modelos, sendo assim, a intenção em trazer uma micrografia como evidência foi proporcionar aos estudantes um debate sobre esse conhecimento já estabelecido e ir além, agregando novas percepções e discussões acerca da evidência.

Entretanto, nesse momento da aula os estudantes estavam relutantes em relação a evidência disponível para a confecção do modelo, desse modo a pesquisadora foi trabalhando essa relação no decorrer da atividade. Ao final da construção dos modelos, antes da pesquisadora solicitar que os estudantes comunicassem os modelos aos demais envolvidos, ela retomou o assunto do uso das evidências chamando atenção para a micrografia. Durante essa discussão ela questionou aos estudantes o motivo de terem usado o livro didático, sendo que na instrução da atividade ela não disse para ser utilizado esse material e sim as evidências científicas. Obtivemos as seguintes respostas ao seu questionamento, conforme cenas 6, 7 e 8:

Quadro 8- Episódio 1 – Cena 6

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|----------|--|
| 21 | Eduardo | <i>Está resumido ((se referindo ao livro didático)).</i> |

Fonte- Elaboração própria

Quadro 9- Episódio 1 – Cena 7

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|----------|--|
| 22 | Eduardo | <i>O livro didático te dá uma forma... talvez... de como você pode montar o modelo mais prático assim... se você olhar a evidência científica para montar acho que tipo fica mais difícil você fica mais apegado a... eu tenho que mostrar como é a realidade... sendo que modelo não é para mostrar a realidade....</i> |

Fonte- Elaboração própria

Quadro 10- Episódio 1 – Cena 8

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|--------------|--|
| 23 | Eduardo | <i>...mas aí vêm a praticidade.</i> |
| 24 | Pesquisadora | <i>Você achou que era mais fácil... mais prático copiar?</i> |
| 25 | Eduardo | <i>É</i> |
| 26 | Carolina | <i>E também é uma coisa que está mais fácil na nossa cabeça já né... tipo assim... pelo menos o que eu sei... o que sempre vi nesses modelos quando passa na minha cabeça eu já tenho de cor... é difícil sair da zona de conforto de pensar em outra coisa.</i> |
| 27 | Eduardo | <i>A tendência é procurar aquilo que é didático... que alguém já produziu... aquilo é aceito e você pega e segue.</i> |

Fonte- Elaboração própria

Essas cenas nos mostram novamente a dificuldade dos estudantes em lidar com a micrografia e a saída em não lidar com ela ao buscar por um material pronto. É comum nas salas de aula o conteúdo ser ministrado pronto aos estudantes, de modo que a tarefa deles se resume a escutar e verificar o conhecimento, sem ter participação efetiva em sua produção, já que as bases para as alegações científicas não são priorizadas, assim basta ao estudante aceitar aquilo que é posto como verdade.

A fala de Eduardo, na cena 7, nos deixa em dúvida sobre sua concepção de modelo, vemos que possui uma incoerência quando ele diz que modelo não representa a realidade, mas é difícil traçar uma discussão significativa sobre isso, considerando que não teve um diálogo que nos ajudasse a fazer essa análise.

As falas de Carolina e Eduardo, cena 8, também são muito interessantes, pois naturalizam o modo tradicional do ensino de ciências, o ensino que prioriza a memorização e aceitação no lugar da compreensão dos processos e a reflexão sobre o conhecimento. E ela aponta uma das barreiras que o ensino de ciências tem tentado romper, que é tirar o estudante dessa zona de conforto, colocando-o como protagonista na produção do conhecimento. Nessa lógica, ressaltamos a importância dos estudantes serem engajados nas práticas e atividades análogas às da comunidade científica, pois defendemos que assim essa zona de conforto será confrontada (LEMKE, 1998; DUSCHL, 2008; SANDOVAL, 2014).

A partir desses episódios analisados, afirmamos que inicialmente os estudantes não realizaram a prática científica escolar de utilização da evidência de uma forma reflexiva, fazendo jus ao conhecimento epistêmico. Entretanto, a partir da intervenção da pesquisadora ocorreram algumas discussões sobre o papel da evidência, como observamos na cena 5, que poderiam influenciar no prosseguimento do desenvolvimento da SD.

Na instância social de comunicação dos modelos, notando a dificuldade dos estudantes para lidar com a evidência científica, a pesquisadora utilizou os modelos produzidos por eles em seu discurso e os contrapôs com a evidência. A partir dessa ação os estudantes parecem ter começado a entender a implicação em não utilizar a evidência para produzir o modelo, conforme apresentado a seguir.

A cena 9 aconteceu em um momento em que os estudantes estavam analisando afirmativas sobre o processo da mitose utilizando os modelos. A afirmativa em questão foi a seguinte: “*O envoltório nuclear é uma estrutura que permanece intacta em todo o processo da mitose*”. Para essa afirmativa todos os estudantes discordaram facilmente e explicaram que o envoltório é degradado para que o processo da mitose ocorresse. Embora todos os estudantes tenham discordado, em alguns modelos o envoltório nuclear estava presente em todos as etapas da mitose, o que nos mostra uma incoerência entre a justificativa e o modelo e indicia que os modelos foram realizados de forma irrefletida. Após todos os estudantes discordarem a pesquisadora realizou a seguinte discussão:

Quadro 11- Episódio 1 – Cena 9

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|--------------|---|
| 28 | Pesquisadora | <i>Esse é um momento muito bom para a gente discutir a questão de fazer uma representação com base no livro didático, porque se você tivesse utilizado a imagem e discutido a imagem... aqui ((evidência científica)) está sendo representado o envoltório?</i> |
| 29 | Miguel | <i>Não</i> |
| 30 | Pesquisadora | <i>Aqui está? ((ela aponta o modelo do grupo de Miguel)).</i> |
| 31 | Miguel | <i>Está.</i> |
| 32 | Pesquisadora | <i>Isso aqui é um núcleo da célula ou é a célula?</i> |

| | | |
|----|--------------|--|
| 33 | Miguel | <i>Seria o núcleo da célula.</i> |
| 34 | Renata | <i>Eu acho que isso aí é o envoltório celular... porque o nuclear eu acho que tem que ser rompido sim para poder ter a troca de material porque o DNA não fica exposto... ele fica dentro do núcleo.</i> |
| 35 | Pesquisadora | <i>Exatamente... e se você usa isso aqui para explicar... você acha que é coerente?</i> |
| 36 | Renata | <i>Não.</i> |
| 37 | Pesquisadora | <i>...no livro fica delimitado porque é um modelo que está lá... uma representação... mas aqui ((evidência)) fica nítido para gente que não tem nada fechando... até porque como teria toda essa movimentação... outra coisa... onde que ficam os centríolos? Dentro do núcleo ou no citoplasma ((estudantes respondem citoplasma)) aí eles tem que entrar no núcleo... no seu modelo como eles estão aqui dentro? eles pularam essa barreira?</i> |
| 38 | Miguel | <i>Sim</i> |
| 39 | Pesquisadora | <i>Se você tivesse elaborado o modelo com base naquilo ali ((evidência)) você não teria deixado esse envoltório.</i> |

Fonte- Elaboração própria

Contextualizando o diálogo acima: o grupo de Miguel produziu o modelo mostrado na figura 3.

Figura 3- Modelo da mitose confeccionado pelo grupo de Miguel



Fonte- Arquivos da pesquisa

De acordo com a fala de Miguel, turno 33, o barbante vermelho representa o núcleo da célula, ou seja, o envoltório nuclear. Cientificamente há uma incoerência em seu modelo, visto que o envoltório do núcleo é fragmentado na fase prometáfase da mitose. Esse processo é importante uma vez que as fibras do fuso mitótico estão no citoplasma da célula e precisam acessar o material genético. Entretanto, a nossa análise não está focada no erro conceitual em si, mas em auxiliar o estudante a compreender o motivo de porque é assim, fazendo-o visualizar o modo mais adequado cientificamente, mas de forma justificada.

Miguel sabia que na mitose ocorria a fragmentação do envoltório nuclear, mas mesmo assim deixou o envoltório nuclear por todo processo, no fim causou até mesmo uma confusão conceitual entre envoltório nuclear e membrana plasmática. Tanto que no turno 34, Renata fala que entende a delimitação que o grupo de Miguel fez como sendo o envoltório celular, o que estaria correto. Mas essa confusão ocorreu, pois no livro didático, utilizado por eles, o modelo possuía uma delimitação e os estudantes não compreenderam essa delimitação, talvez porque no modelo não estava explicado ou por falta de reflexão mesmo. Isso nos comprova que o seu grupo fez uma transposição do modelo do livro (bidimensional) para o modo tridimensional, sem nenhuma justificativa do conhecimento, apenas realizou a atividade manual, sem pensar na coerência do modelo. Além do grupo de Miguel um outro grupo também deixou o envoltório nuclear e afirmaram que não perceberam.

Além dessas cenas em que os estudantes não utilizaram as evidências tivemos outras semelhantes, por exemplo, no início da confecção dos modelos os estudantes não estavam representando a prometáfase, pois nos modelos dos livros didáticos essa fase não é retratada e na micrografia essa etapa estava representada. Os estudantes só passaram a representar quando a pesquisadora questionou sobre essa etapa. Infelizmente não temos esses diálogos transcritos, pois ocorreram nos momentos que a pesquisadora discutiu com os grupos individualmente e não foi bem captado pelo áudio da gravação.

Resumidamente, afirmamos que os estudantes apresentaram dificuldades em interpretar e usar as evidências científicas nos modelos, pois declararam estar acostumados a lidarem somente com representações didáticas, ou seja, com modelos didáticos sobre mitose e, em consequência, tiveram dificuldade de interpretar as imagens reais. Evidenciamos isso em vários momentos em que eles esperavam que a evidência estivesse conforme as representações didáticas que estavam habituados, o que nos levar a inferir que os estudantes possuem dificuldade em compreender as funções de evidência

e de modelo na Ciência. Assim, podemos constatar que não ocorreram as práticas epistêmicas que poderiam emergir com a interpretação e o uso de evidências. Isso pode ser explicado por dois motivos fundamentais: a prática científica de modelagem foi realizada na perspectiva “hands-on” e os estudantes não tinham clareza da relação entre modelo e realidade.

4.1.2 Episódio 2: *gente eu fiz, mas eu não sei explicar.*

Em nossos dados constatamos que para os estudantes não foi uma tarefa simples elaborar explicações, pois, inicialmente, eles queriam apenas falar o que tinham para dizer e não serem contestados em nada, pois viam as atividades como uma obrigação que queriam terminar logo e ir embora. Essa atitude é comum na salas de aulas, uma vez que os estudantes compreendem a dinâmica como sendo um “check list”, em que o professor explica o conteúdo, os estudantes fazem atividades, elas são corrigidas e a aula está finalizada (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE *et al.*, 2000).

As afirmativas acima são evidenciadas em diversos momentos em que a pesquisadora solicitou aos estudantes a explicação dos modelos que elaboraram. Como por exemplo, na cena 1, a seguir, em que pesquisadora solicitou que Bruna explicasse o seu modelo sobre cromatina, cromossomo simples, duplicados e homólogos à turma e ao iniciar ela falou a seguinte frase:

Quadro 12- Episódio 2 – Cena 1


| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|----------|---|
| 1 | Bruna | <i>Todo mundo concorda pra gente acabar rápido... ((risos)) tô brincando.</i> |

Fonte- Elaboração própria

Esse modo de entender a aula como roteiro predeterminado contribui para que os estudantes tenham uma posição passiva em sala aula, pois não se sentem como figuras de autoridade epistêmica, pois não estão acostumados com atividades que exigem uma participação mais engajada, ou seja, estão habituados apenas em ouvir explicações fornecidas pelos docentes (OLIVEIRA, 2013).

Ao longo das apresentações, a fala de Cristina, cena 2, nos chamou a atenção:

Quadro 13- Episódio 2 – Cena 2

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|----------|---|
| 2 | Cristina | <i>Ah... isso aqui é o que mesmo?</i> |
| 3 | Renata | <i>Cromossomo simples.</i> |
| 4 | Cristina | <i>Cromossomo simples ((risos))... gente eu fiz... mas eu não sei explicar ...</i> Figura 4- Modelo do cromossomo simples confeccionado  Fonte- Arquivos da pesquisa |

Fonte- Elaboração própria


A fala de Cristina, no turno 4, aponta o desenvolvimento da prática científica escolar que foi a produção do modelo e evidencia que não ocorreram práticas epistêmicas durante a produção. Como justificar o fato dela ter confeccionado o modelo e não saber explicar sua própria produção? Isso nos mostra que o seu grupo não discutiu sobre o modelo, não elaboraram justificativas sobre o modelo e não o utilizaram para explicar o fenômeno.

A dificuldade de elaborar explicações fundamentada em modelos, expressa pela fala de Cristina, também foi percebida para os demais estudantes. Entretanto, com a participação da pesquisadora no discurso os estudantes aos poucos foram percebendo a importância de comunicar as explicações e contrapô-las com o modelo e a teoria. Logo após Cristina apresentar os seus modelos de cromatina, cromossomo simples, duplicado e homólogos a todos, a pesquisadora perguntou aos estudantes suas opiniões sobre eles. A intenção da pesquisadora foi proporcionar um ambiente favorável a fala dos estudantes para que eles pudessem criticar os modelos e as explicações apresentadas. Essa ação está de acordo com os autores que defendem que os estudantes devem ter voz em sala de aula, no sentido de serem também autoridade do conhecimento, uma vez que eles são acostumados a serem ouvintes na sala de aula e raramente se veem desenvolvendo esse

papel de autoridade epistêmica (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010; SANDOVAL, 2014; NASCIMENTO; SASSERON, 2019).

Seguindo essa perspectiva, a pesquisadora, em todos os momentos de interação discursiva, deixou que os estudantes se expressassem primeiro, na maioria das vezes se posicionou ao final de tudo ou então para conduzir o diálogo. No decorrer da SD os estudantes foram ficando mais familiarizados com essa dinâmica das aulas e passaram a se expressar um pouco mais. Na cena 3 exemplificamos como os estudantes possuíam dificuldade em se expressar para explicar o modelo:

Quadro 14- Episódio 2 – Cena 3

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|--------------|--|
| 5 | Pesquisadora | <i>Esse modelo ficou bem legal de mostrar porque você pode usar para mostrar a cromatina descondensada né... como você usaria Camila? Vamos ver como você vai explicar esse...</i> |
| 6 | Camila | <i>Ahhh... eu sou péssima nisso... é só mostrando ela descondensada mesmo ué... não sei... ((manuseia os modelos)).</i> |
| 7 | Pesquisadora | <i>Como você usaria ele pra explicar a cromatina condensando?</i> |
| 8 | Camila | <i>O barbante seria talvez maior e eu ia assim enrolando... ((ela enrola o barbante em volta das bolinhas de isopor)).</i> Figura 5- Modelo da cromatina confeccionado  Fonte- Arquivos da pesquisa |

Fonte- Elaboração própria

Os estudantes estavam apresentando os modelos sobre cromatina e a pesquisadora solicitou que o grupo de Camila explicasse o modelo, pois por meio dele era possível compreender sobre o grau de condensação do material genético. Mesmo com a

pesquisadora já afirmando que o modelo era interessante para explicar esse conceito, Camila sentiu dificuldade e insegurança para explicá-lo.

Percebendo essa dificuldade de Camila, a pesquisadora elaborou uma pergunta um pouco mais específica para ajudá-la em sua explicação. Nesse momento Camila fala de modo inconclusivo que o barbante seria maior. A partir dessas falas inferimos que o seu grupo não fez um movimento de produção do modelo articulado com a elaboração de explicações, pois caso isso tivesse ocorrido, ela teria mais autonomia para explicá-lo e também já teria percebido que se o barbante fosse maior seria mais interessante para explicar a cromatina.

Evidenciamos nas cenas 2 e 3 que os estudantes utilizaram mais as explicações como esclarecimentos, pois eles apenas descreveram o modelo. Os estudantes não elaboraram explicações causais, pois não relacionaram o modelo com o fenômeno e também não utilizaram as explicações como justificativas, considerando que não justificaram os modelos elaborados (OSBORNE; PATTERSON, 2011; OLIVEIRA, 2013).

A cena a seguir refere-se à atividade 6 da SD, nela discutimos a seguinte afirmativa “*No processo de mitose as células filhas são idênticas às células mãe*”. O intuito dessa atividade foi discutir essa afirmativa, que é muito utilizada em sala de aula e sem muita reflexão, uma vez que os estudantes a repetem sem realmente pensar no processo da mitose, conforme constatamos. Os grupos disseram que essa afirmativa era verdadeira e que concordavam com ela. Na cena 4, constam as justificativas apresentadas:

Quadro 15- Episódio 2 – Cena 4

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|--------------|---|
| 9 | Grupo 1 | <i>Sim... pois as duas células que foram formadas no processo da divisão elas originaram de uma... então o material que tinha em uma vai estar nas duas do mesmo jeito.</i> |
| 10 | Pesquisadora | <i>O material é o que?</i> |
| 11 | Grupo 1 | <i>Todo o conteúdo celular... o citoplasma... os cromossomos depois da divisão.</i> |
| 12 | Pesquisadora | <i>Eu vou falar... mas primeiro vou deixar vocês falarem... você Miguel.</i> |

| | | |
|----|--------------|--|
| 13 | Grupo 2 | <i>A gente colocou a mesma coisa... a gente colocou que apresenta o mesmo número de cromossomos em relação a célula mãe.</i> |
| 14 | Pesquisadora | <i>Então você colocou que elas são idênticas... em relação aos cromossomos?</i> |
| 15 | Grupo 2 | <i>Sim... pois elas apresentam o mesmo número de cromossomos da célula mãe.</i> |
| 16 | Pesquisadora | <i>Vocês concordam? ((todos falam que sim)) e vocês?</i> |
| 17 | Grupo 3 | <i>As células filhas terão o mesmo material genético da mãe... a gente colocou que sim.</i> |
| 18 | Pesquisadora | <i>Então está na mesma lógica dos demais... né? ((acenam que sim))</i> |

Fonte- Elaboração própria

Para a afirmativa analisada alguns pontos poderiam ser explorados pelos estudantes, como: a possibilidade de ocorrer uma mutação, o que faria com que as células filhas fossem diferentes; as células filhas no final do processo da mitose estarem em “tempos” diferentes no ciclo celular do que a célula mãe. Os estudantes não abordaram esses pontos, contudo, os grupos 1 e 2 justificaram abordando especificamente o material genético, o que não é incoerente, mas nos mostra que eles não pensaram no processo como um todo, pensaram na célula somente em suas características morfológicas e não levaram em conta as características fisiológicas e processuais.

A pesquisadora utilizou o modelo confeccionado pelos estudantes sobre o ciclo celular e abordou a compreensão da mitose no contexto do ciclo celular. Ela buscou mostrar aos estudantes que ao pensar no ciclo as células filhas após a mitose não são idênticas às células mãe no início da mitose, mas se pensarmos no material genético, esse sim é idêntico, embora ela não tenha discutido a questão das mutações, como vemos na cena 5, a seguir.

Quadro 16- Episódio 2 – Cena 5

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|----------|--------------|
|----------------|----------|--------------|

| | | |
|----|--------------|---|
| 19 | Pesquisadora | <i>Então o material genético podemos dizer que é idêntico... agora as células filhas não são idênticas se pensarmos que estão em tempos diferentes no ciclo... então essa questão é para a gente problematizar... relacionar o processo da mitose com o ciclo celular e pensar também no que realmente estou chamando de idêntico... porque senão você pode pensar que no final você já tem uma célula que pode dividir de novo... e as duas células que vocês fizeram elas podem acabar a citocinese e no mesmo momento dividir de novo?</i> |
| 20 | Renata | <i>Não</i> |
| 21 | Pesquisadora | <i>O que ela vai ter que fazer?</i> |
| 22 | Renata | <i>Ela vai ter que crescer, sintetizar e duplicar organelas...</i> |

Fonte- Elaboração própria

Nesse ponto, chamamos atenção para a necessidade de refletir sobre as discussões dos aspectos conceituais declarativos abordados em sala de aula, de forma a oportunizar o desenvolvimento da argumentação e da justificação das afirmativas. Concordar com o livro ou com afirmativas ditas pelo professor, não é nenhum problema, desde que nessa concordância haja uma justificativa, para que a esfera epistêmica seja alcançada.

Nessa mesma atividade 6 os estudantes analisaram essa outra afirmativa: “*Os cromossomos sexuais estão presentes em todas as células.*” Essa afirmativa foi pensada por nós a partir da vivência do estudo piloto, pois notamos que os estudantes consideravam que os cromossomos sexuais estavam presentes somente nas células gaméticas, entretanto eles estão presentes em todas as células. A análise dos estudantes não foi diferente neste caso, pois notamos essa mesma confusão conceitual e aproveitamos essa discussão para pensar na importância de se ter um objetivo para produzir modelos, conforme Gilbert e Justi (2016) defendem.

Quadro 17- Episódio 2 – Cena 6

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|----------|--------------|
|----------------|----------|--------------|

| | | |
|----|--------------------|--|
| 23 | Grupo 3 | <i>A gente colocou que concorda e discorda... porque todas as células apresentam 23 cromossomos maternos e 23 cromossomos paternos... exceto as células sexuais.</i> |
| 24 | Pesquisadora | <i>Analizando a sua resposta... está mais que você discorda...por que quando você fala “mas”... você está dizendo que a célula sexual está só no gameta...e aqui eu coloco todas as células...</i> |
| 25 | Grupo 3/Caio | <i>Não colocamos “mas”.</i> |
| 26 | Pesquisadora | <i>Lê de novo sua resposta por favor.</i> |
| 27 | Grupo 3 | <i>Porque todas as células apresentam 23 cromossomos maternos e 23 cromossomos paternos... exceto as células sexuais... que vai ter só metade dos cromossomos.</i> |
| 28 | Pesquisadora | <i>Ah tá... você quer dizer que metade dos cromossomos... mas ela tem a sexual também?</i> |
| 29 | Grupo 3 | <i>Sim</i> |
| 30 | Pesquisadora | <i>Entendi... só estou tentando entender o que vocês fizeram... e vocês grupo 1?</i> |
| 31 | Grupo 1 | <i>A gente colocou que não... porque os cromossomos estão só nos gametas.</i> |
| 32 | Pesquisadora | <i>Os cromossomos sexuais?</i> |
| 33 | Grupo 1: Renata | <i>Sim.</i> |
| 34 | Pesquisadora | <i>Vocês concordam?</i> |
| 35 | Grupo 2 | <i>Coloquei algo parecido com elas... eles estão presentes apenas nas células germinativas e não nas células somáticas.</i> |
| 36 | Caio/Grupo 3 | <i>Discordo das respostas deles.</i> |
| 37 | Pesquisadora | <i>Então fala para mim porque você discorda.</i> |
| 38 | Caio/ Grupo 3 | <i>Porque os cromossomos eles estão presentes em todas as células... células somáticas ou germinativas se eu falo que o</i> |

| | | |
|--|--|---|
| | | <i>cromossomo sexual não está nas células somáticas é como se eu tivesse um número menor de cromossomos dentro delas... por isso que esses cromossomos sexuais têm que tá lá... ((todos acenam concordando)).</i> |
|--|--|---|

Fonte- Elaboração própria

Nessa cena 6 vemos que tanto o grupo 1 como o grupo 2 tiveram um entendimento conceitual incoerente, todavia conseguiram se expressar, isso possibilitou a pesquisadora e aos demais estudantes entenderem de forma clara a incoerência. A elaboração de explicações em sala de aula facilita o processo de ensino e aprendizagem, já que torna as ideias explícitas para todos, possibilitando aos integrantes da sala de aula se posicionarem também (OLIVEIRA, 2013). Além disto, favorece a exposição de teorias alternativas, o que pode favorecer a argumentação em sala de aula (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010).

Nessa perspectiva temos o posicionamento de Caio que discordou da explicação apresentada pelo grupo e elaborou uma explicação coerente sobre o fenômeno e conseguiu convencer a todos de sua ideia. Ele conseguiu relacionar o modelo elaborado com a teoria e usou o entendimento sobre o conceito científico para embasar a sua explicação. Nesse episódio notamos que a argumentação foi utilizada tanto com o objetivo de articular ideias com a de persuasão, uma vez que Caio conseguiu comunicar suas ideias a todos e conseguiu convencê-los sobre a sua explicação (JUSTI, 2015).

A pesquisadora legitimou a explicação de Caio e somente acrescentou uma reflexão, conforme cena 7:

Quadro 18- Episódio 2 – Cena 7

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|-------------------|--|
| 39 | Pesquisadora | <i>Pensando no modelo de vocês... quando vocês representaram... vocês representaram o cromossomo sexual? ((estudantes respondem que não)) ... então assim... você não representar não quer dizer que ele não esteja lá... isso tem que ficar claro isso.</i> |
| 40 | Pesquisadora 1 | <i>Foi uma escolha eles não representarem... dentro daquilo que ele falou que eles não colocaram tudo no modelo... porque o modelo tinha um objetivo ((todos concordaram)).</i> |

Fonte- Elaboração própria

As pesquisadoras tiveram como objetivo chamar atenção para o entendimento sobre modelo, mostrando que ele é confeccionado de acordo com os objetivos do sujeito que está produzindo-o (GILBERT; JUSTI, 2016). No caso, não estavam representando os cromossomos sexuais especificamente e sim qualquer um, mas isso não quer dizer que os cromossomos sexuais não compõem essas células.

Nas cenas 4, 5 e 6, que foram em torno da análise de afirmativas, percebemos um maior uso das explicações causais e das explicações como justificativas, considerando que eles tiveram que relacionar o modelo com a afirmativa e elaboraram as explicações. Sendo assim, constatamos que a atividade 6, (apêndice A), favoreceu aos estudantes o desenvolvimento das práticas epistêmicas, sendo elas, o uso do modelo para embasar as explicações; a contraposição das explicações com os fenômenos e com as teorias científicas; e a elaboração de explicações plausíveis sobre o fenômeno. Uma hipótese sobre a ocorrência das práticas epistêmicas relacionada a abordagem da análise das afirmativas se relaciona a argumentação proporcionada pelas explicações alternativas devido ao conteúdo das afirmativas. Cabe destacar também a importância da crítica no papel da pesquisadora para aquecer o debate.

4.1.3 Episódio 3: *atirei no que vi e acertei no que não vi.*

No referencial teórico da pesquisa explicitamos que concordamos com a visão dos autores Gilbert e Justi (2016) sobre a modelagem compreender as etapas de produção, expressão, teste e avaliação de modelos, ou seja, não contempla apenas construir e manusear modelos em diferentes modos representacionais. Contudo, nas atividades de modelagem, os estudantes, inicialmente, estavam considerando que as mesmas se reduziam a produção de um modelo concreto. Objetivando inclui-los no processo de modelagem, a pesquisadora fez mediações nos grupos da turma, o fez a partir de questionamentos e no auxílio na realização das atividades de modo a proporcionar um ambiente favorável à elaboração de explicações, justificação e uso dos modelos.

Na cena 1, a seguir, evidenciamos esse tipo de situação:

Quadro 19- Episódio 3 – Cena 1

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|----------|--------------|
| | | |

| | | |
|---|--------------|--|
| 1 | Cristina | <i>Aqui a gente fez o cromossomo? ((Miguel fala cromatina))... cromatina, aí a gente quis dizer que aqui são as histonas ((Ela aponta as bolinhas de isopor, modelo 5- figura 6))... esse vermelho é o DNA que está enroladinho ali.</i> |
| 2 | Pesquisadora | <i>E o que é o do meio? ((Refere-se a espiral))</i> |
| 3 | Cristina | <i>O do meio era para ser tipo uma ligação entre elas assim... ((Ela ri um pouco confusa e olha para seu grupo)).</i> |
| 4 | Pesquisadora | <i>As histonas e o DNA está ok, mas a espiral ainda falta deixar mais claro o que é, se você for usar esse modelo para explicar a um aluno... você explicaria que era o que?</i> |
| 5 | Cristina | <i>Eu vou falar com ele que o espiral é o mesmo DNA só que aqui... se fosse uma espiral da mesma cor ficaria mais interessante... aí eu iria falar que isso aqui são as voltinhas que o DNA dá nas histonas e vai enovelando... ((nesse momento os estudantes acenam concordando))</i> |
| 6 | Pesquisadora | <i>Então agora que você usou... você reformularia?</i> |
| 7 | Cristina | <i>Eu reformularia, colocaria esse espiral aqui da cor do barbante...</i> |
| 8 | Miguel | <i>Ou o barbante poderia ser preto...</i> |
| 9 | Cristina | <i>Ou o barbante poderia ser preto...</i> |

Fonte- Elaboração própria

Figura 6- Modelos – 1: cromossomo duplicado; 1 e 3 juntos: cromossomos homólogos; 2 e 4: cromossomos simples, 5: cromatina.



Fonte- Arquivos da pesquisa

Nessa primeira cena podemos ver que Cristina está um pouco confusa para explicar sobre a cromatina, pois ela não conseguiu esclarecer os materiais que ela usou na elaboração, mas conforme notamos no turno 5, ela reelabora sua explicação e isso resulta na necessidade de reformulação do seu modelo, pois ela percebe que os códigos de representação utilizados não estão bem explicados. Nesse sentido, notamos que a fase de expressão da modelagem não foi bem executada pelo seu grupo, uma vez que os códigos de representação, ou seja, o domínio e o alvo não foram bem estabelecidos. Para Justi (2015), a partir das explicações dos códigos de representação que é possível analisar a coerência dos modelos, caso contrário, o professor não tem acesso as ideias utilizadas na construção deles. Nessa cena inferimos também que a fase de teste é imprescindível para que os estudantes utilizem os modelos e os confrontem com o objetivo proposto, pois assim o estudante consegue perceber incoerências e a necessidade de reformulações.

Ao final dessa aula, Renata que era do grupo de Cristina, solicitou a pesquisadora que levasse esse modelo 5 da cromatina (figura 6) para casa, pois ela gostaria de reformula-lo com mais tempo. Então no início da aula seguinte, a pesquisadora retomou a reformulação de Renata.

Quadro 20- Episódio 3 – Cena 2

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|--------------|---|
| 10 | Pesquisadora | <i>Para quem não estava na última aula a gente fez alguns modelos de cromossomo e a Renata pediu alguns materiais para levar para casa para ela tentar ter uma ideia melhor, e ela teve, gostaria de pedir a ela para explicar um pouco do que ela reformulou em casa. E vocês podem falar o que acham.</i> |
| 11 | Renata | <i>O modelo que a gente fez dentro de sala foi esse ((modelo 5 – figura 6)) e aí a pesquisadora questionou o que era o espiral... se o DNA é o barbante rosa e as histonas são as bolinhas de isopor. Então refazendo e pensando que esse barbante aqui é preto da mesma cor do espiral e para justificar o grau de condensação comparando com o cromossomo simples a gente pensou nisso aqui ó... para mostrar o que era ela</i> |

| | | |
|--|--|---|
| | | <i>descondensada e aqui quando a gente faz isso vai mostrar esse estágio final do cromossomo condensando.</i> |
|--|--|---|

Fonte- elaboração própria

Para mostrar o modelo reformulado, temos apenas a figura 7, mas através da fala e demonstração de Renata, conseguimos entender que ela fez um modelo que ao manusear o DNA (barbante e espiral) eles se enrolam em torno das histonas (bolinha de isopor) dando a ideia do grau de condensação. Em seguida a essa demonstração, quando questionados pela pesquisadora os estudantes concordaram que o modelo era válido. Assim, ela legitimou como um modelo que atendeu ao objetivo proposto para representar a cromatina.

Figura 7- Modelo para cromatina, grupo de Renata.



Fonte- Captura de tela da gravação em vídeo.

Dando continuidade ao diálogo da cena 1, Cristina continua apresentando os modelos da figura 8.

Figura 8- Modelos – 1: cromossomo duplicado; 1 e 3 juntos: cromossomos homólogos; 2 e 4: cromossomos simples.



Fonte- Arquivos da pesquisa

Conforme a cena 3, a seguir:

Quadro 3- Episódio 3 – Cena 3


| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|--------------|---|
| 12 | Cristina | <i>Ah... isso aqui é o que mesmo?</i> |
| 13 | Renata | <i>Cromossomo simples.</i> |
| 14 | Cristina | <i>Cromossomo simples ((risos))... gente eu fiz... mas eu não sei explicar...</i> |
| 15 | Cristina | <i>Pois é... esse é o simples... ((Ela mostra o modelo 4 – Figura 9)) a gente fez ele duplicado... ((Ela mostra o modelo 3 – Figura 8))</i> |
| 16 | Pesquisadora | <i>Por isso que vocês usaram a mesma cor?</i> |
| 17 | Renata | <i>Sim. ((Sua dupla mostra o modelo 1 e 2 – figura 8))</i> |
| 18 | Cristina | <i>E as cromátides irmãs... ((Ela mostra no modelo 3 – figura 8)) e aqui é os homólogos... ((Ela mostra os modelos 1 e 3 - figura 8)).</i> |
| 19 | Pesquisadora | <i>E porque você colocou de cor diferente?</i> |
| 20 | Cristina | <i>Porque quis representar o do papai e da mamãe ((Ela mostra os modelos 1 e 3)).</i> |

Fonte- Elaboração própria

Na cena 3 notamos que a pesquisadora interferiu para dar um direcionamento às explicações das estudantes, pois quando ela solicitou aos estudantes que apresentassem os modelos, foi esclarecido que era para explicar o modelo, justificar as escolhas e relacioná-lo com o fenômeno. Porém, no momento de apresentação dos modelos os estudantes estavam somente afirmando o que era, o que fica evidente nas falas de Cristina. Para explorar a atividade a pesquisadora solicitou uma explicação dos códigos de representação utilizados, ou seja, ela solicitou que os estudantes dessem significado ao material concreto utilizado.

Na cena seguinte, Camila ao explicar o seu modelo para cromatina apresentou um pouco de dificuldade, e então a pesquisadora percebeu que Daiana, integrante do outro grupo, possuía comentários a fazer:

Quadro 22- Episódio 3 – Cena 4

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|--------------|---|
| 21 | Pesquisadora | <i>Esse modelo ficou bem legal de mostrar porque você pode usar para mostrar a cromatina descondensada né... como você usaria Camila? Vamos ver como você vai explicar esse...</i> |
| 22 | Camila | <i>Ahhh... eu sou péssima nisso... é só mostrando ela descondensada mesmo ué... não sei... ((ela estica o modelo, figura 10, para mostrar descondensado)).</i> |
| 23 | Pesquisadora | <i>Como você usaria ele pra explicar a cromatina condensando?</i> |
| 24 | Camila | <i>O barbante seria talvez... maior e eu... talvez... ia enrolando... ((Ela enrola o barbante envolta das bolinhas, figura 9)).</i> |
| 25 | Pesquisadora | <i>Empresta aí... Daiana está com a mão coçando pra mostrar como ela explicaria usando o seu modelo...</i> |
| 26 | Daiana | <i>Não... se fosse pra eu fazer assim... aí eu já não faria pra colocar em sala de aula... não levaria de barbante porque estou vendo que a gente não consegue modelar tão bem... talvez faria de arame e começaria a enrolar ele assim e antes disso enrolaria aqui ((demonstra conforme na figura 9))...</i> |
| 27 | Pesquisadora | <i>Mas porque você enrolaria aqui? Porque seria importante?</i> |
| 28 | Daiana | <i>Ain gente como que chama aquela estrutura?</i> |
| 29 | Miguel | <i>Histonas</i> |
| 30 | Daiana | <i>Isso pra mostrar que primeiro existe a histona e depois ele pega esse formato mais espiralado assim... não é espiralado... na verdade é condensando assim... ((nesse momento ela enrola todo o modelo))</i> Figura 9- Modelo da cromatina do grupo de Camila  |

| | | |
|----|--------------|---|
| | | Fonte- Captura de tela da gravação em vídeo. |
| 31 | Pesquisadora | <i>Então você reformularia esse modelo?</i> |
| 32 | Daiana | <i>Sim... não... assim... na junção de todos a gente aprendeu mais ou menos como que faz.</i> |
| 33 | Pesquisadora | <i>Aham... exatamente.</i> |
| 34 | Bruna | <i>O nosso está reformulado</i> |
| 35 | Daiana | <i>É verdade. Condensado...</i> |

Fonte- Elaboração própria

O modelo usado na discussão dessa cena 3 é esse da figura 10:

Figura 10- Modelo da cromatina confeccionado pelo grupo de Camila



Fonte- Arquivos da pesquisa


Nesse episódio observamos que os códigos de representação utilizados na produção dos modelos de cromatina, como por exemplo: bolinhas: histona - barbante: DNA – espiral DNA, foram bem compreendidos pela turma, porque todos os grupos utilizaram esses códigos e os explicaram coerentemente. Quando Daiana disse que utilizaria um arame para representar o DNA no lugar do barbante sinaliza que ela compreendeu o que foi usado, mas julgava que o arame ficaria mais adequado de acordo com a sua explicação.


Inferimos que nessas cenas, 1 a 4, a prática científica de modelagem propiciou o desenvolvimento de práticas epistêmicas, uma vez que os estudantes analisaram o modelo de acordo as explicações apresentadas. A fala de Daiana, turno 32, revela que ela analisou todos os modelos elaborados e elencou ideias de cada um deles para construir o que ela considerou como ideal. Podemos comprovar isso, nos turnos 34 e 35, quando Daiana explicitou suas ideias e Bruna (dupla de Daiana) mostrou o modelo que as duas

reformularam. O novo modelo realmente era uma compilação de ideias dos modelos que foram analisados na discussão, a partir de um consenso. Para este caso, constatamos a legitimação do modelo, pois todos os estudantes o consideraram plausível e justificado, após todas as discussões. Infelizmente não conseguimos capturar uma imagem visível do modelo, mas era uma espiral enrolada entre as histonas, ou seja, o DNA enrolado em volta das histonas.

Na atividade 2, da SD, os estudantes foram instruídos a confeccionarem modelos para explicarem sobre os cromossomos, entre eles os duplicados. Ao final da confecção dos modelos a pesquisadora percebeu que todos os estudantes elaboraram os cromossomos em formato de X. A partir disso ocorreu uma discussão pertinente sobre a conformação do cromossomo e foi evidenciada a falta de justificação dos modelos, conforme apresentado na cena 5:

Quadro 23- Episódio 3 – Cena 5

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|--------------|--|
| 36 | Pesquisadora | <p><i>Outra pergunta... me empresta o seu modelo? ((Solicita o modelo da Bruna)) me explica porque você fez ele ((cromossomo)) em X?</i></p> <p>Figura 11- Modelo do cromossomo duplicado</p>  <p>Fonte- Captura de tela da gravação em vídeo.</p> |

| | | |
|----|--------|--|
| 37 | Daiana | <p><i>Pra representar melhor os dois... ((gesticula mostrando que eles estão unidos)) ... as duas simples unidas.</i></p> <p>Figura 12- Gestos usado para explicar o cromossomo duplicado</p>  <p>Fonte- Captura de tela da gravação em vídeo.</p> |
|----|--------|--|

Fonte- Elaboração própria

No turno 37 é interessante observar que ao gesticular Daiana não cruzou os braços, ou seja, o gestual foi coerente com o conceito científico, embora o modelo concreto confeccionado por seu grupo tenha sido elaborado em X. Porém, ao ser questionada pela pesquisadora se as cromátides estão unidas em X, conforme o modelo elaborado, ela disse que “não sempre”. Nesse momento, Eduardo, de outro grupo, disse que “não”. As falas dos estudantes, nesta ocasião, foram muito declarativas (em sim e não), o que pode ser um indicativo de que eles não entenderam com clareza a conformação do cromossomo, ou também pode ter sido a forma como a pesquisadora perguntou. A fim de que os estudantes justificassem essas afirmações a pesquisadora questionou Daiana se em algum momento estava em X. Ela respondeu que sim, e então a pesquisadora perguntou porque ela achava que estava em X, e Cristina respondeu:

Quadro 24- Episódio 3 – Cena 6

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|----------|---|
| 38 | Cristina | <i>Porque no livro aparece assim ((os estudantes concordam e dão risadas)).</i> |

Fonte- Elaboração própria

Essa fala de Cristina indica que os estudantes realizaram a prática científica aproximando das atividades do tipo *hands-on*, uma vez que eles manusearam os materiais

reproduzindo um conhecimento estabelecido e já representado no livro didático, de modo mecanizado e pouco reflexivo (DUSCHL, 2008).

A pesquisadora questionou o motivo das representações serem em X e ninguém da turma soube responder. Em seguida, ela abordou conceitos importantes para auxiliar na compreensão da conformação do cromossomo, como, coesina. Após a exposição, ela novamente questionou o motivo de representarem em X, e os estudantes responderam:

Quadro 25- Episódio 3 – Cena 7

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|--------------|--|
| 39 | Daiana | <i>É porque como a gente estava falando... como geralmente é representado assim... isso até já ficou ...</i> |
| 40 | Eduardo | <i>Convenção...</i> |
| 41 | Daiana | <i>É...</i> |
| 42 | Pesquisadora | <i>Vocês acham essa uma convenção correta?</i> |
| 43 | Eduardo | <i>Agora não sei....</i> |

Fonte- Elaboração própria

Inferimos que, nesse momento, os estudantes percebiam a produção do conhecimento como verdades inquestionáveis, pois para eles o fato de sempre ser assim significa que está certo e que não precisa de reflexão para gerar o entendimento. É possível dizer também que os estudantes não buscaram explorar o caráter epistêmico do conhecimento, ou seja, para eles não havia demanda retórica para defender algo já estabelecido.

Em seguida a esse diálogo ocorreu uma discussão conceitual sobre o assunto e após sua ocorrência os estudantes expuseram os seus sentimentos em relação a discussão, como vemos na cena seguinte:

Quadro 26- Episódio 3 – Cena 8

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|----------|---|
| 44 | Cristina | <i>Ain meu Deus... eu aprendi tudo errado então... senhor...</i> |
| 45 | Eduardo | <i>Você está formando e tudo que você aprendeu estava errado...</i> |

Fonte- Elaboração própria

Com esses dois turnos de fala é nítido o incômodo dos estudantes ao notarem que aprenderam algo errado. Chamamos atenção que o nosso intuito não foi avaliar a assertividade das respostas, mas essas falas nos evidenciaram a falta de problematização e justificação do conhecimento em sala de aula. Ou seja, não estamos garantindo aqui que seja um problema alguns materiais didáticos representarem o cromossomo em X, ou o professor desenhar na lousa o cromossomo em X, mas, é essencial que o professor propicie o entendimento suficiente para que o estudante compreenda a diferença de um modelo didático para a realidade. O ponto que queremos realçar aqui é o fato de provavelmente representar didaticamente o cromossomo em X não seja um equívoco, desde que o professor aborde o porquê de ser assim.

Após toda essa discussão a respeito dos modelos elaborados sobre cromossomos, a pesquisadora questionou os estudantes acerca da necessidade de reformular os modelos. A maioria dos estudantes disseram que os seus modelos não davam conta de explicar corretamente os cromossomos. O grupo de Cristina, ao analisar o seu modelo depois da discussão, percebeu que ele estava coerente. A pesquisadora mostrou esse modelo para toda a turma e o utilizou para explicar os cromossomos duplicados e o fato de não estarem em X. Em seguida, todos chegaram à conclusão que o modelo era realmente plausível. Após todos concordarem Cristina usou a seguinte expressão:

Quadro 27- Episódio 3 – Cena 9

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|----------|---|
| 46 | Cristina | <i>Nossa senhora... atirei no que vi e acertei no que não vi.</i> |

Fonte- Elaboração própria


Essa sua fala expressa nitidamente que o modelo foi elaborado sem desenvolvimento das práticas epistêmicas, pois embora o seu modelo estivesse coerente, ela não havia refletido sobre o motivo de ter confeccionado de tal maneira. Isso mostra que durante a produção os códigos de representação utilizados não foram justificados, não houve uma reflexão de tal produção, ou seja, as instâncias sociais de produção, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento não foram utilizadas em seu

grupo, mesmo o modelo estando coerente com o científico. Uma crítica sobre o modelo só ocorreu no momento de discussão posteriori oferecido pela pesquisadora.

A parte II da atividade 6 solicitava aos estudantes o uso do modelo para explicar condições genéticas, o mosaicismo somático e a Síndrome de Down, com intuito de avaliá-lo. Essa atividade também foi pensada para que os modelos fossem utilizados para explicar fenômenos de forma a destacar esta função de ferramenta epistêmica. Considerando que os estudantes confeccionaram modelos para a mitose, eles deveriam ser utilizados para explicar condições genéticas relacionadas a esse processo. Essa atividade foi muito interessante, pois possibilitou o desenvolvimento das práticas epistêmicas como veremos a seguir.

A pesquisadora iniciou a discussão solicitando que os estudantes dissessem se através dos modelos era possível explicar o mosaicismo e como eles fariam isso:

Quadro 28- Episódio 3 – Cena 10

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|--------------|--|
| 47 | Luísa | <p><i>Sim, seria possível explicar porque os cromossomos aqui são feitos de massinha, no nosso modelo não está colado, então a gente poderia simplesmente, ((estudante solicita que a colega demonstre)) arrancar os cromossomos e passar para o outro lado, mostrando que a disjunção não ocorreu de forma correta.</i></p> <p style="text-align: center;">Figura 13- Modelo da mitose</p>  <p style="text-align: center;">Fonte- Arquivo de pesquisa da pesquisadora</p> |
| 48 | Pesquisadora | <p><i>Vocês concordam que realmente é possível explicar o mosaicismo com o modelo deles? ((todos concordam))</i></p> |

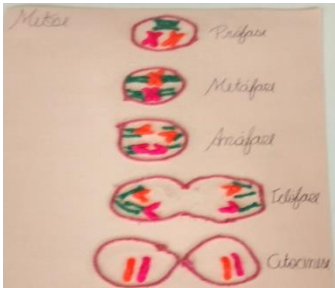
Fonte- Elaboração própria

Com essa fala de Luísa notamos a sua clareza em explicar o modelo, mesmo que de forma sucinta, ela conseguiu esclarecer os códigos de representação utilizados e

também foi assertiva em analisar a adequação do modelo ao objetivo proposto. Todos os estudantes concordaram com o modelo, consideramos assim que ele foi validado por todos, incluindo a pesquisadora, e legitimado, uma vez que o grupo demonstrou como o modelo poderia ser utilizado para explicar sobre o mosaicismos.

Em seguida, o outro grupo apresentou:

Quadro 29- Episódio 3 – Cena 11

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|--------------|---|
| 49 | Eduardo | <p><i>Então a gente reformularia o modelo acrescentando ou removendo material... no caso do mosaicismos poderia ser por perda ou uma limitação a mais... então a gente removeria talvez um cromossomo para mostrar que durante todas as fases... isso... alterando todas as fases mostrando que as células estariam com um menor número de cromossomos que deveria ser.</i></p> <p style="text-align: center;">Figura 14- Modelo da mitose</p>  <p style="text-align: center;">Fonte- Arquivo de pesquisa da pesquisadora</p> |
| 50 | Pesquisadora | <p><i>A duplicação a mais ocorre quando o cromossomo na anáfase vai para o outro lado... considerando uma duplicação a mais... por que um lado vai ganhar um cromossomo que deveria ir para o outro lado... por isso que ocasiona a perda no outro lado... porque uma célula vai ter perda e a outra vai ter um ganho.</i></p> |
| 51 | Eduardo | <p><i>Então a duplicação é justamente isso... acrescentar o material do outro lado e deixar do outro lado sem... aí mostrar que no final das células gerou uma célula com maior número de cromossomos do que a outra.</i></p> |

| | | |
|----|--------------|--|
| 52 | Pesquisadora | <i>Então você acha que seu modelo não dá conta de explicar?</i> |
| 53 | Eduardo | <i>Não</i> |
| 54 | Laura | <i>A gente iria usar mais massinha por exemplo.</i> |
| 55 | Pesquisadora | <i>E ele continuaria sendo estático ou vocês mudariam para dinâmico... ou seja... vocês manuseariam os cromossomos que estão dentro dele ou vocês deixariam assim colados?</i> |
| 56 | Laura | <i>Não... eu ia fazer mais dinâmico.</i> |
| 57 | Eduardo | <i>Que daria para mudar de lugar.</i> |

Fonte- Elaboração própria

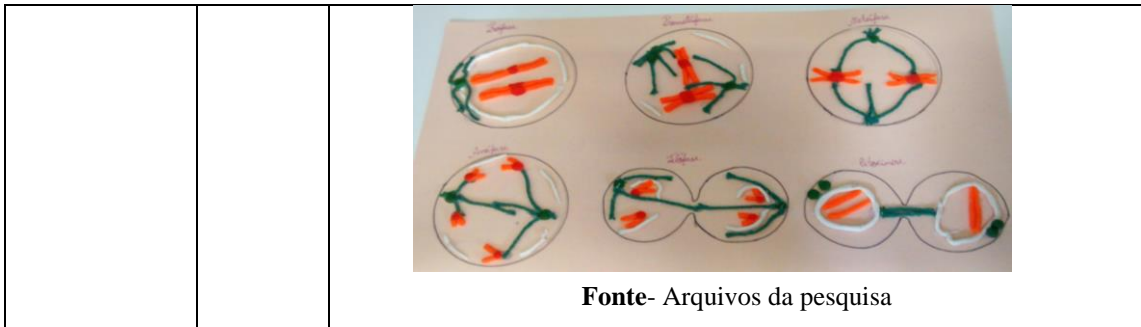
Na cena 11 identificamos uma discussão sobre o mosaicismo a partir do modelo, ou seja, o modelo embasou a elaboração de explicações. O grupo reconheceu uma limitação no modelo durante a atividade, isso nos mostra a importância de propiciar atividades em que os estudantes utilizem os modelos para explicar fenômenos, pois caso isso não tivesse ocorrido, o modelo simplesmente seria dado como satisfatório por todos. Isso não quer dizer que para o modelo ser validado precisar atender a todos os fenômenos envolvendo mitose, mas o modelo deve favorecer o seu uso em contextos diferentes. Nesse caso entendemos que desenvolver um modelo complexo para explicar somente o processo conceitual de mitose, seja muito limitante, visto as várias possibilidades de uso do modelo.

Em seguida, o último grupo se posicionou:

Quadro 30- Episódio 3 – Cena 12

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|----------|---|
| 58 | Cristina | <i>Para explicar o mosaicismo a gente colocou que o nosso modelo não consegue explicar porque as peças estão coladas, então no caso a gente reformularia o nosso modelo a partir da anáfase né... e confeccionaria umas peças móveis... aí primeiramente a gente explicaria o que ocorre na mitose normal e o que acontece no caso do mosaicismo.</i> |

Figura 15- Modelo da mitose



Fonte- Elaboração própria

Após essas discussões nessas três cenas, constatamos que todos os estudantes chegaram em um consenso do modelo, pois todos concordaram que um melhor modelo de mitose seria dinâmico, ou seja, que desse para manusear as estruturas representadas. Essa ponderação dos estudantes em relação a dinamicidade do modelo é significativa, uma vez que é comum a existência de modelos estáticos no ensino e os modelos no livro didático não possibilitarem também essa mobilidade. Essa atividade foi relevante para que os estudantes se distanciassem dos modelos elaborados da atividade inicial em que reproduziram o modelo do livro didático.

Nessa atividade da SD os estudantes também deveriam fazer a mesma análise para explicar a Síndrome de Down. Para essa condição genética deduzíamos que os modelos não dariam conta de explicar essa Síndrome, uma vez que ela ocorre nas células gaméticas no processo da meiose. Com isso a intenção de trazer essa atividade foi justamente colocar os estudantes para contrapor os modelos em uma situação em que o mesmo não seria plausível, para que os estudantes compreendessem que um modelo tem limitações. Além disso, na produção da SD pensamos também ao inserir essa atividade discutir sobre meiose, considerando que os estudantes confundem esses dois processos (meiose e mitose).

A partir disso, a pesquisadora solicitou a Cristina iniciar a discussão:

Quadro 31- Episódio 3 – Cena 13

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|----------|--|
| 59 | Cristina | <i>A gente colocou que o nosso modelo não consegue explicar... umas das coisas que ele não consegue explicar é que aqui ele está demonstrando a mitose... que ocorre nas células somáticas e a modificação que ocorre a Síndrome de Down</i> |

| | | |
|----|--------------|--|
| | | <i>ocorre nas células gaméticas que é a meiose... então a gente colocou que o nosso modelo não dá conta de explicar e no caso a gente elaboraria um outro modelo explicando a meiose... com peças móveis também explicando o que aconteceria em uma meiose normal e o que ocorreria no caso da Síndrome de Down.</i> |
| 60 | Pesquisadora | <i>Vocês acham que é possível construir um modelo só ((único)) para explicar tanto meiose como mitose?</i> |
| 61 | Cristina | <i>Não... nós faríamos modelos distintos... um para meiose e um para mitose... mas sempre com essa ideia de peças móveis... para explicar as formas usuais e não usuais... que geralmente ocorre e o que geralmente é mais raro de ocorrer.</i> |

Fonte- Elaboração própria

Após esse diálogo, a pesquisadora solicitou aos demais grupos para se expressarem, mas os demais grupos concordaram com a explicação dada por Cristina e também concluíram que os seus modelos não dariam conta de explicar a Síndrome de Down.

Nessas cenas sobre o uso do modelo para explicar o Mosaicismo e Síndrome de Down observamos os estudantes mais seguros ao explicarem o modelo, eles conseguiram relacionar de modo satisfatório o modelo com a teoria. Além disso, temos que a prática científica de modelagem proporcionou o desenvolvimento das práticas epistêmicas, uma vez que os estudantes comunicaram os modelos elaborados; apresentaram críticas e reformularam os modelos; utilizaram os modelos para explicar os fenômenos, relacionando com a teoria e com situações problemas; analisaram publicamente os modelos até chegarem em um modelo plausível e legitimado por todos.

A aula seguinte a essa foi para que os estudantes pudessem reformular os modelos de mitose conforme os comentários ao longo desse processo de elaboração e uso desses modelos. Foi uma aula em que os estudantes reformularam aspectos pontuais, como: o envoltório nuclear e os cromossomos estarem colados. No final dessa aula a pesquisadora solicitou um feedback sobre a vivência da SD, considerando que a próxima aula seria a discussão do referencial teórico e talvez não teriam tempo desse diálogo. Em geral, os estudantes apresentaram comentários mais genéricos, como: gostaram; aprenderam bastante, mas um dos estudantes realizou um comentário que nos chamou atenção:

Quadro 32- Episódio 3 – Cena 14

| Turnos de fala | Sujeitos | Transcrições |
|----------------|--------------|--|
| 62 | Caio | <i>É uma opinião particular minha, somente minha, (risos) pleonasma, eu sinceramente achei um pouco maçante, porque é muita aula de modelo por que as vezes fica repetitivo, se eu não me engano foram três semanas com aula de modelo, não é isso? Três semanas tendo aula duas vezes por semana.</i> |
| 63 | Pesquisadora | <i>Sim, mas é por que não foram todas as aulas que foram produção de modelo.</i> |
| 64 | Caio | <i>Não foram? (risos) eu achei um pouco maçante por que em muitos momentos era ao meu ver era algo que estava ficando repetitivo... era algo necessário ... as informações que você passava eram boas e aí agregava muito a estratégia didática... por exemplo.. no meu caso agregou muito quando eu for fazer meu estágio esse semestre eu penso até em usar modelos... mas por ser algo tão repetitivo chegava até a ser cansativo as vezes.</i> |
| 65 | Pesquisadora | <i>Qual parte você achou repetitiva... confeccionar o modelo da mitose... por exemplo?</i> |
| 66 | Caio | <i>Isso... porque foram muitos modelos relacionados a mitose... teve o primeiro modelo que era o ciclo celular.</i> |
| 67 | Pesquisadora | <i>Primeiro foi o cromossomo.</i> |
| 68 | Caio | <i>Tinha muita aula de criar modelo... e eu particularmente achei isso maçante... a aula de hoje por exemplo que foi repetir o modelo que a gente já havia feito... por um lado foi muito bom porque a gente pode refazer o modelo tendo visto o que a gente poderia melhorar no modelo, mas por outro lado... foi... pôoo... mais uma aula fazendo modelo ((nesse momento todos riem))... não é criticando o método... porque igual eu falei foi bom porque acrescentou muito ajudou muito... eu agora... por exemplo quando criticaram meu</i> |

| | | |
|----|--------------|--|
| | | <i>modelo da aula de sábado... você mesma falou que poderia melhorar porque estava confuso... realmente eu revi e estava confuso... tanto o modelo do ciclo celular como o modelo da mitose... mas essa parte de muito modelagem eu achei um pouco cansativo...</i> |
| 69 | Pesquisadora | <i>Pensando o seguinte... realmente fica cansativo se for as mesmas aulas fazendo a mesma coisa... mas se você olhar nos detalhes não eram as mesmas atividades... igual hoje era uma reformulação... se na última aula todo mundo tivesse entendido como eram os modelos e eles não precisassem de reformulação... não precisaria da aula de hoje... isso vai da demanda da aula... sem contar que... por exemplo... eu antes nunca tinha visto modelagem... eu não vou conseguir entender o que é em uma aula... você não vai conseguir produzir um modelo em uma aula... é um processo... se você for pensar qual foi um tempo que um cientista supondo que ele gastou para criar um modelo que ainda não tem nem o embasamento que vocês tiveram... é um processo de anos... não estou dizendo que isso justifica... mas é só para você entender que é algo que demanda tempo.</i> |
| 70 | Caio | <i>Eu iria dar a sugestão de tentar variar um pouco as atividades... mas agora pensando é difícil mesmo variar as atividades pensando em modelagem... é porque modelagem é isso mesmo... modelar um conceito que fica muitas vezes abstrato... então é complexo tentar variar as atividades... mas tudo é uma questão de logística... mas em geral eu gostei das aulas.</i> |

Fonte- Elaboração própria

Nessa última cena, notamos que Caio não estava habituado em vivenciar aulas em comunidades de práticas envolvendo práticas científicas. Extrapolamos essa percepção aos demais estudantes, pois nas atividades era perceptível o desânimo em participar ativamente das aulas. A SD não foi composta de uma mera sequência de produção de modelos, conforme Caio aponta. E como podemos constatar em nossa análise, foram

atividades diferenciadas com objetivos distintos, e talvez isso não tenha ficado claro aos estudantes. Predizemos que os motivos dessa percepção de Caio e do engajamento da turma em geral, sejam: a falta de vivência de práticas científicas, o fato da pesquisadora não ser a professora dessa turma, o estranhamento da turma com a vivência de uma SD; aulas dia de sábado (embora isso faça parte da disciplina). Devido a esses fatores e com base na análise dos dados, consideramos que as normas sociais para essa comunidade de prática não foram bem estabelecidas, e isso pode ter comprometido o desenvolvimento das práticas epistêmicas.

4.2 Discussão dos dados à luz do referencial teórico

Ao proporcionar a vivência dos estudantes em uma SD baseada em práticas científicas tivemos como foco engajá-los em práticas análogas às das comunidades científicas, de modo que eles pudessem compreender como os dados se relacionam com as teorias científicas e os modelos teóricos existentes. Para essa inserção, consideramos o caráter epistêmico do conhecimento no desenvolvimento da SD, de modo a envolver os estudantes em uma comunidade de prática com foco na aprendizagem reflexiva *sobre* Ciência (LEMKE, 1998; DUSCHL, 2008; KELLY, 2008; SANDOVAL, 2014; NASCIMENTO; SASSERON, 2019).

Optamos por analisar as práticas científicas separadas para fins da pesquisa, ou seja, para uma clareza maior sobre o desenvolvimento de cada uma. Contudo, entendemos que elas se conectam e se relacionam. Na análise dos dados percebemos que em uma mesma atividade uma prática científica escolar impactou/influenciou em outra.

Abordando essa inter-relação entre as práticas científicas, focamos no uso das evidências, que impactou diretamente na argumentação e nas práticas de modelagem, analisar e interpretar dados e construir evidências e elaborar explicações científicas, uma vez que as evidências eram fundamentais para que os estudantes pudessem sustentar as explicações, modelos e argumentos.

Em relação às evidências, os estudantes precisavam entender que elas eram passíveis de várias interpretações, ou seja, dependiam da lente teórica do analista (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010). Entretanto, pelos dados, parece-nos que os estudantes não compreenderam que era necessário interpretá-las à luz dos conhecimentos teóricos, o que ocasionou em modelos sem embasamento nas evidências disponíveis. Eles

buscaram outras formas para embasar os modelos, como o livro didático, o que acarretou em uma mudança no modo representacional: de modelos do modo bidimensional (dos livros didáticos) para o modo tridimensional (com materiais concretos e manipuláveis). Isso ocorreu em todas as atividades de produção de modelos, porém, a diferença entre elas foi que na construção dos modelos de cromatina e cromossomo os estudantes não buscaram modelos didáticos nos livros, pois tinham de forma sólida a representação mental dessas estruturas, assim, acessaram o conhecimento prévio. Para compreender porque isso ocorreu buscamos compreender a visão epistemológica dos sujeitos no contexto vivenciado por esta comunidade de prática.

Retomando a concepção de epistemologia prática abordada no referencial, a epistemologia no ensino das ciências está relacionada a compreensão da natureza do conhecimento científico e dos processos que entrelaçam o conhecimento, o mundo e o homem. O que se conta como conhecimento e aquilo que se é estabelecido como fato são empreendimentos humanos, assim epistemologia pode ser entendida como um conjunto de práticas socialmente compartilhada por comunidades para produção e legitimação do conhecimento, sendo estas práticas mediadas pelo discurso, pelos meios representacionais e materiais da Ciência (LIDAR *et al.*, 2005; STROUPE, 2014)

Corroborando com Lidar *et al.* (2005), para compreender a visão epistemológica dos sujeitos envolvidos na comunidade de prática em questão, denominamos como epistemologia prática aquilo que os estudantes contaram como conhecimento relevante e o que eles consideraram como meio relevante de se obter conhecimento. Lidar *et al.* (2005) citam estudos que demonstraram que os professores e os estudantes não mantêm uma posição epistemológica unificada, ou seja, ela é dependente dos contextos socioculturais específicos e das tarefas as quais estão sendo desenvolvidas, ao invés de crenças a priori do que conta como conhecimento, evidência, modelo etc. Observamos em nossa análise que a pesquisadora e os estudantes possuíam visões epistemológicas distintas, isso porque a pesquisadora possuía a compreensão dos referenciais teóricos que guiaram a pesquisa, enquanto os estudantes não compreendiam da mesma forma que ela a importância da SD para o desenvolvimento do conhecimento *sobre* Ciência e nem a distinção entre fazer ciência escolar e fazer a lição (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE *et al.*, 2000).

Para que essa epistemologia fosse compartilhada por todos na sala de aula, consideramos a relevância do estabelecimento e monitoramento das normas sociais da produção social do conhecimento, para que assim os estudantes conseguissem significar

as práticas desenvolvidas na comunidade de prática para a produção de um conhecimento *sobre* Ciência. Portanto, os dados analisados nos mostram que os estudantes tiveram dificuldades em reconhecer e significar as práticas científicas da SD, isso se deu, principalmente, devido à visão epistemológica dos sujeitos e a consequente dificuldade em se estabelecer as normas sociais na comunidade de prática.

Percebemos que dentre as práticas científicas a que sofreu um maior impacto em relação à visão epistemológica dos estudantes foi a de construir evidências. Consideramos dois aspectos cruciais para justificar esta ocorrência. O primeiro deles, foi devido a vivência de um ensino de ciências pautado no discurso de autoridade e, conseqüentemente, na falta de reflexão do papel da sala de aula de ciências como espaço para fazer a ciência escolar em detrimento a fazer a lição (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE *et al.*, 2000; STROUPE, 2014).

Em relação ao primeiro aspecto, identificamos que as evidências científicas não foram consideradas relevantes para os estudantes, uma vez que eles já tinham conhecimento dos modelos didáticos estabelecidos nos livros didáticos. Para os estudantes se tornou desnecessário tentar compreender a evidência científica trazida (exemplo: a micrografia da mitose) e, com base nos dados, predizemos que isso ocorreu porque eles conheciam os modelos de ensino da mitose apresentados no livro didático e os elegeram como autoridade do conhecimento. Pensando na epistemologia prática, temos que eles consideraram como conhecimento relevante os modelos de ensino já estabelecidos e o meio para obter esse conhecimento foi acessar esses modelos em materiais didáticos ou na internet.

Convém destacar que embora os estudantes conhecessem os modelos de ensino trazidos nos livros didáticos eles não compreendiam bem os aspectos processuais, ou seja, não sabiam explicar o porquê daqueles processos que ocorriam na mitose. Assim percebemos ausência de reflexões sobre “*como sabemos o que sabemos?*” e “*porque acreditamos nisso?*” Isso fica claro nos episódios 1 e 3, quando os estudantes relatam que o modelo é assim porque está no livro, porque é uma convenção, porque sempre foi assim.

O segundo aspecto está atrelado ao entendimento que eles tinham de modelo na Ciência. Dentre as funções dos modelos na Ciência, a de representação foi a que mais impactou no desenvolvimento das práticas científicas. Para compreender isto melhor, ressaltamos a concepção de Gilbert e Justi (2016) para modelos adotada nessa pesquisa. Eles propõem que os modelos são artefatos humanos que de alguma forma podem servir às diversas funções epistêmicas, sendo elas: (i) representação parcial; (ii) investigativa;

(iii) preditiva; (iv) comunicativa; (v) suporte aos argumentos e explicações; (vi) simplificações e idealizações; (vii) disponibilização de uma imagem conceitual.

No desenvolvimento da prática científica escolar de modelagem temos que os modelos foram utilizados com as funções epistêmicas de (i) representação, (iv) comunicação, (v) suporte às explicações científicas, (vi) simplificação e idealização, (vii) disponibilização de uma imagem conceitual.

Iniciando com a função de (i) representação, temos que predominantemente nas atividades de 1 a 5 os estudantes compreendiam o modelo como representação por *similaridade*, por isso, para eles não havia problema em produzir os modelos como cópia do livro didático, uma vez que entendiam que estavam *modelando algo* ao invés de estarem *modelando para algo* (Gilbert e Justi, 2016). Presumimos que ao vivenciarem a modelagem, os estudantes se concentraram apenas em representar a mitose, contudo, essa visão de *modelando algo* começou a mudar quando foram solicitados a explicarem o processo da mitose. Essa mudança foi significativa para os estudantes na atividade 6, quando tiveram que usar o modelo para analisar afirmativas e resolver questões problemas, porque assim vivenciaram por meio da prática científica o uso do *modelo para algo*.

Essa visão de modelo como *similaridade* e *modelo de algo* se relacionou com o fato dos estudantes não utilizarem as evidências, pois, se para eles o modelo era uma cópia, não havia necessidade de construção do conhecimento e de modelos autênticos, uma vez que os modelos didáticos já eram suficientes.

Para trabalhar essa visão de modelo como *similaridade* a pesquisadora realizou intervenções durante as atividades, percebemos isso em seus questionamentos durante e após a produção dos modelos, por exemplo, no episódio 1, em que ela discutiu sobre o uso das evidências e a visão de modelo como cópia da realidade.

A partir desses questionamentos as outras funções do modelo foram emergindo à medida que os estudantes tiveram que (iv) comunicar os modelos, pois foram solicitados a explicar o fenômeno que estava sendo modelado. Nesse processo de comunicação eles usaram o modelo para (v) dar suporte às explicações, já que tiveram que analisar afirmativas e explicar se o modelo era plausível ou não para descrever as condições genéticas. Essa utilização dos modelos para descrever como essas condições ocorriam e para analisar as afirmativas sobre ciclo celular acarretou na utilização do modelo para (vi) simplificar e idealizar, pois modelos foram utilizados para resolver questões problemas. Por último, os modelos foram utilizados para (vii) disponibilizar uma imagem conceitual,

pois eles elaboraram modelos que possibilitaram a visualização de processos que não são diretamente observáveis.

A dificuldade em estabelecer as normas sociais da produção social do conhecimento na comunidade de prática também impactou na ocorrência de práticas epistêmicas. Conforme Kelly e Licona (2018) defendem, em uma comunidade de prática os envolvidos precisam estar familiarizados com as maneiras que as práticas são reconhecidas e significadas, corroborando com Sadler (2009), isso significa que conhecer e aprender em uma comunidade de prática envolve a participação. Uma comunidade de prática é então guiada pela cultura dessa comunidade, integrando-se a ela as normas sociais. Entendemos como normas sociais protocolos pré-estabelecidos para que uma comunidade de prática funcione. Para compreender essas normas nos baseamos na proposta de Longino (2002), que propôs normas sociais para a construção do conhecimento científico, sendo elas: a necessidade de um fórum; de espaço a críticas; a análise do conhecimento e a constituição de igualdade moderada entre os membros da comunidade.

Em relação a cada uma dessas normas, identificamos que a sala de aula não foi identificada e reconhecida pelos estudantes como um *fórum*, ou seja, um espaço social de construção de conhecimento em que eles pudessem argumentar fundamentados nas evidências científicas. Conforme abordado anteriormente, deduzimos que isso ocorreu porque eles não compreenderam que estavam construindo conhecimento com a vivência da SD, ou seja, não estavam compreendendo a importância da SD para o desenvolvimento do conhecimento *sobre* Ciência e nem a distinção entre fazer ciência escolar e fazer a lição.

A pesquisadora buscou oportunizar um ambiente favorável para que os estudantes pudessem expor suas ideias, entretanto, atrelado ao fato dos estudantes não reconhecerem aquele ambiente como um espaço para usar as evidências e argumentarem, eles também não compreendiam que possuíam autoridade intelectual ou epistêmica para tal.

Em relação a *receptividade à crítica* e a um *padrão público de análise*, percebemos que as outras normas implicaram proporcionalmente a essas, pois como os estudantes não entenderam a necessidade da argumentação, do uso da evidência, de assumirem seu papel como autoridade intelectual e epistêmica, eles também não compreenderam a importância da crítica e do papel que ela desempenhava na construção dos modelos e explicações.

Refletindo sobre essas dificuldades frente ao estabelecimento das normas sociais surgiram alguns questionamentos: As normas sociais devem ser trabalhadas explicitamente no ensino? As normas sociais podem ocorrer de forma orgânica a partir da vivência das práticas científicas escolares? Essas normas sociais podem ser estabelecidas progressivamente com os movimentos realizados pelo professor?

Os dados dessa pesquisa apontam para alguns aspectos que auxiliam a responder a esses questionamentos, entretanto, os compreendemos como implicações de pesquisa, uma vez que consideramos que sejam necessários mais estudos a fim de compreender mais a fundo o papel das normas sociais em contextos escolares.

A partir dos dados indicamos que para a sala de aula se tornar uma comunidade de prática é promissor que as normas sociais sejam trabalhadas explicitamente no contexto de ensino de ciências fundamentado em práticas, de modo que os estudantes iniciem a vivência das práticas científicas conhecendo o seu papel e sua contribuição para aquela comunidade a partir de negociações e estabelecimento de acordos entre professor e estudantes. Nesse sentido, tanto objetivos pedagógicos quanto epistemológicos precisam ser claramente estabelecidos para uma enculturação dos estudantes nesse modo de aprender Ciência e sobre Ciência.

Em relação a segunda questão acreditamos que a participação dos estudantes em comunidade de práticas evolui de forma gradual, isto é, se torna mais autêntica e reflexiva à medida que são inseridos gradativamente em vários contextos de práticas científicas alicerçadas com um ensino explícito das normas sociais.

Refletindo sobre a última questão, ressaltamos o papel do professor como mediador, responsável por distribuir a autoridade epistêmica na sala de aula, colocando os estudantes na posição de detentores e produtores de conhecimento. Conforme os estudantes se identifiquem com esse papel o desenvolvimento das atividades terá resultados mais produtivos dentro da comunidade de prática.

Conectando essa percepção com os dados analisados, chamamos atenção para o papel desempenhado pela pesquisadora no desenvolvimento da SD, tendo em vista as dificuldades em relação a visão epistemológica dos estudantes e ao estabelecimento das normas. O fato da pesquisadora não ser a professora da turma acarretou em desconhecimento da dinâmica estabelecida por aqueles estudantes, com isso assumimos que ela esperava um engajamento e envolvimento na SD que eles não estavam acostumados ou mesmo superestimou o engajamento deles. Contudo, o seu papel foi crucial para que as práticas científicas epistêmicas escolares ocorressem a partir das

práticas científicas escolares, pois notamos que as ações da pesquisadora serviram como um limiar para que as atividades realizadas pelos estudantes não se tornassem apenas manipulação de materiais (transição dos modelos bidimensional para tridimensional de modelos) sem reflexões sobre as bases que fundamentam os modelos. Dentre essas ações, ressaltamos algumas: contrapor os modelos elaborados com as evidências; questionar os estudantes sobre os seus construtos; propiciar momentos para que os estudantes comunicassem suas ideias; utilizar os modelos elaborados pelos estudantes em sua explicação; solicitar que os estudantes expusessem suas ideias sobre os modelos de outro grupo.

O engajamento deles nas atividades influenciou na dinâmica de desenvolvimento da SD, já que todas as atividades haviam sido programadas para serem desenvolvidas em grupos e como raramente os grupos eram os mesmos, frequentemente os estudantes tiveram que situar os novos membros do grupo sobre a atividade que estava sendo desenvolvida, enquanto outros tiveram que abandonar suas produções anteriores.

Passamos agora a discussão sobre a argumentação no desenvolvimento da SD. A partir da discussão já estabelecida sobre a visão epistemológica de conhecimento dos estudantes é possível compreender também porque a argumentação esteve pouco presente nas interações entre eles. Como eles estabeleceram como conhecimento relevante os modelos de ensino já consolidados e o meio para obtê-los foram as consultas aos materiais didáticos ou a internet, a argumentação perdeu espaço porque não ocorreu discussão de teorias alternativas (MENDONÇA; IBRAIM, 2019).

No referencial teórico relacionamos a argumentação com cada uma das práticas científicas escolares, a partir disso, foi possível compreender como essa relação se deu nos dados. Iniciando pela modelagem, temos que na etapa de criação de modelos, conforme Gilbert e Justi (2016) mencionam, os estudantes devem buscar informações sobre a entidade a ser modelada e, é nesse momento, que a argumentação ocorre, pois é fundamental selecionar as evidências que fundamentam o modelo (JUSTI, 2015). Posto isso, temos que essa relação não aconteceu na etapa de criação dos modelos, dado que os estudantes tiveram dificuldades em lidar com as evidências.

Tanto na fase de expressão como na fase de teste a pesquisadora tentou realizar questionamentos que propiciassem o desenvolvimento da argumentação, entretanto, as respostas fornecidas pelos estudantes foram predominantemente descritivas e declarativas, conforme vimos no episódio 3 – Cenas 3, 5, 6 e 7.

Na etapa de avaliação de modelos ocorreu a argumentação, pois os estudantes tiveram que contrapor o modelo elaborado com o objetivo e convencer aos demais sobre a validade do modelo, tendo que justificar porque o modelo poderia ser usado para explicar o fenômeno, conforme mostrado na atividade 6, episódio 3.

Em relação à argumentação e à elaboração de explicações científicas, explicitamos no referencial teórico que para a argumentação ocorrer as explicações devem ser elaboradas com os objetivos de explicação causal ou explicação como justificativa, entretanto, nos dados percebemos que os estudantes elaboraram mais explicações como esclarecimentos, ou seja, as explicações fornecidas tinham mais um caráter descritivo.

A prática científica escolar de analisar e interpretar dados e construir evidências está intimamente conectada a argumentação, visto que uma das bases do argumento são as evidências. Conforme já ressaltamos, os estudantes tiveram dificuldades em lidar com as evidências, conseqüentemente, também tiveram dificuldades na construção dos argumentos. Eles utilizaram com frequência o argumento de autoridade, ou seja, aquele no qual se deposita crença no sujeito que emite a opinião ao invés da apresentação das evidências que suportam a posição, como evidenciado ao serem questionados sobre os seus construtos apoiados nos materiais didáticos (“*porque no livro aparece assim*”, episódio 3, cena 6).

Além dessa relação da argumentação com as práticas científicas, abordamos também no referencial teórico três maneiras como a argumentação pode manifestar-se na sala de aula, sendo elas: atribuição de sentido, articulação de ideias e persuasão.

Nos dados notamos que os estudantes argumentaram com o objetivo de *articular ideias* e de *persuasão*, mas não houve argumentação com o objetivo de atribuição de sentido, uma vez que os estudantes não utilizaram a evidência disponibilizada para produzir os modelos.

Por exemplo, no episódio 2, cena 6, Caio ao não concordar com o modelo e a explicação apresentada justificou o seu argumento articulando o modelo com a teoria, ou seja, ele *articulou ideias* e *persuadiu*, no sentido de convencer, os demais estudantes sobre sua explicação.

A argumentação apareceu também com o objetivo de *persuasão* no episódio 3, pois os estudantes utilizaram os modelos para elaborar explicações sobre as condições genéticas, como o Mosaicismo e a Síndrome de Down. Eles elaboraram essas explicações

com base nos modelos de modo a justificar se estes poderiam ser usados ou não para aquele contexto específico.

A atividade 6 foi fundamental para entender como as práticas científicas se relacionam entre si e como elas proporcionam o desenvolvimento das práticas epistêmicas. Nessa atividade os estudantes haviam modelado a mitose e tiveram que explicar os seus modelos finais relacionando-os com os conceitos científicos sobre as condições genéticas e argumentar como e porque os modelos poderiam ser usados para explicar essas condições. Com isso tivemos a articulação da modelagem com a argumentação e com a elaboração de explicações. Além disso, nessa atividade ficou claro que os estudantes não estavam *modelando algo* e sim *para algo*. Somando a isso, eles vivenciaram a ocorrência de todas as instâncias sociais do conhecimento: produção, comunicação, avaliação e legitimação.

Em síntese, constatamos que a prática científica escolar de análise e interpretação de dados e construção de evidências não foi totalmente desenvolvida pelos estudantes, entretanto, a partir das discussões propiciadas pela pesquisadora foi possível notar que houve o desenvolvimento da prática epistêmica na instância de *avaliação* do conhecimento, devido à contraposição da evidência com os modelos e a discussão dessa evidência com a comunidade de prática. As demais instâncias de proposição, comunicação e legitimação não ocorreram, pois, os estudantes não selecionaram as evidências científicas que poderiam usar ao proporem os modelos, não comunicaram essa escolha e não utilizaram a evidência para legitimá-la. Consideramos que a discussão que ocorreu em torno da avaliação da evidência foi um passo importante, porque mesmo que os estudantes não tenham vivenciado as instâncias de produção, comunicação e legitimação, possibilitou o entendimento de como seria diferente a produção dos modelos caso isso tivesse ocorrido.

Na prática científica escolar de modelagem tivemos o desenvolvimento das práticas epistêmicas escolares nas instâncias de *comunicar*, *avaliar* e *legitimar*. A instância de propor não ocorreu significativamente, porque na construção dos modelos não houve um uso consciente das evidências. Entretanto, os estudantes *comunicaram* os modelos elaborados com a comunidade de prática, *analisaram* os modelos frente às questões problemas e aos objetivos propostos, e ao final das atividades chegaram a modelos plausíveis, ou seja, *legitimaram* seus construtos, como vimos na atividade 6, episódio 3.

A prática científica escolar de construir explicações, proporcionou o desenvolvimento das instâncias sociais de *comunicar, avaliar e legitimar*, pois os estudantes *comunicaram* suas explicações na comunidade de prática justificando-as com os modelos. Eles *avaliaram* as explicações contrapondo o modelo com o fenômeno, e *legitimaram* as explicações quando justificaram o uso dos modelos em outros contextos de ensino, como como vimos na atividade 6, episódio 3.

De uma forma geral, constatamos que os estudantes estavam adaptados a vivenciarem a produção de modelos com uma perspectiva pouco autoral, consistindo na produção de modelos concretos tridimensionais, similar a abordagem de trabalhos como de Barden-Gabbei (2006) e Clark e Mathis (2000). Mesmo assim, considerando os resultados da pesquisa, em termos das práticas epistêmicas escolares que emergiram da vivência da SD, constatamos seu potencial para a finalidade a qual foi elaborada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse último capítulo sintetizamos os resultados obtidos a fim de responder ao nosso objetivo de pesquisa, que se pautou em entender as relações entre as práticas científicas escolares e as práticas epistêmicas escolares, de modo a nos proporcionar o entendimento de como as últimas podem emergir em um contexto de vivência das primeiras.

Para responder a esse objetivo de pesquisa enfatizamos os seguintes pontos: (i) a esfera social impactou no desenvolvimento dos conhecimentos conceitual, processual e epistêmico; (ii) a perspectiva “*hands-on*” influenciou no desenvolvimento das práticas epistêmicas escolares; (iii) a visão de modelos e evidências interferiu no desenvolvimento das práticas epistêmicas; (iv) os movimentos realizados pela pesquisadora contribuíram para o desenvolvimento das práticas epistêmicas escolares.

Para expor sobre o primeiro ponto partimos dos três conhecimentos (DUSCHL, 2008; OSBORNE, 2014; 2016) que consideramos pertinentes para uma aprendizagem autêntica sobre Ciência a partir de um contexto social, sendo eles, conceitual, processual e epistêmico. A partir das discussões dos dados inferimos que as normas sociais na esfera social da comunidade de prática não foram integralmente estabelecidas e acordadas e isso influenciou os conhecimentos conceitual, processual e epistêmico. Para o desenvolvimento do conhecimento epistêmico é necessário que os estudantes estejam dispostos a questionarem, afim de compreenderem os conceitos e processos de forma mais profunda, abordando as perguntas *saber porque? como nós sabemos o que sabemos?*. A partir do momento que a visão epistemológica da comunidade é centrada no discurso de autoridade, a reflexão epistêmica perde lugar. Com isso, ressaltamos a importância de construir uma comunidade de prática em que os envolvidos estejam engajados em compreenderem os raciocínios envolvidos nas práticas científicas e como ocorre a construção das conclusões científicas nas comunidades de prática. Em outras palavras, torna-se necessário a consciência do papel da comunidade e das normas que a regem para a produção social do conhecimento, o que irá influenciar significativamente na esfera epistêmica do saber.

Como os estudantes estavam acostumados a perspectiva pouco autoral na produção do conhecimento, não enxergando na comunidade a si próprios como autoridade epistêmica, não viam demanda retórica em justificar suas produções com base

em evidências científicas, porque não percebiam o peso delas no estabelecimento do conhecimento científico (DUSCHL; OSBORNE, 2002).

Em relação a esses conhecimentos (conceitual, processual e epistêmico) sintetizamos que para ter uma comunidade de prática alinhada com uma educação científica sobre Ciência é necessário ter uma base sólida bem construída em sua constituição, a qual apontamos como sendo a esfera social, ou seja, ela é o pilar para que os três tipos de conhecimentos sejam eficazmente trabalhados em sala de aula.

A partir das nossas análises e discussões percebemos que a inserção dos estudantes em comunidades de práticas deve ocorrer desde a Educação Básica. Ressaltamos que a abordagem deve ser ajustada para cada nível de ensino, isso se justifica, pois conforme apontamos na discussão dos dados, a participação dos estudantes em atividades autênticas às científicas ocorre de forma gradual em função do processo de enculturação.

O segundo ponto refere-se a perspectiva “*hands-on*”, que de acordo com Osborne (2014) reporta a um ensino em que o professor possui como objetivo convencer os estudantes sobre a validade dos conceitos, desenvolvendo para isto habilidades manipulativas para vivência de experimentações com o intuito de verificação do conhecimento. Nesse tipo de ensino não ocorre entendimento dos processos envolvidos na construção do conhecimento, assim como o papel da argumentação na análise e interpretação dos dados. Ele ainda aponta que em alguns casos as atividades são exercícios que cumprem roteiros afim de replicar fenômenos.

Mesmo com a literatura (CAAMANO, 2011; OSBORNE, 2014; 2016) apontando sobre a fragilidade desse tipo de ensino pautado na experimentação prática do tipo “*hands-on*”, essa proposta ainda é frequentemente encontrada nas salas de aula, principalmente, no ensino superior, como exemplo tem-se os trabalhos de Barden-Gabbei (2006) e Clark e Mathis (2000). Osborne (2014) afirma que uma educação científica pautada na experimentação prática roteirizada influencia nas capacidades de interpretação dados, impossibilita a compreensão da ciência relacionada com desenvolvimento de hipóteses, a construção de modelos explicativos e avaliação deles fundamentada na argumentação.

Por meio dos nossos dados evidenciamos as consequências do ensino de ciências pautado na perspectiva “*hands-on*”, principalmente, no que tange ao desenvolvimento das práticas epistêmicas, pois constatamos que os estudantes não estavam envolvidos nas atividades no sentido de “fazer ciência”. Concordamos com Osborne (2014) que fazer ciência envolve diversas atividades cognitivas, discursivas e representacionais, além do

fazer prático. Em seu estudo ele apresenta a figura 16 e com base nela discute que o fazer ciência, que se refere a investigação empírica, compõe uma das cinco atividades consideradas primordiais para engajar na Ciência. Osborne completa essa ideia argumentando que o ensino de Ciências deve proporcionar aos estudantes a oportunidade de experimentar e praticar diversificadas atividades discursivas.

Figura 16- As principais atividades da ciência



Fonte- Extraído do trabalho de Osborne (2014, p. 591), tradução nossa.

Atrelado a isso, discutimos o terceiro ponto, que é sobre como a visão de modelos e evidências interferiu no desenvolvimento das práticas epistêmicas. Os estudantes visualizavam os modelos como representação por similaridade, no sentido de cópia da realidade. Além disso, eles iniciaram a SD *modelando algo*, com isso eles não reconheceram a necessidade de trabalhar com as evidências científicas, pois o modelo já estava pronto e precisava apenas ser reproduzido. A partir disso, salientamos a necessidade de trabalhar no ensino de ciências as diversas funções epistêmicas que os modelos podem desempenhar na construção de conhecimento, de modo que, o modelo não se limite apenas à função de representação. Concluimos que é imprescindível trabalhar essas funções do modelo enquanto artefato epistêmico na vivência das práticas científicas para que os estudantes entendem que os modelos dão suporte aos argumentos e as explicações deixando de ter somente o objetivo de ser *modelo de algo*, para um objetivo mais amplo de *modelo para algo*.

Esses três pontos apresentados interferiram diretamente nas instâncias sociais de proposição, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento, visto que os estudantes ao proporem os modelos, ao elaborarem as explicações e ao selecionarem os

dados não lidaram com as evidências. Creditamos a isso a visão de modelos e evidências atrelada a perspectiva de prática do tipo “*hands-on*”.

Ao comunicarem, avaliarem e legitimarem os modelos e as explicações científicas os estudantes não estavam envolvidos na argumentação e avaliação daquele conhecimento, uma vez que para eles já estava consolidado, entretanto, os estudantes tiveram que utilizar os modelos em situações problemas, nesse sentido, a proposta da SD favoreceu ao desenvolvimento das instâncias sociais de avaliação e legitimação do conhecimento.

Sintetizando a relação das práticas científicas escolares com as com as práticas epistêmicas escolares, chegamos as seguintes considerações: para *propor* modelos e explicações científicas, é imprescindível o trabalho de analisar e selecionar as evidências, por isso, consideramos primordial que ao desenvolver as práticas científicas na sala de aula os estudantes vivenciem atividades que os ensine a trabalhar com as evidências dando ênfase ao importante papel delas na Ciência; ao *comunicar* os modelos e explicações científicas é crucial que os estudantes reconheçam aquele espaço da sala de aula como um fórum público, aberto a críticas e avaliação do conhecimento; para *avaliar* os modelos, as explicações científicas e as evidências os estudantes devem ser inseridos naquele contexto como autoridade intelectual e epistêmica, de modo que entendam o seu papel naquela comunidade de prática; para *legitimar* os modelos, as explicações científicas e as evidências é necessário fazer uso da argumentação para contrapor os construtos com as teorias e então reconhecê-los como válidos em toda a comunidade de prática.

O último ponto a ser apresentado refere-se aos movimentos realizados pela pesquisadora que contribuíram para o desenvolvimento das práticas epistêmicas escolares. Ressaltamos as ações da pesquisadora no desenvolvimento da SD que influenciaram no desenvolvimento de práticas epistêmicas escolares: questionamentos acerca da esfera epistêmica, buscando a reflexão de *como sabemos o que sabemos e por que acreditamos nisso* e o seu posicionamento em tentar conferir àqueles estudantes autoridade epistêmica e intelectual, de modo que eles se identificassem com esse papel de autoridade e então atuassem como responsáveis pela produção de conhecimento, expondo ideias, argumentando, construindo e avaliando os construtos etc.

Ponderando sobre o papel da pesquisadora no desenvolvimento da SD, ressaltamos que em uma comunidade de prática o professor possui o papel de instituir a igualdade moderada, isso significa deixar claro para os estudantes que a igualdade é

estabelecida por níveis de conhecimento e não por autoridade no sentido de poder. Além desse papel, como já colocamos aqui, defendemos que o professor precisa instituir as normas sociais para que a comunidade de prática seja efetiva para todos.

A partir desses pontos retomamos a figura 1 do referencial teórico, pois nela abordamos as relações entre as práticas científicas, as práticas epistêmicas e a argumentação em um contexto social de ensino. Em nossos dados percebemos que para a argumentação ocorrer é preciso que as normas sociais sejam discutidas e reconhecidas, pois a partir dessas ações que a esfera social da comunidade de prática é estabelecida e possibilitará um desenvolvimento frutífero das práticas científicas e práticas epistêmicas.

Com isso, percebemos que a ocorrência da argumentação na sala de aula está intrinsecamente relacionada com o estabelecimento das normas sociais. Se a sala de aula é reconhecida e vivenciada como um *fórum público* significa que este espaço está aberto ao debate com inserção de críticas, revisão de evidências, métodos, suposições e argumentos e isso favorece a ocorrência da argumentação, como as críticas e as negociações das ideias. Assim, para ocorrer a argumentação os estudantes devem estar aptos a submeterem os seus construtos ao discurso crítico e dispostos a revisarem esses construtos, esses pontos referem-se à norma social de dispor de *receptividade à crítica*. Nesse contexto deve existir um *padrão público de análise* para que os critérios de análise desses construtos sejam estabelecidos e organizados e, para finalizar, nessa comunidade de prática deve haver *igualdade moderada*, para que os estudantes se coloquem nesse papel de argumentadores.

Esse ambiente favorável à argumentação com as normas sociais discutidas e deliberadas proporciona o desenvolvimento das práticas científicas e das práticas epistêmicas, porque propicia um ambiente de interação social em que os procedimentos, atividades e ações podem ser desenvolvidos pelos estudantes, visando a proposição e avaliação de um *corpus* de conhecimentos científicos existentes.

6 IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO E A PESQUISA

No início dessa pesquisa nos dedicamos ao processo de elaboração da sequência didática, já que sabíamos da importância de elaborar atividades específicas que pudessem contribuir para o desenvolvimento das práticas epistêmicas. Nos baseamos no documento americano NRC (2011) (*National Research Council*) para definir quais as práticas científicas escolares seriam inclusas. Embora no documento as práticas científicas estejam listadas, nos atentamos ao fato que elas ocorrem de forma interdependentes no ensino, assim como nas comunidades científicas. Por meio dos dados observamos que essa atenção dada a conexão das práticas científicas na elaboração da SD foi significativa em seu desenvolvimento em sala de aula, pois à medida que os estudantes desenvolveram as atividades da SD foram percebendo que era necessário argumentar, comunicar ideais, analisar e revisar os modelos, ou seja, no decorrer da SD as práticas epistêmicas foram emergindo. Por exemplo, percebemos que a atividade 6 foi essencial para conectar as práticas científicas e as epistêmicas escolares, dado que nela os estudantes se envolveram em práticas científicas interconectadas, pois vivenciaram a modelagem, a elaboração de explicações científicas e a argumentação, e isso contribuiu para a ocorrência das práticas epistêmicas. Neste sentido, fundamentados na pesquisa, somos favoráveis ao trabalho orgânico com as práticas científicas a partir da vivência metacognitiva e reflexiva delas.

Ainda considerando a atividade 6 destacamos o seu potencial para o ensino, pois o fato dela solicitar a *avaliação* dos modelos contribuiu significativamente para o desenvolvimento das práticas científicas (modelagem, elaborar explicações científicas) e epistêmicas escolares (nas instâncias de comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento). Então, como implicação para o ensino destacamos que ao planejar propostas pautadas nas práticas seja válido propor atividades com foco na argumentação que visem a *avaliação do conhecimento*, não enfatizando somente sua justificação, corroborando com autores como Duschl; Osborne (2002) e Osborne *et al.*, (2012).

Em relação ao ensino do ciclo celular com ênfase na mitose, temos indícios que vivenciar a modelagem atrelada as demais práticas científicas favoreça a compreensão desse conteúdo. Com os nossos resultados concluímos que alguns entendimentos processuais e concepções alternativas sobre esse conteúdo foram exploradas, como por exemplo, entender sobre a diferença de cromatina e cromossomo, compreender sobre a estrutura do cromossomo, diferenciar as etapas que envolvem o ciclo celular, diferenciar a mitose da meiose, assim como entender a relação da mitose com condições genéticas

etc. Embora o nosso foco não estivesse na abordagem conceitual somente, chamamos atenção para essa contribuição, pois o uso de modelos no ensino desse conteúdo é comum, entretanto, dentre as abordagens desenvolvidas predominam o uso de modelos de ensino e quando ocorre a produção de modelos refere-se a confecção de modelos tridimensionais, com o foco em *modelar algo*. Em contrapartida a essas abordagens, os nossos dados nos mostraram que a inserção dos estudantes em um contexto de ensino em que são mobilizadas práticas epistêmicas implica em uma aprendizagem indo além do âmbito conceitual, abordando os conhecimentos processual e epistêmico.

Na conclusão explicitamos como o desenvolvimento das práticas científicas e epistêmicas escolares e da argumentação são influenciadas pelas normas sociais da produção social do conhecimento. Constatamos que para as práticas científicas e epistêmicas escolares serem desenvolvidas de forma produtiva é necessário ter a esfera social consolidada, uma vez que a consideramos como a base para o desenvolvimento dos conhecimentos conceituais, processuais e epistêmicos, e para que essa consolidação ocorra, as normas sociais se tornam centrais nesse processo.

O estabelecimento das normas sociais se relaciona com a apropriação da argumentação em sala de aula, pois, conforme a figura 1 que elaboramos ao final do referencial teórico e com os dados da pesquisa, para a argumentação acontecer envolvendo as evidências, as críticas e as negociações, de modo que os estudantes possam atribuir sentido, articular ideias e persuadir, é necessário que a esfera social esteja consolidada e para isso as normas sociais precisam ser significadas a todos.

Entretanto, devido às dificuldades apresentadas na condução da pesquisa em campo em relação ao estabelecimento de um contexto social com normas sociais significadas e reconhecidas na comunidade de prática, consideramos que seja relevante para o campo da pesquisa aprofundar em investigações com foco no estabelecimento dessas normas sociais na sala de aula.

Alinhado a isso, retornarmos aos questionamentos abordados na discussão e que podem ser ponto de partida para outros estudos sobre as normas sociais: As normas sociais devem ser trabalhadas explicitamente no ensino? Como deve se dar o seu ensino explícito? As normas sociais ocorrem de forma orgânica a partir da vivência das práticas científicas escolares? Essas normas sociais podem ser estabelecidas progressivamente com movimentos realizados pelo professor? Elas variam em função do contexto de ensino, se investigativo ou com questões sociocientíficas, por exemplo?

Ao final dessas discussões e implicações nos questionamos até que ponto é válido distinguir as práticas científicas das práticas epistêmicas, considerando esse um apontamento da literatura e que influenciou no desenvolvimento desta pesquisa. Concluimos que essa distinção das práticas se faz necessário para objetivos de ensino, uma vez que para nós no contexto da ciência os cientistas trabalham as práticas científicas de modo epistêmico, ou seja, não conseguimos enxergar o uso das práticas científicas sem uma intencionalidade de justificação do conhecimento a todo momento.

Conforme apresentado nessa pesquisa quando os estudantes são envolvidos em comunidades de prática sem estarem enculturados a esse modo de aprender ciência, o processo de utilização das práticas científicas pode se limitar ao fazer prático. Para que isso não ocorra é crucial que se tenha intencionalidade nas propostas de ensino para que a vivência das atividades não fique limitada a esse fazer prático e envolva o “fazer ciência” mais amplo, conforme a figura 16, proposta por Osborne (2014). Com isso, a distinção entre as práticas científicas e as práticas epistêmicas se faz necessário, principalmente, para o professor, para os profissionais que elaboram currículo, entre outros profissionais que auxiliam na produção de materiais de ensino, para que percebam claramente como as práticas epistêmicas ocorrem no ambiente de ensino se as práticas científicas forem compreendidas para além da esfera “*hands-on*”, se a Ciência for compreendida como construto social, fundamentada em normas e regras que influenciam nos processos justificatórios e de tomadas de decisão e se a vivência das práticas for metacognitiva e reflexiva, ou seja, se de fato levantar questionamentos sobre “Como sabemos o que sabemos? E por que acreditamos nisso?”. Para finalizar, esperamos que esta pesquisa possa ter contribuído com a literatura no que tange as distinções e relações entre as práticas.

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO-DÍAZ, J. A. *et al.* Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**. v. 4, n.2. pp. 202-225, abril, 2007.
- ALBERTS, B. *et al.* **Fundamentos da Biologia Celular**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- AMAYA, M. J. *et al.* The insulin receptor translocates to the nucleus to regulate cell proliferation in liver. **Hepatology**. v. 59, n. 1, p. 274-283, janeiro, 2014.
- BACHELARD, G. **A filosofia do não [The philosophy of no]**. São Paulo: Abril Cultural, 1978. p. 1-87. (Coleção os Pensadores).
- BARBOSA, N. F. M. V. *et al.* Dificuldades no processo de ensino-aprendizagem de citologia dos discentes da 1 série do Ensino Médio Da Escola Estadual De Ensino Médio Oswaldo Pessoa–João Pessoa–PB. *In: Congresso Nacional de Pesquisa e ensino em CIÊNCIAS*, 1., 2016, Campina Grande, PB. **Anais [...]**. Campina Grande: Editora Realize, 2016.
- BARDEN-GABBEI, L. M. Demonstrating biological principles efficiently & effectively: The overhead is more than just a lighted chalkboard. **The American Biology Teacher**. v. 68, n. 6, p. 357-362, 2006.
- BRAGA, C. M. D. S; FERREIRA, L. B. M; GASTAL, M. L. A. O uso de modelos no ensino da divisão celular na perspectiva da aprendizagem significativa. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **VII Enpec**. Florianópolis, novembro de 2009.
- CAAMAÑO, A. Argumentar em ciencias - un elemento esencial para la educación científica y ciudadana. **Alambique**. v. 63, p. 5-10, 2010.
- CAAMAÑO, A. Los trabajos prácticos en física y química: interpretar e investigar *In: Didáctica de la física y la química*: ed. Barcelona: Graó, v. p.143-163, 2011.
- CAREGNATO, R. C. A.; MUTTI, R. Pesquisa qualitativa: análise de discurso versus análise de conteúdo. **Texto & Contexto-Enfermagem**. v. 15, n. 4, p. 679-684, 2006.
- CARVALHO, A. M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Ijuí: Unijuí, 2006.
- CHIARO, S.; LEITÃO, S. O papel do professor na construção discursiva da argumentação em sala de aula. **Psicologia: reflexão e crítica**. v. 18, n. 3, p. 350-357, 2005.
- CLARK, D. C.; MATHIS, P. M. Modeling mitosis & meiosis: A problem-solving activity. **The American Biology Teacher**. p. 204-206, 2000.

COELHO, L.; PISONI, S. Vygotsky: sua teoria e a influência na educação. **Revista Modelos**. v. 2, n. 2, p. 144-152, 2012.

COHEN, C.; M., L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**. 7 ed. London and New York: Routledge, 2011.

CROSS, D. *et al.* Argumentation: a strategy for improving achievement and revealing scientific identities. **International Journal of Science Education**. v. 30, n. 6, p. 837-861, 2008.

DRIVER, R. Student's conceptions and the learning of science. **International Journal of Science Education**. v. 11, n. Special, p. 481-490, 1989.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. **Science Education**. v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.

DUSCHL, R. A. Science education in three-part harmony: balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. **Review of research in education**. v. 32, n. 1, p. 268-291, 2008.

DUSCHL, R. A; OSBORNE, J. Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. **Studies in science Education**. v. 38, p. 39-72, 2002.

ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **Argumentation in Science Education: perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008.

FURLAN, C. M. *et al.* Extração de DNA vegetal: o que estamos realmente ensinando em sala de aula. **Química Nova na Escola**. v. 33, n. 1, p. 32-36, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas 2002.

GILBERT, J. K; JUSTI, R. **Modelling-based teaching in science education**. New York: Springer, 2016.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas**. Barcelona: Graó, 2010.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BUGALLO-RODRÍGUEZ, A.; DUSCHL, R.A. "Doing the Lesson" or "Doing Science": argument in High School Genetics. **Science Education**. v. 84, n. 6, p. 757-792, 2000.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; CRUJEIRAS, B. **Epistemic practices and scientific practices in science education**. Science Education. p.69-80, New York: Springer, 2017.

JUSTI, R. La Enseñanza de Ciencias Baseada en La Elaboración de Modelos. [Modelling-based science teaching]. **Enseñanza de Las Ciencias**. v. 24, n. 2, p. 173-194, 2006.

JUSTI, R. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 17, n. especial, p. 31-48, 2015.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**. v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002.

KELLY, G. J; DUSCHL, R. A. Toward a research agenda for epistemological studies in science education. *In: annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. **Anais** [...]. New Orleans, LA, 2002.

KELLY, G. J.; Teaching Scientific Inquiry. *In: Inquiry, Activity and Epistemic Practice*. Sense, p.99, 2008.

KELLY, G. J.; LICONA, P. Epistemic practices and science education. *In: History, philosophy and science teaching*. New York: Springer, p.139-165, 2018.

KUHN, D. **The Skills of Argument**. New York: Cambridge University, 1991.

KUHN, D. Science as Argument: implications for Teaching and Learning Science Thinking. **Science Education**. v. 77, n. 3, p. 319-337, 1993.

LEDERMAN, N.G. **Nature of science: past, present, and future**. *In: Handbook of research on science education*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, p.831-880, 2007.

LEMKE, J. L. **Teaching all the languages of science: words, symbols, images, and actions**. *In: Conference on science education in Barcelona*, 1998.

LIDAR, M.; LUNDQVIST, E.; ÖSTMAN, L. Teaching and learning in the science classroom: the interplay between teachers' epistemological moves and students' practical epistemology. **Science Education**. v. 90, n. 1, p. 148-163, 2005.

LONGINO, H. E. **The fate of knowledge**. New Jersey: Princeton University Press, 2002.

MACHADO, F. B. **Dissomia uniparental e mosaicismo somático como mecanismos de alterações epigenéticas do imprinting genômico**. Orientadora: Ester Silveira Ramos. 2012. 156 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MACKEY, A.; GASS, S. M. **Second language research: methodology and design**. 2. ed. New York: Routledge, 2016

MAIA, P. F.; JUSTI, R. Desenvolvimento de Habilidades em Atividades de Modelagem. **Enseñanza de Las Ciencias**. v. 27, n. extra, p. 776-779, 2009.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Contributions of the 'model of modelling' diagram to the learning of ionic bonding: analysis of a case study. **Research in Science Education**. v. 41, p. 479-503, 2011.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. An instrument for analyzing arguments produced in modeling-based chemistry lessons. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 51, n. 2, p. 192-218, 2014.

MENDONÇA, P. C. C.; IBRAIM, S. S. Argumentação no Ensino de Química. (Org.). **Ensino de Química em Foco.**, 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2019. p. 217-235.

MENDONÇA, P.C.C.; JUSTI, R. Ensino-Aprendizagem de Ciências e Argumentação: Discussões e Questões Atuais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 13, n. 1, p. 187-216, 2013a.

MENDONÇA, P.C.C.; JUSTI, R. The relationships Between Modelling and Argumentation from the Perspective of the Model of Modelling Diagram. **International Journal of Science Education**. v. 35, n. 14, p. 2407-2434, 2013b.

MENDONÇA, P. C. C. De que Conhecimento sobre Natureza da Ciência Estamos Falando? **Ciência & Educação**. Bauru, v. 26, p. 16, 2020.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 8. ed. São Paulo: Hucitec. p. 201-219, 2004.

MINAYO, M. C. S. **Teoria, método e criatividade**. 21. ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

MOREIRA, L.; EL-HANI, C. N; GUSMÃO, F. A. F. A síndrome de Down e sua patogênese: considerações sobre o determinismo genético. **Brazilian Journal of Psychiatry**. v. 22, n. 2, p. 96-99, 2000.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. (383.p)

MORTIMER, E. F; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

MOURA, C. B.; GUERRA, A. Cultural History of Science: A possible path for discussing scientific practices in Science Teaching. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 16, n. 3, p. 749-771, 2016.

NASCIMENTO, L. A.; SASSERON, L. H. A constituição de normas e práticas culturais nas aulas de ciências: proposição e aplicação de uma ferramenta de análise. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 21, 2019.

National Research Council (NRC). **A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas**. Committee on a Conceptual Framework of New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: National Academies Press, 2011.

OLIVEIRA, D. K. B. S. ; JUSTI, R.; MENDONÇA, P. C. C. The use of representations and argumentative and explanatory situations. **International Journal of Science Education**. v. 37, n. 2, p. 1-34, 2015.

OLIVEIRA, D. K. B. S. **O uso de representações em explicações e na argumentação**. 2013, dissertação, mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Belo Horizonte, 2013.

OSBORNE, J. **Defining a knowledge base for reasoning in Science**: the role of procedural and epistemic knowledge. New York: Routledge, 2016.

OSBORNE, J *et al.* **Perspectives on scientific argumentation**: theory, practice and design. New York: Springer, 2012.

OSBORNE, J.; PATTERSON, A. Scientific Argument and Explanation: a necessary distinction? **Science Education**. v. 95, n. 2, p. 627-638, 2011.

OSBORNE, J. Scientific practices and inquiry in the science classroom. *In: Handbook of Research on Science Education*. New York: Routledge, v.2. p.593-613, 2014.

PASKULIN, G. A. *et al.* Importância da análise cromossômica dos fibroblastos em casos suspeitos de mosaicismo: experiência de um serviço de Genética Clínica. **Revista Paulista de Pediatria**. v. 29, n. 1, p. 73-79, 2011.

SÁ, L. P ; QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino superior de química. **Química Nova**. v. 30, p. 2035-2042, 2007.

SADLER, T. D. Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice. **Studies in science Education**. v. 45, n. 1, p. 1-42, 2009.

SANDOVAL, W. Science education's need for a theory of epistemological development. **Science Education**. v. 98, n. 3, p. 383-387, 2014.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. p. 1061-1085, 2018.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. Ensino de Ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016.

SILVA, A. C. T.; MORTIMER, E. F. Caracterizando estratégias enunciativas em uma sala de aula de química: aspectos teóricos e metodológicos em direção à configuração de um gênero do discurso. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 123-153, mar. 2010.

SILVEIRA, M. L. **Dificuldades de aprendizagem e concepções alternativas em biologia**: a visão de professores em formação sobre o conteúdo de citologia. 2013. 197 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

SOUZA, A. P; ROSSO, A. J. Mediação e Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): entre pensamentos e práticas docentes. *In: X congresso nacional de educação- EDUCERE. In: Anais do I Seminário internacional de representações sociais, subjetividade e educação–SIRSSE. . Anais [...]. Curitiba, 2011, 2011. p.7-10.*

STROUPE, D. Examining classroom science practice communities: How teachers and students negotiate epistemic agency and learn science-as-practice. **Science Education**. v. 98, n. 3, p. 487-516, 2014.

TAVARES, M. L.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; MORTIMER, E. F. Articulation of Conceptual Knowledge and Argumentation by High School Students in Evolution Problems. **Science & Education**. v. 19, n. 6-8, p. 573-598, 2010.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICE

Apêndice A- Atividades da sequência didática

ATIVIDADE 1- PRÁTICA LABORATORIAL: EXTRAÇÃO DE DNA

1. Questão de previsão:

É possível extrair o DNA de células vegetais de forma a vê-lo. Justifique sua resposta.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL: EXTRAÇÃO DE DNA

Materiais:

- Fonte de DNA: banana, cebola, couve;
- Faca
- Plástico para macerar o material biológico
- Álcool etílico (pelo menos a 90%) gelado;
- 2 copos de vidro
- 1 béquer ou copo graduado com 80ml
- Uma colher de sopa de detergente líquido neutro
- Uma colher de chá de sal de cozinha
- Um funil ou peneira
- Uma vasilha plástico

Procedimento:

ETAPA 1 - Coloque 80 mL ou $\frac{3}{4}$ de água no béquer/copo.

ETAPA 2 - Colocar a fonte de DNA no saco e esmagá-lo durante 2 minutos.

ETAPA 3 - Coloque o material macerado dentro do copo com a água e misture.

ETAPA 4 – Filtre o material utilizando um funil com papel filtro ou uma peneira.

ETAPA 5 (Controle) – Separe uma parte do suco filtrado e misture uma quantidade equivalente do álcool, agite a mistura e deixe repousar o precipitado formado.

Interprete:

- A aparição de um precipitado gelatinoso e firme é sinal de bastante pectina (+++).
- Um precipitado mais ou menos gelatinoso, que se rompe por agitação leve, corresponde a um teor médio (++) .
- Um precipitado filamentosos granulados corresponde a baixo teor de pectina (+)

ETAPA 6 – No restante do suco filtrado acrescente uma colher de sopa de detergente líquido e uma colher de chá de sal de cozinha e misture bem com o auxílio de uma colher. Misture suavemente e deixe em repouso durante 10 a 15 minutos.

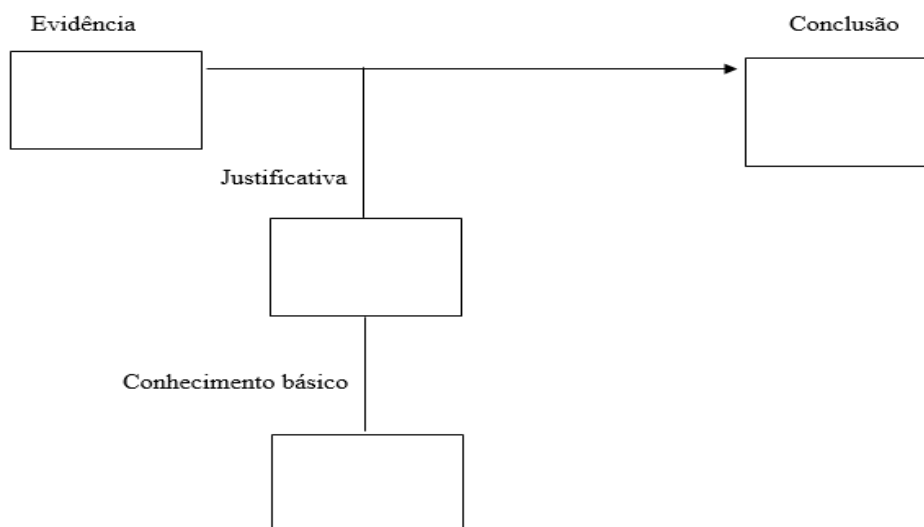
ETAPA 7 – Com cuidado e pela parede do recipiente, acrescente um volume equivalente do álcool gelado. Esta etapa é crítica, deve-se inclinar levemente o tubo e, muito devagar, deixar escorrer o etanol sobre o líquido de maneira a formar uma segunda camada por cima da solução. Aguardar 10 minutos sem misturar as camadas e observar os agregados moleculares que precipitam na interface das duas e sobe até a superfície.

ETAPA 8 – Observe o DNA precipitando como uma nuvem esbranquiçada no fundo da fase alcoólica. No topo da fase alcoólica pode se formar o acúmulo de pectina que não deve ser confundida com DNA. Compare com o material controle.

Atividades sobre o experimento

2. Após a extração do DNA vegetal, relate o que você observa a olho nu?
3. A observação experimental condiz com sua previsão inicial? Explique o porquê de ter sido convergente ou divergente da sua previsão inicial.
4. A estrutura da dupla hélice não é visível a olho nu, nem mesmo ao microscópio. Qual é a evidência que temos para afirmar que a dupla hélice é como aquela apresentada nos livros didáticos? Justifique
5. Qual é a função da solução de lise utilizada no início do experimento?
6. No procedimento para a realização do experimento, é orientado que você macere o material o máximo possível, para a melhora qualidade do resultado. A que se deve essa orientação?
7. Em uma das etapas é adicionado ao filtrado cerca de 30 ml de álcool 92%. Qual a função do álcool nesta etapa da extração do DNA vegetal?
8. É muito comum os estudantes pensarem que é possível visualizar a estrutura do DNA a olho nu quando extraído das células. Enquanto professor de biologia, que tipo de argumento poderia ser utilizado para mostrar para o estudante que a afirmativa é verdadeira ou falsa? Utilize os dados experimentais e elabore seu raciocínio de acordo com o esquema:

Figura 17- Esquema para elaboração do argumento



Fonte- Elaboração própria

ATIVIDADE 2: ARGUMENTAÇÃO E AS EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS

TEXTO 1

1. Quais são as evidências científicas que os cientistas utilizaram para criar o modelo da molécula de DNA?
2. Qual a importância das várias teorias elaboradas pelos cientistas para a construção do modelo da molécula de DNA?

TEXTO 2

3. Como você defenderia a importância desse estudo na compreensão do modelo da molécula de DNA?
4. De que modo esse estudo relaciona-se com o modelo da molécula de DNA de Watson e Crick?
5. O artigo original possui uma linguagem específica de pesquisa científica, o que dificulta o seu trabalho no Ensino Médio. Porém, a sua informação é de extrema importância para que a aprendizagem sobre a molécula de DNA faça sentido para o aluno, de modo que ele não tenha somente que acreditar no que o professor fala ou no material didático. Pensando nisso, de que forma podemos elaborar uma maneira de trabalhar esses artigos científicos no Ensino Médio?

ATIVIDADE 3 - CONSTRUÇÃO E USO DE MODELOS: CROMATINA E CROMOSSOMOS.

Atividades

1. O DNA fica organizado no núcleo da célula associado a proteínas que dão estrutura ao DNA, além de regular a expressão do material genético. Essa estrutura é denominada de cromatina. Considerando tais informações, utilize os materiais disponíveis para construir um modelo de cromatina.

Materiais

Canudos

- Barbante
- Espiral para encadernação
- Massinha
- Bolas de isopor
- Palitos de madeira

2. Utilizando o mesmo material para a representação do modelo da cromatina, construa um modelo que represente um cromossomo simples.

Descreva abaixo como você definiria esse cromossomo.

3. Agora, com o mesmo material e de mesma cor, construa um modelo de cromossomo igual ao primeiro e una-os na região do centrômero.

Esses dois cromossomos que agora você possui, eles são: cromossomos homólogos, dois cromossomos simples ou cromossomo duplicado? Justifique.

➤ Identifique em seu modelo, as cromátides-irmãs.

4. Agora, construa um cromossomo igual ao anterior, porém de outra cor material. Identifique um par de cromossomo sendo paterno e outro sendo materno.

Esses dois pares formados são: cromossomos homólogos, dois cromossomos simples ou cromossomo duplicado? Justifique.

ATIVIDADE 4 - CONSTRUÇÃO E USO DE MODELOS: CICLO CELULAR

Questões problema: O que uma célula recém-formada precisa fazer para se dividir novamente? Todas as células se dividem a todo momento?

1. É possível associar os processos do ciclo celular a um relógio biológico da célula. Sendo assim, utilize os materiais disponíveis e construa um modelo para representar o ciclo celular. Não esqueça de identificar as fases nesse modelo.

Materiais

- 8 canudos
- Barbante
- Espiral para encadernação
- Massinha
- Bolas de isopor
- Legos
- Cartolina
- Papel ofício a4
- Molde para o relógio
- Tesoura
- Tarraxas

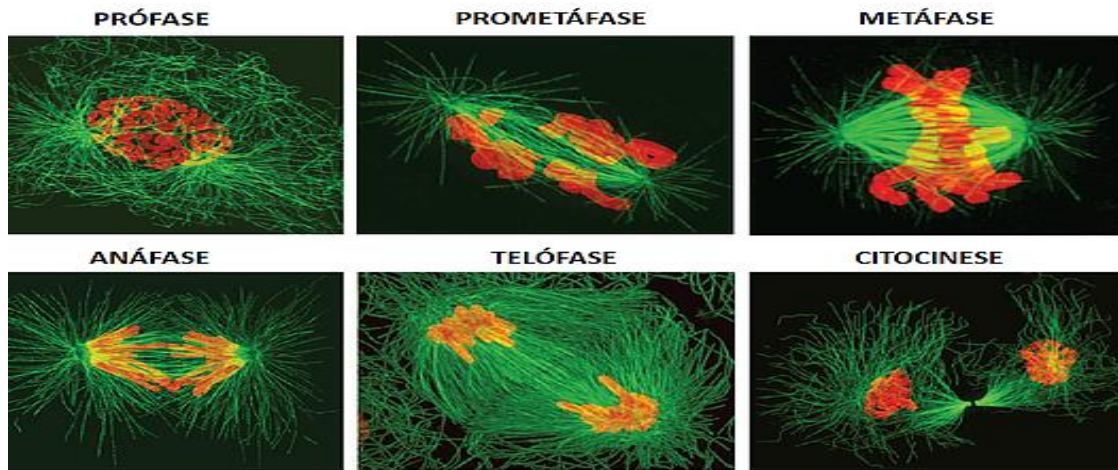
Com base no modelo, responda: A fase G₀, pertence ao ciclo celular? Ela foi representada? Justifique.

2. Com base no modelo, produza desenhos e/ou esquemas que expliquem o que ocorre na célula nas fases G₁, S e G₂.

ATIVIDADE 5: CONTRUÇÃO DE MODELO DA MITOSE

1. A Fase M, é a última do ciclo celular, sendo aquela em que ocorre a separação da célula. A figura 18 é de uma micrografia ótica de fluorescência mostrando o processo da mitose e da citocinese. Os cromossomos estão corados de laranja e os microtúbulos de verde (imagem em projeção).

Figura 18- Microscopia ótica de fluorescência dos principais estágios da fase M em uma célula animal.



Fonte- <https://biocelbiomoluff.wixsite.com/punf/ciclo-diviso-celular-e-mitose-e-meiose-cluvb>

Com base em tal informação, **crie um modelo concreto que possibilite explicar os estágios que ocorrem na fase M, conforme a figura 18.** Caso seja necessário, utilize os modelos que você elaborou para os cromossomos e para o ciclo celular.

ATIVIDADE 6 - Parte 1: USO DO MODELO DA MITOSE

1. Utilize o seu modelo para analisar e responder as questões abaixo.

Tabela 1- Utilizando o modelo de mitose para explicar as afirmativas.

| Afirmativa | Concorda? Discorda? | Razão/Justificativa |
|---|---------------------|---------------------|
| <i>I. No processo de mitose as células filhas são idênticas as células mãe.</i> | | |
| <i>II. Os cromossomos sexuais estão presentes em todas as células.</i> | | |
| <i>III. Cada célula do corpo humano apresenta 92 cromossomos.</i> | | |
| <i>IV. Os cromossomos se estruturam formando um X quando são duplicados.</i> | | |
| <i>VI. O envoltório nuclear é uma estrutura que permanece intacta em todo o processo da mitose.</i> | | |
| <i>VI. Na citocinese somente o núcleo da célula é dividido em dois.</i> | | |

Fonte- Elaboração própria

ATIVIDADE 6 - Parte 2: USO DO MODELO DA MITOSE

2. O mosaicismismo somático é um fenômeno em que a pessoa possui duas ou mais linhagens celulares, **estas são derivadas de modificações nas divisões celulares, quase sempre em decorrência da perda ou duplicação de cromossomos.** Assim, no mosaico, algumas células são geneticamente iguais às iniciais e outras são modificações destas. A autora do artigo publicado na Nature, Helen Pearson, explica que o mosaicismismo pode estar presente em todos os tecidos do corpo ou em apenas um tecido, assim como a proporção de células normais e alteradas pode variar de tecido para tecido, a depender da fase do desenvolvimento embrionário em que ocorreu. As consequências podem ser dramáticas, quando há abortos espontâneos, ou até passar despercebidas, quando a proporção de células normais for suficientemente alta para diluir o efeito das defeituosas.

Levando em consideração o seu modelo é possível explicar esse fenômeno? Se sim, utilize-o. Caso não seja possível, que alterações você teria que realizar em seu modelo para explicar o mosaicismismo?

3. Em 1866, John Langdon Down notou que havia nítidas semelhanças fisionômicas entre certas crianças com atraso mental. O número de cromossomos presente nas células de uma pessoa é 46 (23 do pai e 23 da mãe), dispostos em pares, somando 23 pares. Em 1958, o geneticista Jérôme Lejeune verificou que no caso da Síndrome de Down há um erro na distribuição e, ao invés de 46, as células recebem 47 cromossomos e este cromossomo a mais se ligava ao par 21. Então, surgiu o termo Trissomia do 21 que é o resultado da não disjunção primária, que pode ocorrer em ambas as divisões meióticas e em ambos os pais. O processo que ocorre na célula é identificado por um não pareamento dos cromossomos de forma apropriadas para os polos na fase denominada anáfase, por isso um dos gametas receberá dois cromossomos 21 e o outro nenhum. Como forma de homenagear o Dr. John, o Dr. Jérôme batizou a anomalia com o nome de Síndrome de Down.

Levando em consideração o seu modelo é possível explicar a Síndrome de Down? Se sim, utilize-o. Caso não seja possível, que alterações você teria que realizar em seu modelo para explicar essa doença?

ANEXOS

Anexo A- Termos

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DIRECIONADO AOS ALUNOS.

Título da pesquisa: Práticas científicas e ciclo celular: análise da influência de uma sequência didática no planejamento de aula de licenciandos em Ciências Biológicas.

Pesquisadoras: Denise Suzane Oliveira Cláudio (aluna de mestrado) e Paula Cristina Cardoso Mendonça (Orientadora).

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DIRECIONADO AOS ALUNOS.

Prezados alunos (as);

A discente do Mestrado Acadêmico em Educação – UFOP, Denise Suzane Oliveira Cláudio, realizará a pesquisa cujo título é “Práticas científicas e ciclo celular: análise da influência de uma sequência didática no planejamento de aula de licenciandos em Ciências Biológicas”. Essa pesquisa visa auxiliar o planejamento de aula do tema ciclo celular partir de uma sequência didática fundamentada nas práticas científicas.

Na Universidade Federal de Ouro Preto, o Grupo de Estudos sobre Práticas Científicas e Educação em Ciências tem realizado algumas pesquisas na área de ensino de ciências, cujos resultados são discutidos com professores da educação básica e superior, alunos de mestrado e de graduação e têm contribuído para repensar a forma de ensinar com foco no discurso e participação do estudante no processo de construção do conhecimento.

Essa pesquisa será realizada na disciplina Estágio Supervisionado I, ministrada pelo professor Fábio Augusto Rodrigues e Silva, do curso de Ciências Biológicas Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, e será registrada pela pesquisadora Denise Suzane Oliveira Cláudio nos dias e horários que acontecem as aulas dessa disciplina durante os meses de maio a junho de 2019.

Para realização da pesquisa, as aulas serão registradas em vídeo e áudio e o material escrito produzido por você será fotocopiado. Os registros em áudio e vídeo serão realizados pela mestranda juntamente com duas auxiliares de pesquisa.

Não existem riscos de exposição de sua imagem na divulgação dos resultados da pesquisa, apesar de certo desconforto que pode ser gerado com a participação nas aulas, especialmente devido à filmagem. Porém, tais desconfortos se justificam pelos maiores benefícios que essa pesquisa pode trazer, tais como: a participação mais ativa do(a) aluno(a) na aprendizagem do ciclo celular, elaboração de plano de aula visando as práticas científicas.

Você será esclarecido sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar e a qualquer momento pode recusar a participar e pode interromper sua participação. A participação é voluntária e a recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios, porém, mesmo sem participar da pesquisa, deverá continuar participando das aulas de Estágio Supervisionado I.

Os registros em vídeo e áudio terão a função exclusiva de auxiliar a pesquisa e, por isso, sua identidade será preservada. Os resultados da pesquisa estarão disponíveis para você e permanecerão confidenciais. O seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a devida permissão. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar desse estudo. Uma cópia deste termo de consentimento será arquivada e outra será fornecida a você.

A participação nessa pesquisa não acarretará custos para você e não será disponibilizada nenhuma compensação financeira adicional.

Todos os conteúdos impressos ficarão arquivados à Rua Diogo Vasconcelos, 128 - Bauxita, Ouro Preto - MG, 35400-000, telefone de contato (31) 3559-1660, no prédio do ICEB- Instituto de Ciências Exatas e Biológicas Campus Universitário Morro do Cruzeiro, sala de número 18, pertencente a Professora Dra. Paula Cristina Cardoso Mendonça. Os arquivos digitais, ficarão arquivados em meio eletrônico protegidos por senha, cujo acesso será feito somente pelo pesquisador responsável. Toda documentação ficará arquivada pelo prazo de 05 anos, findo esse prazo será incinerada e/ou excluída/deletado dos arquivos digitais.

Para que a pesquisa possa ser realizada, solicitamos que você preencha e devolva uma das cópias deste termo de consentimento assinada.

Caso ainda existam dúvidas a respeito desta pesquisa, por favor, entre em contato conosco pelos telefones (31)987257657 (Denise) ou (31)987665966 (Paula), ou no endereço: Departamento de Química da UFOP, Sala 18 ICEB 1, Campus Morro do Cruzeiro ou por correspondência eletrônica: deniseniseoc@yahoo.com.br ou paulaquimicaufop@gmail.com.

Para obter esclarecimentos relativos aos aspectos éticos dessa pesquisa, por favor entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto (CEP/UFOP) pelo telefone (31)3559-1370; no endereço: Morro do Cruzeiro – ICEB II, Sala 29 – PROPP/UFOP, Campus Universitário, CEP: 35.400-000, Ouro Preto-MG; ou através do e-mail: cep@propp.ufop.br. Desde já, agradecemos sua valiosa colaboração para a realização de mais esta pesquisa. Atenciosamente,

Prof. Dra. Paula C.C. Mendonça
Orientadora

Denise Suzane Oliveira Cláudio
Mestranda

A U T O R I Z A Ç Ã O

Eu, _____,
declaro que estou suficientemente esclarecido(a) sobre os objetivos da pesquisa “Práticas científicas e ciclo celular: análise da influência de uma sequência didática no planejamento de aula de licenciandos em Ciências Biológicas”. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e alterar minha decisão se assim o desejar. Fui certificado(a) de que todos os dados desta pesquisa referentes ao(a) aluno(a) serão confidenciais. Também sei que não terei custos nem compensações por participar desta pesquisa.

Em caso de dúvidas, estou ciente de que poderei entrar em contato com a professora orientadora Paula Cristina Cardoso Mendonça ou com a mestranda Denise Suzane Oliveira Cláudio nos telefones (31)987267657 (Denise) ou (31) (31)987665966 (Paula) (e-mail: paulaquimicaufop@gmail.com; deniseniseoc@yahoo.com.br) ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto (CEP/UFOP) pelo telefone (31)3559-1370; no endereço: Morro do Cruzeiro – ICEB II, Sala 29 – PROPP/UFOP, Campus Universitário, CEP: 35.400-000, Ouro Preto-MG; ou através do e-mail: cep@propp.ufop.br.

Local e data _____/_____/_____/_____

Nome:

Assinatura do sujeito:

Título da pesquisa: Práticas científicas e ciclo celular: análise da influência de uma sequência didática no planejamento de aula de licenciandos em Ciências Biológicas.

Pesquisadoras: Denise Suzane Oliveira Cláudio (aluna de mestrado) e Paula Cristina Cardoso Mendonça (Orientadora).

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DIRECIONADO
AO PROFESSOR REGENTE.**

Prezado Professor Fábio Augusto Rodrigues e Silva,

A discente do Mestrado Acadêmico em Educação – UFOP, Denise Suzane Oliveira Cláudio, realizará a pesquisa cujo título é “Práticas científicas e ciclo celular: análise da influência de uma sequência didática no planejamento de aula de licenciandos em Ciências Biológicas”. Essa pesquisa visa auxiliar o planejamento de aula do tema ciclo celular partir de uma sequência didática fundamentada nas práticas científicas. Para chegarmos a este objetivo será necessário a participação ativa dos alunos nos processos que envolvem o desenvolvimento das atividades e uma postura de mediação do conhecimento por parte do professor na condução das aulas.

Na Universidade Federal de Ouro Preto, o Grupo de Estudos sobre Práticas Científicas e Educação em Ciências tem realizado algumas pesquisas na área de ensino de ciências, cujos resultados são discutidos com professores da educação básica e superior, alunos de mestrado e de graduação e têm contribuído para repensar a forma de ensinar com foco no discurso e participação do estudante no processo de construção do conhecimento.

Essa pesquisa será realizada na disciplina Estágio Supervisionado I, ministrada pelo professor Fábio Augusto Rodrigues e Silva, do curso de Ciências Biológicas Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, e será registrada pela pesquisadora Denise Suzane Oliveira Cláudio nos dias e horários que em acontecem as aulas dessa disciplina durante os meses de maio a junho de 2019.

Gostaríamos de aplicar a pesquisa em suas aulas com o intuito de explorar propostas metodológicas diferenciadas que contribuam para o interesse, participação e aprendizagem do(a)s aluno(a)s e ajudando a aperfeiçoar a prática docente.

Para realização da pesquisa, as aulas serão registradas em vídeo e áudio e o material escrito produzido pelos aluno(a)s será fotocopiado. Os registros em áudio e vídeo serão realizados pela mestranda juntamente com duas auxiliares de pesquisa.

Não existem riscos de exposição de sua imagem na divulgação dos resultados da pesquisa, apesar de certo desconforto que pode ser gerado com a participação nas aulas, especialmente devido à filmagem. Porém, tais desconfortos se justificam pelos maiores benefícios que essa pesquisa pode trazer, tais como: a participação mais ativa do(a) aluno(a) na aprendizagem de mitose e compreensão de um conteúdo complexo e abstrato.

Você será esclarecido sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar e a qualquer momento pode recusar a participar e pode interromper sua participação. A participação é voluntária e a recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios.

Os registros em vídeo e áudio terão a função exclusiva de auxiliar a pesquisa e, por isso, sua identidade será preservada. Os resultados da pesquisa estarão disponíveis para você e permanecerão confidenciais. O seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a devida permissão. Você não será identificada em nenhuma publicação que possa resultar desse estudo. Uma cópia deste termo de consentimento será arquivada e outra será fornecida a você.

A participação nessa pesquisa não acarretará custos para você e não será disponibilizada nenhuma compensação financeira adicional.

Para que a pesquisa possa ser realizada, solicitamos que você preencha e devolva uma das cópias deste termo de consentimento assinada.

Caso ainda existam dúvidas a respeito desta pesquisa, por favor, entre em contato conosco pelos telefones (31)987257657(Denise) ou (31)987665966(Paula), ou no endereço: Departamento de Química da UFOP, Sala 17 ICEB 1, Campus Morro do Cruzeiro ou por correspondência eletrônica: deniseniseoc@yahoo.com.br ou paulaquimicaufop@gmail.com.

Para obter esclarecimentos relativos aos aspectos éticos dessa pesquisa, por favor entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto (CEP/UFOP) pelo telefone (31)3559-1370; no endereço: Morro do Cruzeiro – ICEB II, Sala 29 – PROPP/UFOP, Campus Universitário, CEP: 35.400-000, Ouro Preto-MG; ou através do e-mail: cep@propp.ufop.br.

Desde já, agradecemos sua valiosa colaboração para a realização de mais esta pesquisa. Atenciosamente,

Profa. Dra. Paula C.C. Mendonça
Orientadora

Denise Suzane Oliveira Cláudio
Mestranda

A U T O R I Z A Ç Ã O

Eu, _____,
declaro que estou suficientemente esclarecido sobre os objetivos da pesquisa “Práticas científicas e ciclo celular: análise da influência de uma sequência didática no planejamento de aula de licenciandos em Ciências Biológicas”. Autorizo a coleta de dados nas aulas de Estágio Supervisionado I e sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e alterar minha decisão se assim o desejar. Fui certificado de que todos os dados desta pesquisa referentes ao(a) aluno(a), professor e instituição serão confidenciais. Também sei que não terei custos nem compensações por participar desta pesquisa.

Em caso de dúvidas, estou ciente de que poderei entrar em contato com a professora orientadora Paula Cristina Cardoso Mendonça ou com a mestranda Denise Suzane Oliveira Cláudio nos telefones (31)987267657 (Denise) ou (31) (31)987665966 (Paula) (e-mail: paulaquimicaufop@gmail.com; deniseniseoc@yahoo.com.br) ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto (CEP/UFOP) pelo telefone (31)3559-1370; no endereço: Morro do Cruzeiro – ICEB II, Sala 29 – PROPP/UFOP, Campus Universitário, CEP: 35.400-000, Ouro Preto-MG; ou através do e-mail: cep@propp.ufop.br.

Declaro que concordo com a aplicação do projeto de pesquisa nas aulas de Estágio Supervisionado I do curso de Ciências Biológicas Licenciatura. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

Fábio Augusto Rodrigues e Silva
Licenciado em Biologia, Mestre e Doutor em Educação
Professor Adjunto da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP

Professora Dra. Paula Cristina Cardoso Mendonça
Orientadora

Denise Suzane Oliveira Cláudio
Mestranda

Anexo B- Parecer do CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
OURO PRETO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Práticas científicas e ciclo celular: análise da influência de uma sequência didática no planejamento de aula de licenciandos em Ciências Biológicas.

Pesquisador: DENISE SUZANE OLIVEIRA CLAUDIO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 09841719.6.0000.5150

Instituição Proponente: Universidade Federal de Ouro Preto

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.301.271

Apresentação do Projeto:

O projeto deseja analisar a influência de uma sequência didática no planejamento de aula de licenciandos em Ciências Biológicas

Objetivo da Pesquisa:

Esse projeto visa analisar como as práticas científicas podem contribuir para a aprendizagem significativa dos alunos sobre o ciclo celular e como se dá sua contribuição para a formação docente. Será desenvolvida uma sequência didática como base nas práticas científicas a ser aplicadas com 21 licenciandos da disciplina de Estágio Supervisionado do curso de Ciências Biológicas a partir do registro em vídeo e áudio das aulas.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Todos os riscos e benefícios estão delimitados.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Todas as pendências foram corrigidas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória estão corretamente apresentados.

Recomendações:

Frente a situação atual, o projeto está correto.

Endereço: Morro do Cruzeiro-Centro de Convergência
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 35.400-000
UF: MG **Município:** OURO PRETO
Telefone: (31)3550-1368 **Fax:** (31)3550-1370 **E-mail:** cep.propp@ufop.edu.br

Continuação do Parecer: 3.301.271

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Como dito acima, todas as pendências foram sanadas.

Considerações Finais a critério do CEP:

O Comitê de Ética em Pesquisa CEP/UFOP, de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 466/12 e/ou Res. CNS 510/16, manifesta-se pela **APROVAÇÃO** deste protocolo de pesquisa. Ressalta-se ao pesquisador responsável pelo projeto o compromisso de envio ao CEP/UFOP, um ano após o início do projeto, do relatório final ou parcial de sua pesquisa, encaminhado por meio da Plataforma Brasil, informando, em qualquer tempo, o andamento da mesma, comunicando também eventos adversos e eventuais modificações no protocolo.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
|---|---|------------------------|--------------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1313554.pdf | 03/04/2019 17:07:55 | | Aceito |
| Outros | carta_de_encaminhamento.pdf | 03/04/2019 17:05:50 | DENISE SUZANE OLIVEIRA CLAUDIO | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE_alunos.pdf | 03/04/2019 17:05:27 | DENISE SUZANE OLIVEIRA CLAUDIO | Aceito |
| Declaração de Pesquisadores | declaracao_de_prestacao_de_servicos.pdf | 14/03/2019 20:34:06 | DENISE SUZANE OLIVEIRA CLAUDIO | Aceito |
| Declaração de Pesquisadores | Declaracao_de_custelo_de_gastos.pdf | 14/03/2019 20:23:09 | DENISE SUZANE OLIVEIRA CLAUDIO | Aceito |
| Outros | Carta_de_Anuencia.pdf | 14/03/2019 20:11:19 | DENISE SUZANE OLIVEIRA CLAUDIO | Aceito |
| Orçamento | Orcamento_Detalhado.pdf | 14/03/2019 20:09:21 | DENISE SUZANE OLIVEIRA CLAUDIO | Aceito |
| Cronograma | Cronograma.pdf | 14/03/2019 20:08:55 | DENISE SUZANE OLIVEIRA CLAUDIO | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE_PROFESSOR.pdf | 14/03/2019 20:08:41 | DENISE SUZANE OLIVEIRA CLAUDIO | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | PROJETO_MESTRADO.pdf | 14/03/2019 20:06:46 | DENISE SUZANE OLIVEIRA CLAUDIO | Aceito |
| Folha de Rosto | FOLHA_DE_ROSTO.pdf | 14/03/2019 20:02:48 | DENISE SUZANE OLIVEIRA CLAUDIO | Aceito |

Endereço: Morro do Cruzeiro-Centro de Convergência
 Bairro: Campus Universitário CEP: 35.400-000
 UF: MG Município: OURO PRETO
 Telefone: (31)3559-1368 Fax: (31)3559-1370 E-mail: cep.propp@ufop.edu.br

Continuação do Parecer: 3.301.271

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

OURO PRETO, 03 de Maio de 2019

Assinado por:

EVANDRO MARQUES DE MENEZES MACHADO
(Coordenador(a))

Endereço: Morro do Cruzeiro-Centro de Convergência
Bairro: Campus Universitário CEP: 35.400-000
UF: MG Município: OURO PRETO
Telefone: (31)3550-1368 Fax: (31)3550-1370 E-mail: cep.propp@ufop.edu.br