UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

PATRICIA SILVEIRA DA SILVA TRAZZI

AÇÃO MEDIADA EM AULAS DE BIOLOGIA: UM ENFOQUE A PARTIR DOS CONCEITOS DE FOTOSSÍNTESE E RESPIRAÇÃO CELULAR

VITÓRIA
2015

PATRICIA SILVEIRA DA SILVA TRAZZI

AÇÃO MEDIADA EM AULAS DE BIOLOGIA: UM ENFOQUE A PARTIR DOS CONCEITOS DE FOTOSSÍNTESE E RESPIRAÇÃO CELULAR

Tese de Doutorado em Educação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Espírito Santo na linha de pesquisa "Diversidade e Práticas Educacionais Inclusivas", como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Educação.

Orientadora: Drª. Ivone Martins de Oliveira

VITÓRIA
2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Educação,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Trazzi, Patricia Silveira da Silva, 1972-
T782a Ação mediada em aulas de Biologia : um enfoque a partir dos conceitos de fotossíntese e respiração celular / Patricia Silveira da Silva Trazzi. – 2015.
187 f.

Orientador: Ivone Martins de Oliveira.
Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Educação.

1. Aprendizagem. 2. Conceitos. 3. Fotossíntese. 5. Mediação.
I. Oliveira, Ivone Martins de, 1962-. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Educação. III. Título.

CDU: 37

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Ivone, por todo o cuidado que teve comigo, pela leitura sempre atenta ao texto, pelo carinho, compreensão, compromisso e responsabilidade. Obrigada!

Ao professor Laércio, obrigada por ter contribuído de forma muito significativa na minha formação.

Agradeço ao professor Ralph Levinson pelas valiosas contribuições ao projeto inicial.

Às professoras Sonia Victor, Eliane de Sá, Suzani Cassiani e aos professores Geide Coelho e Fábio Silva pelas valiosas contribuições.

Ao Chefe do DTEPE e amigo Jair Ronchi Filho, meus sinceros agradecimentos.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Educação e a todos os professores que participaram de minha formação.

Aos meus amigos do Labec, Mirian, Junia, Geide e Mari Inez. Fazer parte desse grupo é um privilégio para mim. Vocês são muito especiais.

A todos os meus colegas de linha de pesquisa, em especial Mara, Luíza, Michel e Giovani.

A minha grande amiga Elizabeth, por estar sempre ao meu lado tornando minha vida mais leve e divertida.

A minha amiga Janete, pelo reencontro, pela ajuda sempre qualificada, pela escuta empática, pela palavra sempre amiga.

A minha amiga Dani, parceira de todas as horas.

A minha amiga Aline. Mais do que amiga, uma irmã. Pelo privilégio de trabalhar, conviver, aprender e compartilhar com você todos os momentos dessa pesquisa. Sua generosidade, sua dedicação e seu entusiasmo com a educação são uma inspiração para mim. Realmente faltam palavras para expressar minha gratidão!

Às estagiárias do Pibid e Estágio Supervisionado que participaram dessa investigação.

Aos meus pais e irmãs e demais familiares, por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos.

A minha fiel amiga Eliete, que há 14 anos convive diariamente comigo cuidando da minha família. Meu muito obrigada!

Ao meu marido Ricardo, por sempre acreditar no meu potencial, por sempre estar ao meu lado em todos os momentos, por ter me dado a maior riqueza da minha vida que são nossos filhos Vitor e Lara.

Meus amigos
Quando me dão a mão
Sempre deixam
Outra coisa
presença
olhar
lembrança
calor

Meus amigos
quando me dão
deixam na minha
a sua mão

(Paulo Leminski)

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo investigar o papel da ação mediada na configuração dos sentidos que perpassam um processo de interação discursiva em uma sala de aula de Biologia, da 1ª série do ensino médio, de uma escola pública estadual do município de Vitória-ES, durante aulas que visavam abordar os conceitos de fotossíntese e respiração celular. Para isso, apoiamo-nos na tese de que a ação mediada qualificada como organizada, dialógica, compreensiva e interativa favorece a formação desses conceitos científicos por alunos de ensino médio. Assim, partimos de uma concepção teórico-metodológica ancorada na matriz histórico-cultural. A pesquisa-ação crítico-colaborativa foi utilizada como aporte metodológico e os instrumentos de coleta de dados se basearam em observações do cotidiano escolar e da sala de aula com registros em diários de campo, filmagem das aulas em vídeo, questionários, provas escritas dos alunos e entrevistas reflexivas. As análises dos dados se basearam na análise microgenética proposta por Vigotski, complementada com uma análise compreensiva ancorada nas ideias de Bakhtin. Dois grandes eixos de análise foram delimitados: 1 - a ação mediada no trabalho com os alunos; 2 - os enunciados e sentidos produzidos durante o processo da pesquisa na perspectiva da professora. Os resultados revelam evidências de que a ação mediada qualificada como intencional, organizada, dialógica, compreensiva e interativa favorece a formação dos conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular por alunos do ensino médio, promovendo um ensino fecundo, na concepção defendida por Vigotski. Os resultados indicam também que o processo de pesquisa-ação crítico- colaborativa apresentou resultados positivos no que concerne à formação continuada da professora de Biologia. Concluímos que se fazem necessários investimentos em programas de formação de professores que procuram articular escola e universidade, integrando formação inicial e continuada de professores. Para isso, defendemos que esse processo de formação seja feito dentro de uma perspectiva crítica e colaborativa, baseada em uma ação mediada intencional e dialógica que favoreça o desenvolvimento de um ensino fecundo.

Palavras-chave: Aprendizagem de conceitos. Ação mediada. Fotossíntese e respiração celular.

ABSTRACT

This research aimed to investigate the role of mediated action in the configuration of the senses that go through a discursive interaction process in a biology classroom at 1st high school grade in a state public school of the city of Vitória - ES during classes aimed at addressing the photosynthesis and cellular respiration concepts. And for that we start from the idea that the action mediated qualified as organized, dialogic, comprehensive and interactive favors the formation of these scientific concepts for high school students. For that purpose, we started from a theoretical-methodological perspective rooted in a historical and cultural matrix. Collaborative critical action research was used as a methodological approach and the data collection instruments were based on observations of daily school routine and the classroom with records in field diaries, recording of classes using video, questionnaires, written exams from the students and reflective interviews. Data analyzes were based on micro genetic analysis proposed by Vigotski, complemented by a comprehensive analysis anchored in Bakhtin's ideas. Two main angles of analysis were defined: 1 - action mediated in working with students; 2 - statements and meanings produced by the teacher during the research process. The results show evidence that the action mediated described as organized, dialogic, comprehensive and interactive favors the formation of scientific concepts of photosynthesis and cellular respiration by high school students promoting a fruitful teaching as advocated by Vigotski. The results also indicate that the process of collaborative critical-action research showed positive results with regard to the process of continued education for the biology teacher. We conclude that is made necessary investments in teacher training programs, to articulate school and university, integrating initial and continued education for the teachers. For this, we argue that this process of training is done within a critical and collaborative approach based on a mediated action to promote the development of a fruitful teaching.

Keywords: Concept learning. Mediated action. Photosynthesis and cellular respiration.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO **9**

1 CONTEXTUALIZANDO A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: DA IDEIA DE CIÊNCIA PARA TODOS AO ENTENDIMENTO DO CONTEXTO QUE PRODUZ INCLUSÃO/EXCLUSÃO CIENTÍFICA NA SOCIEDADE **15**

2 UMA REVISÃO DE LITERATURA ACERCA DA APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS DE FOTOSSÍNTESE E RESPIRAÇÃO CELULAR: DA IDEIA DE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS AO ENFOQUE HISTÓRICO-CULTURAL **23**

3 PARA ALÉM DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS: UMA PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL **31**

3.1 VIGOTSKI E BAKHTIN 33
3.2 AÇÃO MEDIADA INTENCIONAL NAS RELAÇÕES DE ENSINO 48
3.3 CONCEPÇÃO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS UTILIZADAS NESTA PESQUISA 56

4 CONSIDERAÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS **61**

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS DA PESQUISA 68
4.1.1 A professora de Biologia *68*
4.1.2 As bolsistas do Pibid e a aluna do Estágio Supervisionado *69*
4.1.3 Caracterização da turma da 1ª série do ensino médio *71*
4.2 FASES DA PESQUISA 72
4.2.1 Descrição do processo de pesquisa *72*
a) 1º momento: identificação de uma situação-problema – vivência do cotidiano escolar e processo de contratualização *72*
b) 2º momento: planejamento e ação 1 ..... *80*
c) 3º momento: avaliação e teorização; retroação sobre o problema *83*
d) 4º momento: planejamento e ação 2 ..... *84*
e) 5º momento: avaliação e teorização; retroação sobre o problema *85*
f) 6º momento: planejamento e ação 3 ..... *86*
g) 7º momento: avaliação e teorização; retroação sobre o problema *86*
4.2.2 Procedimentos de análise dos dados *91*

5 ANÁLISE DOS DADOS: A AÇÃO MEDIADA INTENCIONAL NO TRABALHO COM OS ALUNOS **93**

5.1 PRIMEIRO MOMENTO DA ANÁLISE: O LEVANTAMENTO DAS HIPÓTESES DOS ESTUDANTES NO TRABALHO DE AÇÃO MEDIADA 95
5.1.1 O laboratório de Ciências e o experimento *95*
5.1.2 O levantamento das hipóteses dos estudantes *103*
5.2 SEGUNDO MOMENTO DA ANÁLISE: DESENVOLVENDO A ESTÓRIA CIENTÍFICA 106
5.2.1 Episódio 1 da situação 1 do experimento *107*
5.2.2 Episódio 2 da situação 1 do experimento *117*
5.2.3 Episódio 1 da situação 2 do experimento *123*
5.3 TERCEIRO MOMENTO DA ANÁLISE: FOTOSSÍNTESE E RESPIRAÇÃO CELULAR - O MOVIMENTO DOS SENTIDOS E A APROPRIAÇÃO DAS PALAVRAS ALHEIAS 140
5.3.1 Enunciados com alto nível de generalização dos conceitos de fotossíntese e respiração celular *142*
5.3.2 Nível intermediário de generalização dos conceitos de fotossíntese e respiração celular *147*
5.3.3 Baixo nível de generalização dos conceitos de fotossíntese e respiração celular *151*

6 O PROCESSO DE FORMAÇÃO DA PROFESSORA: ENUNCIADOS E SENTIDOS PRODUZIDOS DURANTE A PESQUISA 154

6.1 A IMPORTÂNCIA DO PROFESSOR NO PROCESSO DE MEDIAÇÃO PEDAGÓGICA 155
6.2 INICIAR O CONTEÚDO DE FORMA DIFERENTE 155
6.3 INICIAR ABORDAGEM DE CONCEITOS CIENTÍFICOS POR MEIO DO EXPERIMENTO 158
6.4 CONSIDERAR AS HIPÓTESES DOS ESTUDANTES 159
6.5 APRENDER A OUVIR O ALUNO 161
6.6 APRENDER A PLANEJAR JUNTOS, PENSAR JUNTOS, REFLETIR JUNTOS 162

CONSIDERAÇÕES FINAIS 167

REFERÊNCIAS 172

ANEXOS 179

INTRODUÇÃO

> Não existe nem a primeira e nem a última palavra, e não há limites para o contexto dialógico (este se estende ao passado sem limites e ao futuro sem limites). Nem os sentidos do passado, isto é, nascidos no diálogo dos séculos passados, podem jamais ser estáveis (concluídos, acabados de uma vez por todas): eles sempre irão mudar (renovando-se) no processo de desenvolvimento subseqüente, futuro do diálogo. Em qualquer momento do desenvolvimento do diálogo existem massas imensas e ilimitadas de sentidos esquecidos, mas em determinados momentos do sucessivo desenvolvimento do dialógico, em seu curso, tais sentidos serão relembrados e reviverão em forma renovada (em novo contexto). Não existe nada absolutamente morto: cada sentido terá sua festa de renovação. Questão do grande tempo (BAKHTIN, 2011, p. 410).

A citação de Bakhtin nos inspira a pensar o processo de aprendizagem e desenvolvimento a partir da perspectiva da produção de sentidos. Sentidos estes que se atualizam permanentemente a partir do diálogo e da interação. Considerando que os múltiplos sentidos vão se atualizando e sendo revividos e ressignificados em novos contextos, acreditamos que a aprendizagem e o desenvolvimento são processos intimamente perpassados pela produção de sentidos. Assim como os sentidos, os processos de aprendizagem também se atualizam, considerando que os sujeitos estão em desenvolvimento. Vigotski (2009) também nos diz que aprendizagem e desenvolvimento são processos que se encontram profundamente relacionados.

Neste trabalho adotamos como perspectiva a matriz histórico-cultural na qual se balizam as ideias de Vigotski e Bakhtin. A obra dos dois autores enfatiza os aspectos interativos e discursivos que contribuem para compreendermos os processos de ensino e aprendizagem, nos quais a linguagem e o pensamento se constituem necessariamente na intersubjetividade. A partir da matriz histórico-cultural[1], compreendemos que a linguagem possui uma centralidade na constituição do sujeito e a interação social (presença do outro) é fundamental para o entendimento desse sujeito.

Assim, partimos do pressuposto Vigotskiano de que a palavra do outro, enquanto signo linguístico, atua como mediadora da consciência à medida que veicula significados e sentidos. Essa palavra viva, no ato da comunicação, atua na formação de conceitos, funcionando como um signo mediador por possuir um papel de meio na

[1] Neste trabalho estamos adotando a terminologia histórico-cultural em vez de sociocultural.

formação de um conceito. Dessa forma, a linguagem, para Vigotski, possui um papel mediador nos processos interativos humanos e no desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

No processo de elaboração conceitual, Vigotski aponta o papel do outro ou dos outros como fundamental, porque é a partir da mediação que ocorre a apropriação de conceitos e, consequentemente, o desenvolvimento mental. A escola tem um papel fundamental nesse processo devido ao trabalho pedagógico intencional e planejado, orientado para o desenvolvimento de habilidades e apropriação de conhecimentos. Assim, se a aprendizagem conduz ao desenvolvimento do aluno a partir de processos de mediação, que podem ocorrer por meio de uma pessoa (professor, por exemplo), de um objeto (signo ou instrumento) ou ambos, como nos diz Vigotski, entender como se dão esses processos é de suma importância para compreendermos a aprendizagem e o desenvolvimento.

A partir do conceito de mediação – mediação pela palavra e mediação pelo outro – de Vigotski, Wertsch (1999) desenvolve o conceito de ação mediada, circunscrevendo os cinco elementos que a compõem (cena, ato, propósito, agente e ferramentas culturais) e propondo dez afirmações que a caracterizam (como será explicitado no referencial teórico). No entanto, essa ação mediada não é qualquer ação. É uma ação qualificada como intencional, organizada, dialógica, compreensiva, produzindo formas de interação na sala de aula que favorecem a interlocução entre professor e alunos e entre os próprios alunos, numa perspectiva em que múltiplos sentidos em jogo na abordagem de um conceito possam emergir, ser compartilhados por todos, ao mesmo tempo em que se organizam dentro de um universo conceitual que possibilita a obtenção de um nível maior de generalidade desse conceito pelos alunos.

É esta ação mediada que visa potencializar o desenvolvimento de um ensino fecundo (VIGOTSKI, 2009) à medida que promove um movimento no processo de aprendizagem que implica a elevação de níveis de generalidade e de sistematização dos conceitos pelos envolvidos no processo a partir de uma perspectiva dialógica. Nesse contexto, a dialogia implica uma atitude compreensiva ao incorporar uma multiplicidade de vozes e de sentidos, pois é sempre polifônica e polissêmica.

Assim, estamos partindo da tese de que a ação mediada dialógica, em sala de aula, favorece a formação de conceitos científicos por alunos de ensino médio. É

neste sentido que queremos investigar: como se desenvolve a ação mediada em aulas de Biologia no ensino médio que visam abordar os conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular, num contexto de realização de atividades experimentais?

É a partir dessa perspectiva que investigamos o papel da ação mediada (WERTSCH, 1999) na configuração dos sentidos que perpassam um processo de interação discursiva em uma sala de aula de Biologia, da 1ª série do ensino médio[2], de uma escola pública estadual do município de Vitória-ES, durante aulas que visavam abordar os conceitos de fotossíntese e respiração celular.

Para a análise da ação mediada durante as aulas, consideramos que é fundamental compreender: como a professora de Biologia desenvolveu os conceitos de fotossíntese e respiração celular com os alunos? Qual a estória científica[3] (OGBORN et al, 1996) que ela desenvolve com os alunos para ajudá-los a desenvolver esses conceitos? Quais sentidos são produzidos pelos alunos com relação a esses conceitos a partir da interação verbal estabelecida com a professora e com os colegas?

A opção de trabalhar com os conceitos de fotossíntese e respiração celular se deveu ao fato de compartilharmos com diversos estudiosos (como veremos mais detidamente no capítulo 2) uma visão desses conceitos como abstratos e de difícil compreensão, tanto para professores quanto para estudantes de Ciências e Biologia. Além disso, este assunto é considerado um tema integrador do ensino dessas disciplinas, à medida que se configura como um "campo de estudo" que articula aspectos ecológicos, bioquímicos, fisiológicos, metabólicos, celulares, etc.

Tais problemas no ensino e na aprendizagem desses conceitos são considerados por nós como indicadores da relevância de se trabalhar com pesquisas nessa área, de modo a ampliar a compreensão dos fatores envolvidos na aprendizagem dos alunos e auxiliar os professores no desenvolvimento de estratégias de ensino para abordar o conhecimento científico.

Para tanto, desenvolvemos um trabalho colaborativo, inspirado em uma concepção de pesquisa-ação crítico-colaborativa (COHEN; MANION; MORRISON, 2007; JESUS, 2008; FRANCO, 2008; BARBIER, 1985, 2002) em que desenvolvemos

[2] Adotaremos o regime de seriação para o ensino médio conforme orientação da LDB/96 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional) e as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (2013).

[3] Adotamos a expressão 'estória científica' (OGBORN et al, 1996) tomando como referência a tradução do termo feita por Mortimer e Scott (2002).

um processo formativo, juntamente com a professora, cinco bolsistas do Pibid[4] e uma estagiária do Estágio Supervisionado da Ufes, de modo a proporcionar uma prática reflexiva na escola e na sala de aula

Esse trabalho colaborativo envolvendo escola e universidade buscou promover uma prática pedagógica reflexiva na qual foram desenvolvidas ações de planejamento, execução e avaliação de atividades durante aulas de Biologia, em uma turma de 1ª série do ensino médio, que trataram do desenvolvimento dos conceitos de fotossíntese e respiração celular.

A partir do processo de pesquisa-ação crítico-colaborativa, tomamos como referência o conteúdo a ser abordado nas turmas da 1ª série do ensino médio e delimitamos os conceitos/temas que fariam parte do processo de formação. Também delimitamos as estratégias de ação: i) definição de uma atividade experimental investigativa sobre fotossíntese e respiração celular; ii) elaboração de um questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes sobre as situações da atividade investigativa, que serviu também como roteiro para montagem dos experimentos; iii) elaboração de estratégias para explicação/discussão do experimento em sala de aula; iv) orientações para avaliação da aprendizagem por meio de provas, relatórios, debates e mostra cultural.

Quando nos referimos a uma atividade experimental de cunho investigativo, compreendemos que a função dessa atividade é atuar como um elemento mediador, uma ferramenta cultural para o estabelecimento do diálogo entre professor e alunos em sala de aula. Ou seja, a atividade experimental é uma ferramenta para ajudar a professora a desenvolver a estória científica (OGBORN et al, 1996) que vai ser ensinada aos alunos. Segundo Mortimer e Scott (2003), somente quando professor e alunos discutem sobre as atividades é que a aprendizagem pode acontecer.

Concordamos com Mortimer e Machado (2001, p. 109) quando dizem que "[...] a construção do conhecimento em sala de aula é mediada pela linguagem e que o discurso produzido na interpretação das atividades é no mínimo tão importante quanto atividades realizadas pelos alunos". Mortimer e Scott (2003) enfatizam que abordagens de ensino somente centradas em atividades dos alunos (ênfase na prática) podem ser

[4] O Programa Institucional de Bolsas de Iniciação a Docência tem como uma das suas finalidades promover a formação de estudantes de cursos de licenciatura fomentando a sua inserção no cotidiano das escolas por meio de uma parceria escola e universidade.

problemáticas porque as atividades práticas não falam por si mesmas e precisam ser mediadas pelo professor. E, nesse contexto, o papel do professor é de grande importância como representante da cultura científica e mediador do conhecimento científico a ser ensinado.

O levantamento das hipóteses dos estudantes sobre as situações da atividade investigativa, neste estudo, tem o objetivo de entender o que e como os alunos pensam sobre o tema de modo a nos ajudar a desenvolver o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular. Mortimer e Scott (2003) consideram que conhecer o que os alunos pensam sobre os fenômenos é um fator que influencia a aprendizagem posterior de conceitos científicos.

Dessa forma, é deste lugar de professora e pesquisadora da Ufes que situo a produção deste texto. E isso é importante de ser explicitado porque a produção do meu texto está inevitavelmente marcada pelas minhas histórias, pelos lugares sociais que ocupo e por marcas culturais diversas.

Além de analisarmos o processo interativo ocorrido na sala de aula entre professora e alunos, entendemos também que o processo de pesquisa-ação crítico-colaborativa contribuiu na formação tanto da professora da escola, das bolsistas envolvidas e da estagiária, como também em minha formação. Assim, um objetivo específico desta pesquisa foi também tentar compreender os sentidos produzidos por esse processo formativo na formação continuada da professora a partir dos enunciados produzidos por ela ao final do processo.

São muitos os desafios que se colocam diante do pesquisador em uma abordagem de pesquisa como esta, principalmente porque a sala de aula e a escola são ambientes multifacetados em que emergem não somente questões relativas aos objetivos da pesquisa, mas também questões de ordem pessoal, prática, gestão, avaliação, relação professor e aluno, professor e professor, professor e pesquisador e outros. Isso é previsto à medida que adotamos um referencial que implica a não neutralidade no processo de pesquisa, o envolvimento do pesquisador com os sujeitos desta, uma concepção de sujeito como um outro que tem voz e a intencionalidade do ato de fazer pesquisa.

Assim, esta tese está estruturada da seguinte maneira. No capítulo 1 delineamos uma contextualização histórica partindo da ideia de “Ciência para todos” e discutimos o contexto de produção de inclusão e exclusão que se revela nessa ideia. No

capítulo 2 apresentamos uma revisão de literatura sobre o tema fotossíntese e respiração celular, procurando estabelecer conexão com o currículo e a formação de professores. No capítulo 3 analisamos o referencial de concepções alternativas, evidenciando o referencial teórico adotado neste estudo. No capítulo 4 tratamos da abordagem metodológica e nos capítulos 5 e 6, nossa análise do processo. Posteriormente, apresentamos nossas considerações finais e reflexões sobre a prática educativa.

1 CONTEXTUALIZANDO A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: DA IDEIA DE CIÊNCIA PARA TODOS AO ENTENDIMENTO DO CONTEXTO QUE PRODUZ INCLUSÃO/EXCLUSÃO CIENTÍFICA NA SOCIEDADE

"Acordei bemol
Tudo estava sustenido
Sol fazia
Só não fazia sentido."
(LEMINSKI)

Neste capítulo apresentamos uma breve revisão histórica da educação científica no século XX, explicitando o contexto de surgimento do slogan "Ciência para Todos" e os desdobramentos mundiais que repercutiram a partir dele, como as avaliações de larga escala em nível mundial (Programa Internacional de Avaliação de Alunos – Pisa) e local (Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo – Paebes) (contexto do Espírito Santo). A partir disso, problematizamos as consequências desse processo na produção de inclusão/exclusão científica na sociedade.

A ideia de Ciência para Todos surge no cenário norte-americano após o final da guerra espacial, que durou de 1957, quando do lançamento do satélite *Sputnik* pela ex-União Soviética, até meados de 1975. Após esse cenário, educadores e pesquisadores norte-americanos começaram a voltar sua atenção para as disparidades produzidas a partir das reformas na educação científica, entre as décadas de 1940 e 1960, período em que a ênfase estava nos conteúdos específicos da ciência (o foco recaía sobre os conhecimentos científicos) e na forma de ensiná-los corretamente com vistas à formação de cientistas para suprir a demanda do contexto da corrida espacial (YERRICK; ROTH, 2005).

Segundo Yerrick e Roth (2005), após o final da guerra espacial começou-se a perceber que essas reformas promoveram e até mesmo reforçaram processos de exclusão de grupos de estudantes que não "se encaixavam" no ideal norte-americano de formar cientistas. Como forma de dar respostas ao quadro de injustiça social que se instalou e que foi de encontro aos ideais democráticos propagados pela sociedade norte-americana, educadores e pesquisadores da educação científica se viram em uma posição de responder ao desafio de incluir todas as pessoas no mundo da ciência. Assim, foi criado o slogan "Ciência para todos os americanos" na expectativa de que todos pudessem aprender ciências (YERRICK; ROTH, 2005).

Yerrick e Roth (2005) nos alertam que esse slogan revela uma concepção preconceituosa, pois considera que todos os americanos vivem dentro dos limites dos Estados Unidos da América (EUA), e, além disso, desconsidera as pessoas da América do Sul e da América Central. Acrescento que também há uma desconsideração ao fato de que praticamente tudo que se produzia nos Estados Unidos refletia em outros países da América, em especial os países em desenvolvimento, como o Brasil.

Durante o período da guerra espacial, diversos documentos/projetos curriculares foram produzidos nos EUA e na Inglaterra. O Brasil absorveu grande parte desse movimento americano de produções curriculares na área científica, como o BSSC (Biology Science Study Committee) e o PSSC (Physical Science Study Committee), de ensino de Biologia e ensino de Física, respectivamente, e que foram lançados nos EUA em 1960 e traduzidos para o português em 1963 (CHASSOT, 2004). Esses projetos tiveram, segundo Chassot (2004), uma razoável divulgação nos anos 60 e 70 do século XX no Brasil, mas não alcançaram os resultados esperados para a melhoria do ensino de Ciências.

É nesse cenário de formação de cientistas que Aikenhead (2009) nos fala da necessidade de uma ciência para todos, que contemple um mundo diversificado, porque a maioria da população em idade escolar acaba entendendo a ciência escolar como uma cultura estranha, gerando processos de exclusão nos quais somente os mais "capazes" ou os pertencentes a grupos privilegiados conseguem ingressar em programas universitários. Cachapuz e outros (2005) argumentam a favor da ciência para todos nos dizendo que a melhor formação científica inicial que pode receber um futuro cientista é aquela que o integra ao conjunto dos cidadãos.

Podemos ver em vários documentos oficiais a divulgação da necessidade e da justificativa de uma ciência para todos, como é o caso da Declaração de Budapeste (UNESCO, 2003, p. 29), que preconiza:

> [...] o acesso ao conhecimento científico, a partir de uma idade muito precoce, faz parte do direito à educação de todos os homens e mulheres, e que a educação científica é de importância essencial para o desenvolvimento humano, para a criação de capacidade científica endógena e para que tenhamos cidadãos participantes e informados.

Ainda segundo o artigo 24º da Conferência de Budapeste (UNESCO, 2003, p. 50):

> Para que um país tenha a capacidade de atender às necessidades básicas de sua população, a educação em ciência e tecnologia é um imperativo estratégico. Como parte dessa educação, os estudantes devem aprender a solucionar problemas específicos e a tratar das necessidades da sociedade através do uso de conhecimentos e técnicas científicas e tecnológicas.

Dentro dessa perspectiva, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) propôs a política denominada "Ciência na escola: um direito de todos" (UNESCO, 2005) como uma necessidade para o desenvolvimento e a inclusão social, enfatizando a urgência de democratização das ciências para romper com as desigualdades sociais. Esse documento nos diz que aceitar que a maioria da população não tenha acesso ao conhecimento científico e tecnológico significa compactuar com os processos de desigualdade social do país, o que significará seu atraso econômico e político no mundo globalizado.

No entanto, em grande medida, podemos perceber na escola brasileira um descompasso entre aquilo que preconizam os principais documentos de referência sobre a ciência numa perspectiva inclusiva e o que realmente acontece: um ensino de Ciências tradicionalmente livresco e descontextualizado, baseado em processos que visam decorar nomes difíceis, e sem preocupação em promover a compreensão dos conceitos e a aplicabilidade do que é estudado, e, como resultado, poucos alunos se sentem atraídos pela ciência. A maioria dos estudantes acaba não vendo sentido em estudar o conteúdo e, muitas vezes, sentem dificuldade e acabam perdendo o entusiasmo (UNESCO, 2005).

O documento da Unesco (2005, p. 5) ressalta a importância de promoção de políticas públicas de educação científica e tecnológica, considerando as seguintes diretrizes:

> 1. Fortalecer a escola como foco de transformação, criando ambientes e clima propícios para a aprendizagem em ciência e tecnologia;
> 2. Oferecer aos docentes de Ciências um plano sistêmico de formação em serviço, que assegure a inter-relação teoria-prática, o acompanhamento ao longo de todo o processo de formação e a reflexão permanente, bem como a troca de experiências sobre a prática pedagógica e os resultados do desempenho dos alunos;
> 3. Promover o trabalho conjunto e integrado de formadores, professores, diretores de escolas, coordenadores e investigadores, propiciando a construção coletiva do conhecimento científico;

> 4. Disponibilizar para os alunos materiais diversos que estimulem a curiosidade científica e promovam a aprendizagem com base na busca, indagação e investigação. O estímulo à curiosidade deve ser o motor do ensino-aprendizagem;
> 5. Incentivar a popularização da ciência mediante o uso intensivo das novas tecnologias da informação e da comunicação.

No Brasil, iniciativas como a "4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: Política de Estado para Ciência, Tecnologia e Inovação com vistas ao Desenvolvimento Sustentável" preconizam uma educação de qualidade desde a primeira infância, enfatizando o papel da ciência, tecnologia e inovação na redução das desigualdades sociais e na inclusão social, o que pressupõe uma educação básica de qualidade para todos os brasileiros (BRASIL, 2010).

Nesse sentido, as diretrizes de muitos documentos oficiais reforçam a importância de ensinar e aprender o conhecimento científico voltado para todas as pessoas, numa perspectiva de inclusão social.

No entanto, dados da avaliação do Pisa (Programa Internacional de Avaliação de Alunos), realizado em 2006, indicam que a situação do ensino de Ciências no Brasil é preocupante. O Brasil vem ocupando a posição número 52 dentro do ranking dos 57 países participantes. Esse número nos diz que, nos seis níveis de avaliação da prova[5], mais da metade dos nossos alunos ocupam o nível 1, ou seja, o nível mais elementar, em que estes apresentam um padrão científico muito limitado, no qual só conseguem aplicar o conhecimento em umas poucas situações familiares ou então apresentam explicações científicas óbvias.

No contexto do Espírito Santo, o Paebes (Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo) iniciou em 2011 a avaliação dos alunos em Ciências. Os resultados foram alarmantes. Mais da metade dos estudantes da 3ª série do ensino médio da rede pública avaliados apresentaram um padrão de compreensão da ciência denominado "abaixo do básico"[6]. Ou seja, segundo o Centro de Políticas Públicas e Avaliação da Educação (Caed):

[5] A escala de proficiência proposta pelo Pisa tem seis níveis de avaliação: do 1 ao 6. Trata-se de uma escala interpretativa que indica quais as tarefas os estudantes podem desenvolver em cada um dos níveis propostos (WAISELFISZ, 2009).

[6] A escala de proficiência do Paebes é organizada em quatro níveis: abaixo do básico, básico, proficiente e avançado. Essa escala tem como base uma matriz de referência que foi construída a partir do Currículo Básico da Escola Estadual do Espírito Santo. A diretriz é a formação de competências, habilidades e conteúdos que devem ser atingidos pelos alunos em cada série/ano.

> Os alunos que apresentam este padrão de desempenho revelam ter desenvolvido competências e habilidades muito aquém do que seria esperado para o período de escolarização em que se encontram. Por isso, este grupo de alunos necessita de uma intervenção focada, de modo a progredirem com sucesso em seu processo de escolarização (ESPÍRITO SANTO, 2011, p. 65).

É importante ressaltar que ao trazermos dados de avaliação como Pisa e Paebes não desconsideramos a necessidade de uma problematização da metodologia de avaliação, dos fins a que ela atende e de suas repercussões na política educacional[7]. O problema desses testes padronizados é que, muitas vezes, eles produzem mais desigualdades sociais do que ganhos para as pessoas, já que revelam uma limitação no que diz respeito ao modo de avaliar os alunos. Os estudantes devem dar respostas padronizadas baseadas em um corpo homogêneo de conhecimentos que é definido pelos documentos curriculares padrão, em que o propósito de aprender Ciências é atender a uma lista de objetivos determinada pelo Estado, em vez de atender ao conjunto das necessidades da sociedade (ROTH; BARTON, 2004). Quais são os interesses envolvidos nesse tipo de avaliação? Avaliar por quê? E para quê? O que o Estado faz com esses resultados? Baseado nos ideais de objetividade e neutralidade, o poder da ciência de mudar a sociedade torna-se limitado à medida que restringe o debate, a contestação e a crítica em nome de uma suposta superioridade da ciência.

Em pesquisa realizada em 2006, pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, denominada "Percepção Pública da Ciência e Tecnologia", com pessoas com idade acima de 16 anos, 58% dos entrevistados revelaram ter pouco ou nenhum interesse por assuntos de Ciência e Tecnologia, sendo que destes, 37% afirmaram que isso se deve ao fato de não entenderem sobre o assunto.

Nesse sentido, apesar de os documentos oficiais revelarem uma preocupação com a implementação de uma "ciência para todos", o que se apresenta é que essa preocupação não tem possibilitado um conjunto de ações que resultem no aprendizado dos alunos. Segundo Roth e Barton (2004), esses documentos, de forma geral, falham na medida em que assumem uma visão universal de ciência. Esses documentos passam uma ideia de que se todos os estudantes aprenderem ciência, todos serão iguais. Então, negligenciam que a ciência e suas práticas refletem poderes diferenciais em nossa

[7] Em carta aberta à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), publicada no jornal "The Guardian" em 6 de maio de 2014, mais de 80 pesquisadores no mundo todo manifestaram diversas preocupações com relação ao Pisa e a sua metodologia baseada em testes padronizados que privilegiam medidas quantitativas e que visam classificar e rotular alunos promovendo processos de exclusão social e cultural.

sociedade. Ao mesmo tempo em que esses documentos reconhecem as dimensões sociais e culturais da prática científica, eles também proclamam um conjunto base de conhecimentos que marcam as pessoas cientificamente alfabetizadas (ROTH; BARTON, 2004).

Roth (2009) nos alerta que a educação científica para todos precisa ser repensada em termos de seus objetivos porque as necessidades das pessoas são muito diferentes[8]. Nem todos querem seguir carreiras científicas e o público em geral acaba ficando excluído do mundo da ciência. Muitas pessoas, incluindo os estudantes, acabam vendo a ciência como irrelevante para sua vida, já que esta não se direciona a uma ação cotidiana. O autor argumenta que, em uma sociedade democrática, a ciência precisa ser não dogmática e estar aberta à crítica e à contestação. Mais do que conteúdos científicos, a ciência (e a educação científica) precisa estar a favor da justiça social (ROTH; BARTON, 2004; ROTH, 2009).

No entanto, Roth (2009) aponta que os educadores entendem sua função em termos de ensino da ciência canônica[9], em vez de uma ciência fundamentada na vida real das pessoas. O autor nos diz que a preocupação deveria ser mais de promover uma educação científica para as pessoas do que de como o conhecimento científico "fica" na cabeça delas. Uma educação científica baseada em padrões que determinam o que os seres humanos devem saber ou são capazes de saber e fazer nos indica que há um discurso monológico (contexto da ciência) e que todas as pessoas são exatamente iguais, desconsiderando a diversidade e pluralidade de contextos e culturas.

Esses documentos não consideram que a escola tem contribuído para reproduzir histórica e socialmente questões relativas à raça, ao gênero, à classe, de forma desigual. Eles mantêm um modelo deficitário para as minorias, seja pelo favorecimento de práticas tradicionais, comportamentos e hábitos, como quando dizem que os estudantes escolherão esses valores quando os deles próprios são diferentes. E quando os estudantes não fazem isso, é assumido que a falha é deles e não da instrução ou do conteúdo (ROTH; BARTON, 2004).

[8] Como as necessidades das pessoas são muito diferentes, é preciso problematizar o contexto no qual a educação cientifica se desenvolve. As necessidades das pessoas em um determinado país podem ser totalmente diferentes de outro. E mesmo dentro de um mesmo país, as necessidades das pessoas também podem ser diferentes, dependendo do contexto. No Brasil, por exemplo, quais seriam as necessidades das pessoas de diferentes regiões? Quais seriam os objetivos da educação científica?

[9] Ensino da ciência canônica refere-se a uma concepção de ciência considerada como verdade única, a-histórica, neutra e asséptica.

A padronização proclamada nesses documentos nos diz que ao aprender ciência todos serão iguais. No entanto, o padrão a ser seguido é o das maiorias[10] e as minorias devem seguir esse padrão, em vez de a instrução, os conteúdos, a maneira de se praticar e pensar se modificarem para acomodar essas minorias (ROTH; BARTON, 2004).

Se esses jovens têm dificuldade de ler e escrever na hora de fazer os testes, uma variedade de testes deve ser utilizada para proporcionar uma avaliação mais precisa do seu conhecimento. No entanto, isso não é suficiente, temos que tentar entender o papel do contexto na hora de avaliar esses estudantes e se eles compreenderam ou não determinado assunto.

Em pesquisa feita em escolas, Roth e Barton (2004) chegaram à conclusão de que quando cada estudante está em posição de contribuir em um caminho no qual sustente seus próprios esforços, a suposta falta de habilidade em Ciências (*disability*) tende a diminuir. Deve-se focar a habilitação coletiva em detrimento da produtividade individual. Os autores nos dizem que alfabetismo científico ou analfabetismo científico são alcançados coletivamente em contextos específicos ao invés de serem propriedade de indivíduos ou estado de mentes individuais. E isso nos faz pensar como um tipo de contexto de escola produz *disability* (falta de habilidade) *or ability* (habilidade). O problema de rotular alunos como capazes e incapazes está no fato de que, muitas vezes, esses estudantes ficam presos nesses rótulos e não conseguem avançar, pois é atribuída a eles como indivíduos a incapacidade de aprender, enquanto o problema é socialmente construído. Então, o estudante é isolado, separado dos outros, de forma que não se dá a ele chance de participar de outras situações em que consiga socialmente mostrar sua capacidade. Roth e Barton (2004) nos mostram resultados de pesquisa que apontam que quando adequamos o contexto da atividade para aquele aluno que supostamente apresenta dificuldades em aprender Ciências, a dificuldade tende a desaparecer e muitas vezes o padrão apresentado se qualifica como "alta capacidade em Ciências".

Assim, Roth e Barton (2004, p. 22) fazem três proposições acerca da alfabetização científica:

[10] É preciso mencionar que no Brasil a minoria é maioria. Então, no contexto brasileiro, a frase ficaria assim: o padrão a ser seguido é o das minorias privilegiadas e a maioria (desprivilegiada) deve seguir esse padrão, em vez de a instrução, os conteúdos, a maneira de se praticar e pensar se modificarem para acomodar essa maioria.

> 1. Alfabetização científica é uma propriedade de uma situação coletiva e caracteriza interações irredutíveis para características dos indivíduos.
>
> 2. Pensar a ciência não como um quadro teórico normativo singular para racionalidade, mas como mais um recurso que as pessoas podem desenhar nas decisões do dia a dia;
>
> 3. Pessoas aprendem pela participação em atividades que são significantes porque elas servem em interesse comum e isso contribui largamente para a comunidade ao invés de fazer a aprendizagem como um objetivo próprio.

Dessa forma, compreendemos que a direção das pesquisas na educação científica deve ocorrer no sentido do entendimento de que inclusão/exclusão científica é produzida socialmente/coletivamente e não é característica de pessoas como indivíduos isolados. Então, precisamos começar a questionar o tipo de pesquisa que estamos fazendo e em que bases teóricas elas estão sendo produzidas.

Para avançar nesta reflexão, no próximo capítulo apresentamos uma revisão de literatura sobre a aprendizagem dos conceitos de fotossíntese e respiração celular partindo da ideia de concepções alternativas até o enfoque dado a esta pesquisa, a matriz histórico-cultural.

2 UMA REVISÃO DE LITERATURA ACERCA DA APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS DE FOTOSSÍNTESE E RESPIRAÇÃO CELULAR: DA IDEIA DE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS[11] AO ENFOQUE HISTÓRICO-CULTURAL

"O texto só tem vida contatando com outro texto (contexto)."

(BAKHTIN, 2011, p. 401)

Neste capítulo realizamos uma revisão de literatura acerca da aprendizagem dos conceitos de fotossíntese e respiração celular, chamando a atenção para o fato de que muitos desses trabalhos possuem um enfoque voltado para uma perspectiva individual dos processos de aprendizagem, enfatizando o referencial das concepções alternativas. E, nesse sentido, propomos um enfoque histórico-cultural à medida que acreditamos que o foco não deve ser somente o indivíduo, mas o contexto social em que ele está imerso, uma vez que entendemos que essas concepções alternativas são produzidas socialmente, sendo por isso construções sociais.

Realizando uma revisão de literatura sobre o tema aprendizagem dos conceitos fotossíntese e respiração celular, encontramos como resultados de pesquisas uma visão desses conceitos como abstratos e de difícil compreensão, tanto para professores (YPI, 1998) quanto para estudantes de Ciências (STAVY; EISEN; YAAKOBI, 1987; BARKER; CARR, 1989; SEYMOUR; LONGDEN, 1991; WAHEED; LUCAS, 1992; EISEN; STAVY, 1993; BARKER, 1995; CAÑAL, 1999; CARLSSON, 2002; MARMAROTI; GALANOPOULOU, 2006; MEDEIROS; COSTA; LEMOS, 2009; ZOMPERO; LABURÚ, 2011, 2012; SARMENTO et al, 2013).

Com relação às dificuldades de compreensão e consequente possibilidade de múltiplas interpretações, essas pesquisas sobre a aprendizagem com o assunto fotossíntese e respiração celular têm mostrado que os estudantes apresentam uma série de dificuldades para aprender sobre esses assuntos e também para inter-relacioná-los.

[11] As ideias dos estudantes que não são consideradas de acordo com o conhecimento científico receberam o nome de concepções alternativas, conceitos ou ideias alternativas, ingênuas, intuitivas, espontâneas ou de senso comum. Partilhamos com Driver e outros (1999) que essas ideias informais não são apenas visões pessoais do mundo, mas refletem uma visão comum, representada por uma linguagem compartilhada. Ou seja, são construções sociais e não construções de indivíduos isolados.

No ensino médio, por exemplo, os alunos geralmente chegam às salas de aula de Biologia com alguns conhecimentos prévios sobre o mundo natural que não estão de acordo com o conhecimento científico, ou seja, conhecimentos inconsistentes com relação aos conhecimentos aceitos pela Biologia. E o fato de os alunos chegarem à sala de aula com esses conhecimentos pode dificultar a aprendizagem desses conceitos.

De acordo com Seymour e Longden (1991), muitas vezes os estudantes não têm consciência das suas dificuldades acerca do entendimento do conteúdo, e, por outro lado, os professores, por vezes, julgam incorretamente as habilidades dos estudantes em compreender um determinado assunto, ora superestimando, ora subestimando o entendimento destes. Isso, na visão dos autores, pode causar uma falta de ênfase em determinado assunto ou uma ênfase indevida em certas partes do conteúdo.

Muitos desses estudos têm indicado que os estudantes ainda apresentam concepções alternativas persistentes sobre os temas fotossíntese e respiração celular. Por exemplo: a visão de que o alimento das plantas vem do solo e de que as raízes fazem a absorção desses alimentos (BARKER, 1995); a dificuldade de compreender que um gás como o gás carbônico (CO_2) e um líquido como a água (H_2O) podem produzir um alimento sólido dificulta a compreensão de que as plantas fabricam seu próprio alimento pela fotossíntese (BARKER, 1995). A noção do que seja esse alimento para os estudantes é também variável e dependente do contexto (DRIVER et al, 1994). Via de regra, os estudantes apontam como único aprendizado o fato de que as plantas produzem seu próprio alimento, mas na maioria das vezes falta compreensão do que seria esse alimento (BARKER; CARR, 1989).

Algumas vezes os alunos apresentam uma concepção de que a planta faz uso direto da energia solar em um processo vital (BARKER; CARR, 1989). Outra dificuldade é a compreensão de que esse alimento é metabolizado na planta pela respiração celular e que a energia produzida serve para que a planta cresça e se desenvolva. Essa concepção vem atrelada a uma ideia de energia associada a movimento. Se as plantas não se movimentam como os animais, por que precisam de energia?

Muitas dessas concepções possuem raízes históricas, como aponta Barker (1995). De acordo com esse autor, a visão de que as plantas adquirem seu alimento por meio do solo possui origem em Aristóteles (350 a.C.), quando da formulação da Teoria

humística – a planta é um animal invertido, pois fica com a boca no solo. As raízes das plantas eram análogas à boca dos animais, ambas servindo para absorção do alimento. Para Aristóteles, as plantas se alimentavam de húmus e depois da morte voltavam ao húmus. Ele acreditava assim que a chave para entender as plantas estava no estudo dos animais.

Existe também muita confusão entre o papel da fotossíntese e da respiração celular. Muitos estudantes possuem a ideia de que a planta respira somente à noite e faz a fotossíntese somente durante o dia. Os alunos constantemente associam que a fotossíntese é a respiração da planta (STAVY; EISEN; YAAKOBI, 1987; SEYMOUR; LONGDEN, 1991). Seymour e Longden (1991) apontam algumas concepções alternativas persistentes, como o fato de os estudantes considerarem que a "respiração celular ocorre nos pulmões" e que "coisas vivas não podem respirar na ausência de oxigênio" ou que "respiração celular é a mesma coisa que a respiração". Os autores apontam que a imprecisão na linguagem com relação ao ensino destes temas (respiração celular e respiração), muitas vezes, não permite que o estudante faça a distinção entre o significado desses termos quando usados em um contexto científico e quando usados cotidianamente. Isso muitas vezes ocorre porque o conceito de respiração celular é muito difícil de entender e precisa ser ensinado de forma relacionada ao tema fotossíntese (EISEN; STAVY, 1993).

Tais problemas no ensino e na aprendizagem desses conceitos são indicadores da relevância de se trabalhar com pesquisas nessa área, de modo a ampliar a compreensão dos fatores envolvidos na aprendizagem dos alunos e auxiliar os professores no desenvolvimento de estratégias de ensino para abordar esse conhecimento.

Assim, os temas fotossíntese e respiração celular são apontados como assuntos complexos e de difícil compreensão, mas extremamente importantes. Essa dificuldade se deve, em parte, por serem temas que inter-relacionam aspectos bioquímicos, ecológicos, anatômicos, fisiológicos e de energia, necessitando de uma visão integradora do assunto. Por se tratarem de temas considerados integradores do ensino de Biologia e Ciências, como apontam Waheed e Lucas (1992) e Kawasaki (1987), é necessário reforçar a relevância da realização de investigações sobre os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula de Biologia da educação básica, de modo a compreendermos como esses conteúdos vêm sendo abordados. Concordamos

com Waheed e Lucas (1992) que esses conteúdos são estruturadores e mediadores no ensino de Biologia e que, por isso, precisam ser aprendidos pelos alunos com o objetivo de propiciar uma visão mais abrangente dos fenômenos naturais. Visão essa que articule Ciência, Tecnologia e Sociedade, pois estes inevitavelmente estão inter-relacionados. Afinal, consideramos que o conhecimento científico envolvido na abordagem desses assuntos é somente uma parte do conhecimento que os alunos precisam se apropriar.

Eisen e Stavy (1993) apontam que se os estudantes compreenderem que tópicos como ecossistemas, química, alimentação autotrófica e respiração pertencem ao processo de fotossíntese, eles terão provavelmente um razoável entendimento básico da fotossíntese.

Assim, nos reportamos à citação de Waheed e Lucas (1992, p. 197):

> Com base em nossa análise da fotossíntese como um conceito integrador, central no estudo dos sistemas vivos, acreditamos que deva ser dada mais atenção ao ensino das inter-relações entre conceitos específicos. [...] Acreditamos que essa integração deva ser mais extensa, incluindo as alterações ecológicas e de energia, bem como os aspectos bioquímicos e fisiológicos [...].

Nesse sentido, a fotossíntese é vista por esses autores como um conceito integrador e, por isso, considerada um "campo de conhecimento". No entanto, os autores nos dizem que apesar de existirem muitos trabalhos sobre concepções de alunos a respeito da fotossíntese, poucos são aqueles que a investigam como conceito integrador, ou seja, analisando a inter-relação do assunto com aspectos ecológicos, bioquímicos, fisiológicos, anatômicos e de energia.

Em seu estudo, Waheed e Lucas (1992) constataram que os alunos apresentaram pouca compreensão da fotossíntese como tema integrador. A maioria dos estudantes mostrou um entendimento dos aspectos ecológicos da fotossíntese, como a troca de gases entre plantas e animais. Plantas captam gás carbônico e expelem oxigênio, enquanto animais captam oxigênio e expelem gás carbônico. Mas poucos mostraram consciência dos processos envolvidos. Embora os alunos tenham mencionado sobre energia, a compreensão do processo mostrou-se inconsistente. Com relação à fisiologia, os alunos demonstraram pouca compreensão do processo de respiração celular. A fotossíntese e a respiração celular foram percebidas somente como um mecanismo de troca de gases. Embora os estudantes tenham mostrado alguma

compreensão de aspectos bioquímicos, poucos conseguiram mostrar entendimento da fotossíntese como processo de produção de carboidratos. É então que Waheed e Lucas (1992) perguntam: em quais aspectos o ensino da fotossíntese estava focado quando foi ensinado aos alunos?

Stavy, Eisen e Yaakobi (1987) nos dizem que, independente da complexidade dos temas fotossíntese e respiração celular e das concepções persistentes, é necessário investir na mudança da maneira de ensinar, encontrando melhores e mais apropriadas formas de abordar esses assuntos. Devido à importância da compreensão da fotossíntese e da respiração celular para um entendimento básico de como funciona o mundo natural, não podemos desistir de ensinar esses temas.

Autores como Driver e outros (1999) e Mortimer e Machado (2001) afirmam que a aprendizagem das Ciências é vista como um processo de enculturação, ou seja, a entrada do aluno em uma nova cultura, diferente da cultura do senso comum. Nesse processo, senso comum e conhecimentos científicos dialogam e se inter-relacionam à medida que um não é superior ou mais importante que o outro. Autores como Roth (2009) defendem que aprender ciência é mais do que se apropriar de um código ou uma cultura (a científica), aprender ciência exige uma nova configuração, na qual é preciso promover uma hibridização das culturas e saberes culturais.

Nesse sentido, Roth (2009) afirma que é fundamental pensarmos também em atividades nas escolas que promovam: (i) a articulação do trabalho entre acadêmicos e pessoas comuns; (ii) formas de respeitar a linguagem cotidiana (senso comum) no ensino de Ciências; (iii) a relação do ensino da "ciência autêntica" com a linguagem cotidiana[12] (senso comum).

Na organização do livro *Science education from people for people: taking a stand (point)*, Roth (2009) apresenta uma série de textos, escritos por colaboradores, que relatam experiências nas quais o conhecimento científico está articulado ao senso comum por meio de histórias de vida de acadêmicos e pessoas comuns.

Concordamos com Roth (2009) quando este diz que os alunos não precisam

[12] Tomamos como base o artigo de Mortimer (1998) para o entendimento do que seja linguagem científica e linguagem cotidiana (senso comum). O autor caracteriza a linguagem científica como predominantemente estrutural, ou seja, os processos estão sempre ocorrendo em estruturas cristalizadas; o agente da ação normalmente está ausente do processo, a linguagem é neutra, asséptica e a-histórica. A linguagem cotidiana é automática e muito mais próxima da fala, é dinâmica, apresenta uma sequência linear, que é estabelecida e mantida, e o narrador (agente) está sempre presente.

ter uma linguagem científica tão especializada, tendo que saber detalhes dos processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem na natureza. Concordamos também que é preciso considerar a experiência cotidiana e a cultura dos alunos, proporcionar oportunidades para que eles participem com seus próprios discursos, ouvi-los, interagir com eles, promover troca de experiências entre acadêmicos e pessoas comuns como forma de produção de novas linguagens, novos híbridos e saberes que vão além da linguagem monológica da ciência. E nesse sentido, é preciso considerar também o mundo da experiência diária, da experiência humana, o mundo das emoções, do afeto, do sentimento (ROTH, 2011). Essas dimensões não têm sido consideradas no processo de ensino e aprendizagem de Ciências e se revelam, segundo Roth (2011), como fundamentais porque não são externas ao processo, mas fazem parte dele.

Se por um lado compreendemos que utilizar somente o discurso científico na escola é forçar os alunos a se apropriarem de uma linguagem única, como aponta Roth (2005), por outro lado entendemos também que é papel da escola o ensino desse conteúdo científico.

Concordamos que é preciso contextualizar o ensino, problematizá-lo a partir de um discurso, de uma linguagem que faça sentido ou que promova sentido para os estudantes. É necessário aproximar a linguagem científica da linguagem cotidiana de modo que se possa apresentar aquela como provida de valores, emoções, responsabilidade e ética.

No entanto, estamos situados em um momento histórico em que predominam as avaliações padronizadas de larga escala; processos seletivos que priorizam o conhecimento científico sistematizado; uma programação curricular extensa, fragmentada em disciplinas e descontextualizada da vida cotidiana; um espaço e tempo escolar também fragmentados; uma formação inicial na qual as disciplinas específicas são ministradas de maneira a apresentar somente a vertente científica, de forma igualmente fragmentada e descontextualizada da experiência cotidiana; uma formação inicial em que as disciplinas pedagógicas têm uma árdua tarefa de tentar fazer uma conexão entre a teoria aprendida nas disciplinas específicas do curso e a prática pedagógica nas salas de aula de uma maneira diferente da qual os estudantes de graduação aprenderam com seus professores especialistas. Construir uma prática pedagógica que possibilite aos alunos do ensino médio a apropriação de conhecimentos científicos nesse contexto é um grande desafio.

É nesse cenário que os formadores de professores e futuros professores terão que organizar seu campo de trabalho e a sua profissionalização. Então, não é somente dizer, é também construir uma nova maneira de organizar, não só o currículo, mas também o modo de operacionalizar esse currículo, introduzindo novas formas de pensar e refletir sobre o que é educar, ensinar e aprender no mundo concreto onde vivemos.

Assim, baseados no papel central da escola na organização dos processos de ensino e aprendizagem dos conhecimentos científicos, concordamos com Millar (2003) quando ele propõe a definição de alguns modelos estruturantes para compor um currículo de Ciências que possa contemplar todos os estudantes. Reconhecendo todas as formas de saber, entendemos que a escola é o local em que o conhecimento científico deve ser ensinado e sistematizado. Esse conhecimento é muito relevante e contribui enormemente para o avanço da humanidade, mas, por outro lado, não pode ser considerado acima dos outros conhecimentos.

O que Millar (2003) propõe é que alguns conhecimentos científicos são considerados fundamentais para o entendimento do mundo, da natureza, dos processos biológicos que ocorrem em organismos e processos físicos e químicos que ocorrem na natureza.

Dentre os modelos sugeridos por Millar, o autor aponta que

> [...] é importante explicitar a ideia de reações químicas em processos biológicos de modo que o estudante possa perceber que a digestão proporciona materiais para a construção de novos tecidos, ou que plantas aumentem seu volume por meio de reações químicas usando materiais naturais do seu ambiente. O ciclo de alguns materiais chave (por exemplo, o oxigênio e o gás carbônico da atmosfera) é também uma ideia importante, que depende de certo nível de compreensão dos processos moleculares/atômicos dentro de (eco) sistemas fechados (MILLAR, 2003, p. 85-86).

Assim, o autor nos fala de um currículo que contextualiza alguns conhecimentos científicos numa base de saber que contempla a vida do estudante e seu cotidiano quando diz:

> Alguns modelos também proporcionam a compreensão básica que é essencial para alcançar os ganchos para temas chave envolvendo aplicações da ciência. Por si só eles não proporcionam tudo que necessitamos saber para ter uma opinião informada sobre o tema; mas sem o conhecimento básico que eles proporcionam é difícil ver como algum conhecimento racional seja possível (MILLAR, 2003, p. 84).

Nesse sentido, compreendemos que o desenvolvimento do conteúdo de fotossíntese e respiração celular pode proporcionar uma compreensão de outros assuntos do currículo de Ciências, funcionando como "elo" para o entendimento de outros conteúdos.

É na direção da contribuição da matriz histórico-cultural que precisamos refletir sobre os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula de Ciências, de modo a considerar a diversidade e a pluralidade das pessoas numa perspectiva inclusiva.

3 PARA ALÉM DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS: UMA PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL

"Repara bem no que eu não digo."
(LEMINSKI)

Neste capítulo apresentamos nosso referencial teórico de pesquisa baseado na perspectiva histórico-cultural, evidenciando as ideias de dois dos principais autores que embasaram esta pesquisa, Vigotski e Bakhtin. Além disso, trazemos para discussão ideias e pesquisas de diversos autores contemporâneos que investigam questões de linguagem baseados na perspectiva histórico-cultural, em salas de aula de Ciências, e que questionam as pesquisas com foco em concepções alternativas por se basearem numa perspectiva do indivíduo e não dos processos sociais.

Até o início dos anos 2000 a ênfase dos estudos na área de educação em Ciências ainda estava centrada numa abordagem individual dos processos de aprendizagem, no entanto, Mortimer e Machado (2001), já apontavam desde esta época que alguns estudos já indicavam que essa abordagem seria "[...] insuficiente para dar conta da complexidade das relações envolvidas no processo de aprendizagem em sala de aula" (MORTIMER; MACHADO, 2001, p. 109). Assim, desde então, autores como Mortimer e Scott (2002, 2003), Roth e Barton (2004), Maheux, Roth e Thom (2010) e Roth (2010a) já vêm desenvolvendo pesquisas no campo da educação em Ciências, apontando a necessidade de aprofundamento em estudos que contemplem uma visão histórico-cultural dos processos de ensino e aprendizagem em sala de aula, uma perspectiva social da ciência que promova a inclusão das pessoas em meio a um mundo diversificado.

Wertsch (1999, p. 10) nos diz que "[...] o foco principal da teoria sociocultural é a forma como o discurso social dá origem ao desenvolvimento do funcionamento mental dos indivíduos". Assim, "[...] desenvolvimento e aprendizagem envolvem uma passagem de contextos sociais para o entendimento individual" (MORTIMER; SCOTT, 2003, p. 25), passagem esta que se realiza no movimento do social para o individual e vice-versa.

No contexto do ensino das Ciências, Mortimer e Machado (2001) apontam que o reconhecimento, pelos professores, da importância da linguagem e das interações discursivas tem sido fator importante para mudanças na prática pedagógica.

Mortimer e Scott (2003) questionam as pesquisas sobre concepções alternativas indagando: por que as concepções alternativas dos alunos são resistentes a mudanças por meio de instrução? Por que alguns tópicos científicos são mais complexos do que outros para ensinar e aprender?

Roth (2010a), apoiado em uma matriz histórico-cultural, nos mostra que muitos dos estudos realizados sobre concepções alternativas no ensino de Ciências como persistentes entre os estudantes se baseiam em uma abordagem do fenômeno do ponto de vista do indivíduo como unidade de análise. Uma abordagem baseada numa psicologia de base individualista. E nesse sentido, este autor argumenta que é preciso articular a psicologia e a sociologia tomando como unidade de análise o discurso e não o indivíduo. Afinal, o indivíduo está inserido em um coletivo e o discurso se dá em um contexto social e cultural.

Então, o discurso não é considerado como de participantes individuais, mas de sujeitos que são coparticipantes durante o processo comunicativo (ROTH, 2010a). Na sala de aula, o discurso é compartilhado entre professor e alunos e entre alunos e alunos.

O problema, segundo Roth (2005), é que os estudos focados em concepções alternativas e conceitos, muitas vezes, desconsideram a cultura dos alunos e seu contexto de vida. Se tomarmos como base a afirmação de Vigotski, de que a formação dos conceitos científicos está inteiramente relacionada aos conceitos espontâneos, é preciso considerar estes no processo. Afinal, o discurso do aluno não é dele, mas é produzido socialmente na interação com o outro.

Souza e Almeida (2002) realizaram um trabalho de investigação acerca do tema fotossíntese no qual um dos objetivos seria ir além das concepções alternativas dos alunos. A partir de uma abordagem compreensiva, as autoras levam em conta o funcionamento da linguagem e os efeitos de sentidos entre interlocutores em seu contexto de produção. Elas defendem que a linguagem não é transparente porque o discurso da ciência não se limita somente a definições e a um vocabulário técnico, mas

também ao funcionamento das palavras que estão imbricadas numa rede de sentidos (CASSIANI, 2014).

Tendo em vista essa perspectiva, na qual conhecer e aprender são dimensões coletivas, consideramos que a abordagem histórico-cultural proposta por Vigotski e Bakhtin pode nos auxiliar a compreender como se conhece e se aprende a partir de processos interativos e discursivos.

3.1 Vigotski e Bakhtin

Vigotski, em seus estudos, parte de uma hipótese fundamental de que as funções mentais superiores são socialmente formadas e culturalmente produzidas; a linguagem é um processo extremamente pessoal e, ao mesmo tempo, profundamente social. Nesse sentido, Vigotski concebe como intrinsecamente dialéticas as relações entre o indivíduo e a sociedade, entre o biológico e o cultural e entre o pensamento e a linguagem.

Para o autor, a palavra do outro enquanto signo linguístico atua como mediadora da consciência à medida que veicula significados e sentidos. Vigotski (2009) interessou-se pelo estudo do significado da palavra viva no ato da comunicação, principalmente o pensamento verbal na formação de conceitos. A palavra funciona como um signo mediador possuindo papel de meio na formação de um conceito. Como dito anteriormente, para Vigotski, a linguagem é um processo extremamente pessoal e, ao mesmo tempo, um processo profundamente social. A linguagem, assim, possui um papel mediador nos processos interativos humanos e no desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

Vigotski (2009) nos fala que tomando a palavra no seu aspecto interno podemos encontrar a unidade de análise entre pensamento e linguagem: o significado. Em suas palavras,

> [...] porque é justamente no significado que esta o nó daquilo que chamamos pensamento verbalizado. [...] sem significado a palavra não é palavra, mas som vazio. Privada de significado, ela já não pertence ao reino da linguagem (VIGOTSKI, 2009, p. 9-10).

Dessa forma, o autor continua:

> O significado é ao mesmo tempo linguagem e pensamento porque é uma unidade do pensamento verbalizado. Sendo assim, fica evidente que o método de investigação do problema não pode ser outro senão o método de análise semântica, da análise do sentido da linguagem, do significado da palavra (VIGOTSKI, 2009, p. 10).

A linguagem humana enquanto meio de comunicação, enunciação e compreensão surgiu da necessidade de interação no processo de trabalho. A interação e a comunicação pressupõem desenvolvimento do significado da palavra e sua generalização pelo sujeito. Vigotski (2009) cita Tolstói para nos dizer que muitas vezes não é a palavra que é incompreensível, mas o conceito que ela exprime. E afirma que:

> [...] a palavra está quase sempre pronta quando está pronto o conceito. Por isso há todos os fundamentos para considerar o significado da palavra não só como unidade do pensamento e da linguagem, mas também como unidade de generalização e da comunicação, da comunicação e do pensamento (VIGOTSKI, 2009, p. 12).

Assim, verifica-se a necessidade de compreendermos o significado da palavra como unidade de análise que não se decompõe, como nos diz Vigotski (2009, p. 13), citando Sapir, quando o mesmo considera "[...] o significado da palavra como símbolo do conceito e não da percepção indivisa".

Com relação ao papel do outro nesse processo, Pino (2000) nos diz que, na concepção de Vigotski, o outro não é um simples mediador instrumental. A mediação do outro tem um sentido profundo que faz dele a condição do desenvolvimento. Em suas palavras,

> [...] o desenvolvimento cultural é o processo pelo qual o mundo adquire significação para o indivíduo, tornando-se um ser cultural. Fica claro que a significação é a mediadora universal nesse processo e que o portador dessa significação é o outro, lugar simbólico da humanidade histórica (PINO, 2000, p. 67).

Pino (2000) acrescenta que o processo de significação é produzido pela palavra do outro e que o objeto a ser internalizado é a significação das coisas e não as coisas em si mesmas.

> Portanto o que é internalizado das relações sociais não são as relações materiais, mas a significação que elas têm para as pessoas. Significação que emerge na própria relação. Dizer que o que é internalizado é a significação dessas relações equivale a dizer que o que é internalizado é a significação que o outro da relação tem para o eu; o que, no movimento dialético da relação, dá ao eu as coordenadas para saber quem é ele, que posição social ocupa e o que se espera dele. Dito de outra forma é pelo outro que o eu se constitui em um ser social com sua subjetividade. Se o que internalizamos das relações sociais é a significação que o outro da relação tem para o eu, esta significação vem através desse mesmo outro. O outro passa a ser assim, ao mesmo tempo, objeto e agente do processo de internalização, ou seja, o que é internalizado e o mediador que possibilita a internalização (PINO, 2000, p. 67).

O autor esclarece ainda que a significação se configura na relação, no contexto interativo. Essa discussão que Pino faz sobre significação auxilia na compreensão das contribuições de Vigotski para a discussão acerca da formação de conceitos.

Segundo Vigotski (2009), os conceitos são formados em dois níveis: conceitos cotidianos ou espontâneos e conceitos científicos. Enquanto os primeiros são fruto de construções culturais, de atividades práticas internalizadas pelos indivíduos ao longo de seu processo de desenvolvimento, os segundos, conceitos científicos, são adquiridos por meio do ensino, como parte de um sistema organizado de conhecimentos.

A formação dos conceitos científicos envolve, desde o início, uma ação mediada organizada e intencional em relação ao objeto e, por isso, implica uma atitude de consciência e controle do sujeito, que deve dominar seu conteúdo ao nível de sua definição e de suas relações com outros conceitos.

Essa formação dos conceitos científicos, o último estágio do desenvolvimento conceitual, é resultado da interferência direta da escolarização formal no desenvolvimento psicológico da criança. Segundo Vigotski (2009), a instrução escolar pode atuar sobre o pensamento perceptual concreto e descontextualizado da criança, organizando-o em configurações semânticas próprias do pensamento científico.

É no sentido da importância da escolarização formal e do papel do professor como mediador na construção do conhecimento sistematizado de elaboração conceitual que Goes (2008) se remete a Vigotski naquilo que este autor chama de ensino fecundo. Segundo Goes (2008, p.2), o autor denomina ensino fecundo como aquele que propicia aprendizagens que "transformam modos de pensamento, elevando os níveis de generalidade e de sistematicidade dos conhecimentos". Para o autor um "bom ensino" é aquele que se adianta ao desenvolvimento do aluno, atuando em sua zona de desenvolvimento proximal, permitindo o desenvolvimento de processos psicológicos emergentes (Vigotski, 1991).

Vigotski (2009) afirma que apesar de os conceitos científicos e espontâneos se desenvolverem em direções opostas, seus processos estão intimamente ligados, um abrindo caminho para o desenvolvimento do outro. Nas palavras do autor,

> [...] independente de falarmos do desenvolvimento dos conceitos científicos ou espontâneos, trata-se do desenvolvimento de um processo único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas, mas continua indiviso por sua natureza e não se constitui da luta, do conflito e do antagonismo entre duas formas de pensamento que desde o início se excluem (VIGOTSKI, 2009, p. 261).

Vigotski compreende que o desenvolvimento dos conceitos científicos ou espontâneos é um processo único de formação de conceitos que apesar de se realizarem em condições diferentes não se constituem de conflito. Na realidade, o autor considera que

> [...] o problema dos conceitos não-espontâneos e, particularmente, dos conceitos científicos é uma questão de ensino e desenvolvimento, uma vez que os conhecimentos espontâneos tornam possível o próprio fato do surgimento desses conceitos a partir da aprendizagem, que é a fonte do seu desenvolvimento (VIGOTSKI, 2009, p. 296).

Assim, se o desenvolvimento dos conceitos científicos implica ensino e desenvolvimento, Vigotski (2009) parte da tese de que os processos de aprendizagem e desenvolvimento não são dois processos independentes ou o mesmo processo, e que existem entre eles relações complexas. A aprendizagem se apoia em processos psíquicos imaturos que apenas estão iniciando o seu círculo primeiro e básico de desenvolvimento; diante disso, Vigotski nos diz que o aprendizado das matérias escolares não começa no momento que as funções psíquicas estão maduras, mas que a

imaturidade delas é lei geral e fundamental. O pensamento ainda está imaturo no início do processo de aprendizagem. Dessa forma, a aprendizagem está sempre adiante do desenvolvimento e sempre há discrepância, e nunca paralelismo, entre o processo de aprendizagem escolar e o desenvolvimento das funções correspondentes.

> O processo letivo tem sua própria seqüência, sua lógica e sua organização, segue um currículo e um horário, e seria o maior dos equívocos supor que as leis externas da estruturação desse processo coincidem inteiramente com as leis internas de estruturação dos processos de desenvolvimento desencadeados pela aprendizagem (VIGOTSKI, 2009, p. 322).

Assim, o êxito de um aluno em determinada matéria escolar em um período não significa que no seu desenvolvimento interior esse aluno obteve os mesmos êxitos, porque o curso do desenvolvimento não necessariamente coincide com o curso da aprendizagem.

> [...] o desenvolvimento não se subordina ao programa escolar, tem sua própria lógica. Desenvolvimento e aprendizagem apesar de processos interligados se desenvolvem em ritmos diferentes, cada um deles de modo próprio (VIGOTSKI, 2009, p. 323).

Continuando sua argumentação, o autor diz que o desenvolvimento consiste na progressiva tomada de consciência dos conceitos e operações do próprio pensamento. Mas, como acontece esse processo de "aquisição da consciência" dos conceitos?

> A tomada de consciência se baseia na generalização dos próprios processos psíquicos, que redunda em sua apreensão. Nesse processo manifesta-se em primeiro lugar o papel decisivo do ensino. Os conceitos científicos - com sua relação inteiramente distinta com o objeto - mediados por outros conceitos - com seu sistema hierárquico interior de inter-relações - são o campo em que a tomada de consciência dos conceitos, ou melhor, a sua generalização e a sua apreensão parecem surgir antes de qualquer coisa. Assim, surgida em um campo do pensamento, a nova estrutura da generalização, como qualquer estrutura, é posteriormente transferida como um princípio de atividade sem nenhuma memorização para todos os outros campos do pensamento e dos conceitos. Desse modo, a tomada de consciência passa pelos portões dos conceitos científicos (VIGOTSKI, 2009, p. 290).

Vemos que a tomada de consciência do conceito implica uma atividade mental complexa, caracterizada pela possibilidade de generalização dos processos psíquicos envolvidos na formação do conceito. Se a tomada de consciência passa pelos conceitos científicos, Vigotski nos diz também que só no sistema o conceito pode adquirir as potencialidades de conscientizáveis e a arbitrariedade. Os conceitos estão

sempre relacionados e a própria natureza de cada conceito particular já pressupõe a existência de um determinado sistema de conceitos, fora do qual não pode existir. "Por ser científico pela própria natureza, o conceito científico pressupõe seu lugar definido no sistema de conceitos, lugar esse que determina a sua relação com outros conceitos" (VIGOTSKI, 2009, p. 293).

Nesse sentido, Vigotski (2009) nos diz que a causa da não conscientização dos conceitos está na ausência de sistematicidade dos conceitos científicos. Assim, é possível compreender que a tomada de consciência dos conceitos se realiza por meio da formação de um sistema de conceitos, que se desenvolve a partir de uma prática pedagógica que permita ao aluno a compreensão dos processos psíquicos envolvidos na formação desse conceito, bem como da aproximação com conteúdos que permitem a formação do conceito científico em foco. E é nesse sistema de conceito que está a chave para o entendimento de como se processa essa tomada de consciência.

Por outro lado, Vigotski nos diz que:

> O sistema e a tomada de consciência a ele vinculada não são trazidos de fora para o campo dos conceitos infantis, deslocando o modo próprio da criança de informar e de empregar conceitos, mas que esse sistema e essa tomada de consciência já pressupõem a existência de conceitos infantis bastante ricos e maduros, sem os quais a criança não dispõe daquilo que deve tornar-se objeto de sua tomada de consciência e de sua sistematização (VIGOTSKI, 2009, p. 293).

Nesse caminho, o conceito espontâneo faz a mediação entre o novo conceito científico e o objeto a que tal conceito se refere. "[...] o conceito espontâneo, ao colocar-se entre o conceito científico e o seu objeto, adquire toda uma variedade de novas relações com outros conceitos e ele mesmo se modifica em sua relação com o objeto" (VIGOTSKI, 2009, p. 358).

O autor ressalta que a formação dos conceitos científicos e dos espontâneos não termina, mas apenas começa, no momento em que o indivíduo assimila pela primeira vez um significado ou termo novo, que é veículo do conceito científico. No entanto, os momentos iniciais de formação tanto dos conceitos científicos quanto dos espontâneos são distintos.

> O desenvolvimento do conceito científico começa justamente pelo que ainda não foi plenamente desenvolvido nos conceitos espontâneos ao longo de toda a idade escolar. Começa habitualmente pelo trabalho com o próprio conceito como tal, pela definição verbal do conceito, por operações que pressupõem a aplicação não espontânea desse conceito. Os conceitos científicos começam sua vida pelo nível que o conceito espontâneo da criança ainda não atingiu em seu desenvolvimento (VIGOTSKI, 2009, p. 345).

Assim, o desenvolvimento dos conceitos espontâneos da criança interfere na formação e consolidação dos conceitos científicos. Por outro lado, os conceitos espontâneos dependem, em seu desenvolvimento, do conceito científico.

> [...] em seus conceitos espontâneos a criança chega relativamente tarde a tomar consciência do conceito, da definição verbal do conceito [...]. Tem o conceito do objeto e a consciência do próprio objeto representado nesse conceito, mas não tem consciência do próprio conceito, do ato propriamente dito de pensamento através do qual concebe esse objeto [...] (VIGOTSKI, 2009, p. 345).

Se concebermos esquematicamente que os conceitos científicos e espontâneos se desenvolvem como duas linhas que seguem sentidos opostos, uma em direção a outra, podemos dizer que os conceitos científicos se desenvolvem de cima para baixo, das propriedades superiores para as inferiores, e os conceitos espontâneos se desenvolvem de baixo para cima, das propriedades mais simples para as superiores. E podemos dizer que isso se caracteriza pelo modo como cada tipo de conceito se relaciona ao objeto.

> [...] a primeira gestação do conceito espontâneo costuma estar vinculada ao choque imediato da criança com estes ou aqueles objetos [...] trata-se de objetos vivos e reais. [...] A gestação de um conceito científico, ao contrário, não começa pelo choque imediato com os objetos, mas pela relação mediada com os objetos (VIGOTSKI, 2009, p. 348).

Sendo assim, o caminho da formação dos conceitos espontâneos segue uma via do objeto para o conceito e na formação dos conceitos científicos o caminho é inverso, do conceito para o objeto. A citação abaixo nos explica detalhadamente como os conceitos científicos e espontâneos se desenvolvem um em relação ao outro e como os conceitos espontâneos precisam atingir um determinado nível de seu desenvolvimento para que seja possível ocorrer a supremacia do conceito cientifico sobre o espontâneo:

> O conceito espontâneo, que passou de baixo para cima por uma longa história em seu desenvolvimento, abriu caminho para que o conceito científico continuasse a crescer de cima para baixo, uma vez que criou uma série de estruturas indispensáveis ao surgimento de propriedades inferiores e elementares do conceito. De igual maneira, o conceito científico, que percorreu certo trecho do seu caminho de cima para baixo, abriu caminho para o desenvolvimento dos conceitos espontâneos, preparando de antemão uma série de formações estruturais indispensáveis à apreensão das propriedades superiores do conceito. Os conceitos científicos crescem de cima para baixo através dos espontâneos. Estes abrem caminho para cima através dos científicos. [...] O conceito espontâneo deve atingir certo nível de seu desenvolvimento espontâneo para que seja possível descobrir a supremacia do conceito científico sobre ele (VIGOTSKI, 2009, p. 349-350).

Ao passo que os conceitos espontâneos[13] são fortes no campo da experiência, os conceitos científicos apresentam seu desenvolvimento inicial no campo da consciência e da arbitrariedade. E depois continuam adiante, crescendo de cima para baixo no campo da experiência pessoal e da concretude.

O conceito científico não reflete o objeto em sua manifestação externa como conceito empírico e, por isso, sua relação com o objeto só é possível no conceito, na relação com outros conceitos, ou seja, num sistema de conceitos. Assim, todo conceito deve ser tomado em relação ao conjunto de conceitos do sistema.

> O sistema primário que surge no campo dos conceitos científicos é transferido estruturalmente também para o campo dos conceitos espontâneos, reconstruindo-os e modificando-lhes a natureza interna como que de cima para baixo. Ambas as coisas (a dependência dos conceitos científicos em face dos espontâneos e a influência inversa daqueles sobre estes) decorrem da relação original desse conceito científico com o objeto, relação esta que, como já dissemos, tem como peculiaridade ser mediada por outro conceito e incorporar, simultaneamente com a relação com o objeto, também a relação com outro conceito, isto é, incorporar os elementos primários do sistema de conceitos (VIGOTSKI, 2009, p. 293).

Vigotski nos diz que todo conceito é uma generalização e implica a possibilidade de situar um dado conceito num sistema de conceitos mais amplo, o qual envolve relação com outros conceitos, sendo alguns de um nível maior de generalidade.

[13] Segundo Goes (2008, p.3) "quando se diz que o conhecimento cotidiano não é sistematizado, não decorre a ideia de que ele esteja imerso em "relações desorganizadas"; trata-se de relações que se organizam por critérios mais ligados à percepção e à vivência. (...) O trabalho de significação no espaço escolar parte dos conhecimentos constituídos nas vivências, que se tornam eles mesmos passíveis de sistematização ou que sustentam a formação de novos conhecimentos. Entretanto, as vivências não podem ser vistas como característica apenas do conceito cotidiano, como se elas fossem antítese do conceito científico. (...) os níveis de alta generalidade ou abstratos precisam ganhar impregnação das vivências, ou ficarão apenas "abstratos".

A generalização é ao mesmo tempo tomada de consciência e sistematização de conceitos. O autor também nos diz que a relação entre um conceito e outro é uma relação de generalidade. Nas palavras do autor:

> Se a tomada de consciência significa generalização, então é evidente que a generalização, por sua vez, não significa nada senão formação de um conceito superior em cujo sistema de generalização foi incluído um determinado conceito como caso puro. Mas se depois desse conceito surge um conceito superior, ele pressupõe necessariamente a existência não de um, mas de uma série de conceitos co-subordinados, com os quais esse conceito está em relações determinadas pelo sistema do conceito superior, sem o que esse conceito superior não seria superior em relação ao outro. Esse mesmo conceito superior pressupõe simultaneamente, uma sistematização hierárquica até dos conceitos inferiores àquele conceito e a ele subordinados com os quais ele torna a vincular-se através de um sistema de relações inteiramente determinado. Desse modo, a generalização de um conceito leva a localização de dado conceito em um determinado sistema de relações de generalidade, que são os vínculos fundamentais mais importantes e mais naturais entre os conceitos. Assim, generalização significa ao mesmo tempo tomada de consciência e sistematização de conceitos (VIGOTSKI, 2009, p. 292).

Tomando como exemplo os conceitos de fotossíntese e respiração celular, podemos compreender como o conceito de fotossíntese se configura, em um primeiro momento, como um conceito superior ao requerer para sua formação uma série de conceitos cossubordinados, como os conceitos de água, gás carbônico, energia luminosa, glicose e oxigênio. Assim, dentro do sistema de conceitos, fotossíntese, como conceito superior, possui conceitos cossubordinados numa relação pré-determinada. No entanto, fotossíntese passa a ser um conceito subordinado à medida que é utilizado dentro do sistema para a formação do conceito de respiração celular. E se dentro do sistema os conceitos de fotossíntese e respiração celular forem utilizados para explicar os ciclos da água, do carbono e do oxigênio, eles passam a ser subordinados aos desses três ciclos.

Até aqui Vigotski nos diz que: (i) todo conceito é uma generalização; (ii) generalização significa ao mesmo tempo tomada de consciência dos processos psíquicos envolvidos na formação do conceito e sistematização desse conceito; (iii) a formação dos conceitos espontâneos e dos conceitos científicos faz parte de um mesmo processo de formação de conceitos que, apesar de se desenvolverem em direções opostas, são processos interligados à medida que um abre o caminho para o desenvolvimento do outro; (iv) somente dentro de um sistema é que o indivíduo pode adquirir a tomada de

consciência desses conceitos e seu processo de formação; (v) no momento de apropriação de algum conceito científico, o desenvolvimento desse conceito não termina, mas apenas começa; (vi) a grande importância dos conceitos científicos é que eles antecipam o caminho do desenvolvimento; (vii) a curva do desenvolvimento não coincide com a curva do aprendizado do programa escolar; (viii) a aprendizagem está à frente do desenvolvimento.

A aprendizagem está à frente do desenvolvimento porque

> [...] existe um processo de aprendizagem; ele tem a sua estrutura interior, a sua seqüência, a sua lógica de desencadeamento; e no interior, na cabeça de cada aluno que estuda, existe uma rede subterrânea de processos que são desencadeados e se movimentam no curso da aprendizagem escolar e possuem a sua lógica de desenvolvimento (VIGOSTSKI, 2009, p. 325).

É por isso que Vigotski argumenta que a curva do aprendizado do programa escolar não coincide com a curva do desenvolvimento e que a aprendizagem está à frente do desenvolvimento. E, assim, compreendemos por que os conceitos científicos possuem uma grande importância para o desenvolvimento do pensamento da criança, já que a apreensão de um conceito científico antecipa o caminho do desenvolvimento.

As contribuições de Vigotski nos ajudam a pensar a constituição desta pesquisa, conforme compreendemos que:

a) Os conceitos de fotossíntese e respiração celular são conceitos que para se constituírem, ou seja, para se formarem, como conceitos científicos, precisam da ajuda dos conceitos cotidianos. Nessa direção, entendemos que compreender como os alunos pensam sobre processos relacionados a esses conceitos, por meio do levantamento de suas hipóteses, isto é, por meio de sua linguagem cotidiana, pode nos ajudar no processo de formação dos conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular.

b) Os conceitos de fotossíntese e respiração celular se constituem dentro de um sistema de conceitos, uma rede de outros conceitos que estão associados a eles.

c) Quando o professor ensina esses conceitos pela primeira vez aos alunos, o processo de apropriação somente se inicia, ou seja, esses conceitos começam a ganhar vida. O processo só começa e não termina naquele momento. Isso porque a aprendizagem antecede o desenvolvimento.

d) No curso do desenvolvimento é que o aluno vai se apropriando dos conceitos

científicos, à medida que ele vai se apropriando do discurso científico e tomando-o como seu.

Para compreendermos o contexto enunciativo em que se desenvolvem os conceitos científicos, vamos trazer para este texto as contribuições de Bakhtin acerca dos processos de signficação.

Assim como Vigotski, Bakhtin também se interessou pelo estudo da palavra. Ele nos diz que a compreensão da palavra do outro (enunciado, produção verbal) implica entrar em seu universo discursivo. O autor destaca que a palavra do outro impõe ao homem a tarefa de compreendê-la e que o fato de o ser humano ser dotado de um mundo constituído de suas palavras representa o fato primário da consciência humana.

Bakhtin (2009) compreende que a palavra é o signo ideológico por excelência. Considerando que todo signo é ideológico e é por natureza vivo e móvel, e que representa um fenômeno do mundo exterior, o autor afirma que a palavra é um signo neutro em relação a qualquer função ideológica específica e pode preencher qualquer espécie de função ideológica: estética, científica, moral, religiosa.

Segundo Bakhtin, o que faz da palavra uma palavra é a sua significação. Entendendo a significação como função do signo, ele afirma que significação não é uma coisa e não pode ser isolada do signo como se fosse uma realidade independente. Para que os signos possam se constituir, eles precisam aparecer em um terreno interindividual, num determinado contexto histórico e cultural. Signo e situação social estão indissoluvelmente ligados.

A palavra configura-se como discurso interior, funcionando como instrumento da consciência.

> Os signos só emergem, decididamente, do processo de interação entre uma consciência individual e uma outra. E a própria consciência individual está repleta de signos. A consciência só se torna consciência quando se impregna de conteúdo ideológico (semiótico) e, conseqüentemente, somente no processo de interação social (BAKHTIN, 2009, p. 34).

É nesse processo de comunicação ininterrupto que a enunciação se constitui enquanto elemento do diálogo, enquanto unidade básica da língua. Diálogo é entendido aqui em sentido amplo como todo tipo de comunicação verbal, comunicação esta que só

pode ser compreendida vinculada a uma situação concreta. O diálogo se configura como uma das formas mais importantes da interação verbal. E a interação verbal, enquanto fenômeno social, se delineia por meio da enunciação. Assim, a enunciação, processo de produção de enunciado, é compreendida como uma réplica do diálogo social, como unidade básica da língua, como discurso interior e exterior, e por isso só existe no contexto social. O papel da linguagem, sua função, está associado à interação verbal (BAKHTIN, 2009).

O enunciado é a real unidade da comunicação discursiva, que se configura em uma situação social delimitada (uma pregação religiosa, um discurso político, uma aula, etc.) e com a participação de falantes que ocupam lugares específicos e socialmente marcados nessa situação social (o pastor, o fiel, o aluno, o professor, etc). Diante disso, Bakhtin (2011, p. 283) defende que "[...] aprender a falar significa aprender a construir enunciados". Esses enunciados são definidos, segundo Bakhtin (2011, p. 275):

1 - Pela alternância de sujeitos do discurso, ou seja, pela alternância dos falantes;

2 - Pela conclusibilidade específica do enunciado na qual há a possibilidade de responder a ele (compreensão responsiva).

Além disso, Bakhtin nos diz que cada enunciado particular é individual, mas que cada campo de utilização da língua elabora os chamados gêneros do discurso, que são tipos relativamente estáveis de enunciados. Esses gêneros do discurso apresentam uma riqueza e uma diversidade infinita, sendo que a heterogeneidade dos gêneros do discurso oral e escrito é muito grande. Bakhtin identifica dois tipos de gêneros discursivos: primários (simples) e secundários (complexos).

O autor apresenta as pesquisas científicas como gênero discursivo complexo e nos diz que no processo de formação dos gêneros discursivos secundários há a incorporação e reelaboração de diversos gêneros discursivos primários que se formam "[...] nas condições da comunicação discursiva imediata. Esses gêneros primários, que integram os complexos, aí se transformam e adquirem um caráter especial: perdem o vínculo imediato com a realidade concreta e os enunciados reais alheios" (BAKHTIN, 2011, p. 263). Assim, torna-se fundamental a compreensão da natureza do enunciado em geral e das particularidades dos diversos tipos de enunciados (primários e secundários).

Bakhtin determina que em cada época da evolução da linguagem literária, um determinado gênero do discurso deu o tom. Dentre os secundários, colocamos os gêneros literários, publicísticos, científicos; e, entre os primários, os tipos de diálogo oral, como de salão, íntimo, de círculo, familiar-cotidiano, sociopolítico, filosófico, etc.

Em relação ao gênero do discurso científico, Bakhtin destaca que este faz parte do gênero secundário (complexo), e o gênero do discurso cotidiano faz parte do gênero primário. Podemos entender que para a formação do gênero do discurso científico (secundário-complexo) precisamos da incorporação e reelaboração de componentes do gênero do discurso cotidiano (primário-simples) nas condições da comunicação discursiva imediata.

Se considerarmos que o enunciado, como unidade de comunicação discursiva, "[...] é um elo na corrente complexamente organizada de outros enunciados" (BAKHTIN, 2011, p. 272), entenderemos que tanto elos precedentes como subsequentes da comunicação discursiva levam em conta as atitudes responsivas do outro. Dessa forma, o papel do outro no enunciado que se constrói é fundamental, pois este não é um ouvinte passivo, mas ativo no processo de comunicação discursiva. Além disso, nosso discurso, isto é, todos os nossos enunciados, é pleno de palavras do outro. Os enunciados têm autor e destinatário (um outro definido ou indefinido), são endereçados a alguém e tomam como referência esse outro para quem ele é produzido.

Dois elementos determinam o texto como enunciado: a sua ideia (intenção) e a realização dessa intenção.

> Por trás de cada texto está o sistema da linguagem. A esse sistema corresponde no texto tudo o que é repetido e reproduzido e tudo o que pode ser repetido e reproduzido, tudo o que pode ser dado fora de tal texto (o dado). Concomitantemente, porém, cada texto (como enunciado) é algo individual, único e singular, e nisso reside todo seu sentido (sua intenção em prol da qual ele foi criado) (BAKHTIN, 2011, p. 310).

Por isso, Bakhtin nos diz que o enunciado, enquanto um todo, só se realiza no curso da comunicação verbal.

> Compreender a enunciação de outrem significa orientar-se em relação a ela, encontrar o seu lugar adequado no contexto correspondente. A cada palavra da enunciação que estamos em processo de compreender, fazemos

> corresponder uma série de palavras nossas, formando uma réplica. Quanto mais numerosas e substanciais forem, mais profunda e real é a nossa compreensão. Assim, cada um dos elementos significativos isoláveis de uma enunciação e a enunciação toda são transferidos nas nossas mentes para um outro contexto, ativo e responsivo (BAKHTIN, 2009, p. 137).

Entendendo a *compreensão* como elemento fundamental no diálogo, o autor nos diz que quando o locutor opõe a sua palavra a uma contrapalavra, quando ele situa a palavra do outro em relação a uma série de outras palavras tornadas próprias, ocorre o fenômeno da compreensão. Assim, a significação implica o processo de compreensão ativa e responsiva.

> A significação não está na palavra nem na alma do falante, assim como também não está na alma do interlocutor. Ela é o efeito da *interação do locutor e do receptor produzido através do material de um determinado complexo sonoro*. É como uma faísca elétrica que só se produz quando há contato dos dois pólos opostos. Aqueles que ignoram o tema (que só é acessível a um ato de compreensão ativa e responsiva) e que, procurando definir o sentido de uma palavra, atingem o seu valor inferior, sempre estável e idêntico a si mesmo, é como se quisessem acender uma lâmpada depois de terem cortado a corrente. Só a corrente da comunicação verbal fornece à palavra a luz da sua significação (BAKHTIN, 2009, p. 137).

Dessa forma, somente por meio da comunicação verbal a palavra adquire a sua significação. Significação entendida como processo de produção de signos e de sentidos. É na interação verbal que o texto (como enunciado) situado em relação a um contexto adquire sua significação. É no fluxo da interação verbal que se constituem os sentidos. E se os sentidos se constituem a partir de um determinado contexto, que se modifica dependendo do grupo social, então cada um desses grupos sociais podem construir, dentro de certos limites, diferentes sentidos, "[...] diferentes formas de perceber, de pensar e de sentir" uma dada realidade, como nos diz Soares (2001, p. 60).

Bakhtin (2009) enfoca o conceito linguístico de *sentido* e não de *significado*, porque ao trabalhar com a categoria de diálogo, o autor nos diz que somente o sentido responde a perguntas, e o significado não, e, por isso, fica fora do diálogo. Para compreender os sentidos advindos do processo de comunicação dialógica, primeiro temos que saber o que é sentido. Bakhtin (2011) chama de sentido ao que é resposta a uma pergunta, pois o que não responde a nada se separa do diálogo.

Segundo o autor:

> O sentido é potencialmente infinito, mas pode atualizar-se somente em contato com outro sentido (do outro), ainda que seja com uma pergunta do discurso interior do sujeito da compreensão. Ele deve sempre contatar com outro sentido para revelar os novos elementos da sua perenidade (como a palavra revela os seus significados somente no contexto). Um sentido atual não pertence a um (só) sentido, mas tão somente a dois sentidos que se encontram e se contataram. Não pode haver "sentido em si" – ele só existe para outro sentido, isto é, só existe com ele. Não pode haver um sentido único (um). Por isso não pode haver o primeiro nem o último sentido, ele está sempre situado entre os sentidos, é um elo na cadeia dos sentidos, a única que pode existir realmente em sua totalidade. Na vida histórica essa cadeia cresce infinitamente e por isso cada elo seu isolado se renova mais e mais, como que torna a nascer (BAKHTIN, 2011. p. 382).

Dessa forma, o sentido se produz na interação com o outro num dado contexto histórico e cultural, num processo dialógico que se atualiza permanentemente. O sentido, então, não é único, finito ou invariável e sim um elo que se reconstrói permanentemente na interação com o outro.

Na tentativa de compreender a interação com a palavra do outro, durante o processo da comunicação dialógica, não pode haver dissociação entre sujeito e objeto, pois é durante a interação dialógica que o objeto se transforma em sujeito do processo (em outro eu) (BAKHTIN, 2011).

Dessa maneira, nos reportamos a Bakhtin quando este nos fala sobre sentido e liberdade do ser:

> O objeto das ciências humanas é o ser expressivo e falante. Esse ser nunca coincide consigo mesmo e por isso é inesgotável em seu sentido e seu significado [...] "A alma nos fala livremente de sua imortalidade, porém não podemos prová-la. As ciências procuram o que permanece imutável em todas as mudanças (as coisas ou as funções)." A formação do ser é uma formação livre. Nessa liberdade podemos comungar, no entanto, não a podemos tolher com um ato de conhecimento (material) (BAKHTIN, 2011, p. 395).

Fazendo um paralelo dessa citação com a aprendizagem dos estudantes, percebemos com mais clareza que as ciências procuram aquilo que permanece estático, imutável em meio à mudança, e que isso não é possível nas ciências humanas porque o ser humano é sempre incompleto, sempre inacabado, sempre em processo de mudança. O fato é que o conhecimento científico também não é estático ou imutável, mas na escola o que se apresenta aos alunos é uma concepção de conhecimento científico estático e imutável. E isso não é possível porque os sentidos estão sempre sendo reconstruídos, sendo atualizados, a partir das relações que se estabelecem nos mais

diversos contextos. Os sentidos possuem uma dimensão histórica à proporção que são datados. Os sentidos de hoje poderão ser outros amanhã, pois se atualizam permanentemente.

Em uma situação de sala de aula, professor e estudante estão em interação, mesmo que o professor esteja ocupando um lugar "central" no discurso, na condição de "falante", e o aluno, na condição de "ouvinte".

> [...] ao perceber e compreender o significado (lingüístico) do discurso ocupa simultaneamente em relação a ele uma ativa posição responsiva: concorda ou discorda dele (total ou parcialmente), completa-o, aplica-o, prepara-se para usá-lo, etc. Essa posição responsiva do ouvinte se forma ao longo de todo o processo de audição e compreensão desde o seu início, às vezes literalmente a partir da primeira palavra do falante. Toda compreensão da fala viva, do enunciado vivo é de natureza ativamente responsiva: toda compreensão é prenhe de resposta e nessa ou naquela forma a gera obrigatoriamente: o ouvinte se torna falante. A compreensão passiva do significado do discurso ouvido é apenas um momento abstrato da compreensão ativamente responsiva real e plena, que se atualiza na subseqüente resposta em voz real alta (BAKHTIN, 2011, p. 271).

Bakhtin (2011) nos fala também que essa resposta em voz alta não é sempre imediata, mas que pode também ser uma compreensão responsiva silenciosa, de efeito retardado: "[...] cedo ou tarde o que foi ouvido e ativamente entendido responde nos discursos subseqüentes ou no comportamento do ouvinte" (BAKHTIN, 2011, p. 271).

Assim, entendendo o papel do outro (ou dos outros) no processo de formação dos sentidos e da palavra como signo mediador na interação verbal, tomamos o conceito de ação mediada, desenvolvido por Wertsch (1999), como um componente importante do quadro teórico deste trabalho, situado no contexto das relações de ensino.

3.2 Ação mediada intencional nas relações de ensino

Nesta sessão trazemos as ideias de Wertsch com relação ao conceito de ação mediada, que é um conceito central nesta pesquisa. A ação mediada é tratada por Wertsch a partir das ideias de Vigotski sobre mediação e das ideias de Bakhtin sobre apropriação, discurso de autoridade e interação discursiva. Wertsch traz para a cena a importância central dos agentes que operam com ferramentas culturais no contexto das

relações de ensino e aprendizagem, evidenciando também a importância da interação nesse processo. E para caracterizar a ação mediada, o autor enumera dez afirmações que são fundamentais para a compreensão dessa ação no contexto das relações de ensino.

Ao tratarmos da ação mediada nas relações de ensino, pretendemos evidenciar que o processo ensino e aprendizagem ocorre situado no que Wertsch (1999) chama de "caminho do meio", ou seja, na interação entre os indivíduos (agentes) e os instrumentos mediacionais, isto é, as ferramentas culturais. É nossa intenção evidenciar ainda que, na prática educativa essa ação mediada adquire um caráter intencional, envolvendo, portanto objetivos explícitos e planejamento educativo. Ainda que toda a ação seja mediada, no ensino escolar entendemos que essa ação adquire contornos específicos, considerando os objetivos da escola no que diz respeito à apropriação de conhecimentos pelos alunos.

Segundo Wertsch (1999), instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais[14] são meios mediacionais com os quais os agentes (indivíduos) operam durante a ação. Esses instrumentos ou ferramentas, apesar de possuírem uma materialidade, podem ser caracterizados na ação mediada como materiais (um experimento, por exemplo) ou imateriais (a linguagem falada). No entanto, para que esses instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais possam ser configurados como meios mediacionais, é necessário um agente que saiba operar com eles.

O autor aponta que é fundamental na análise da ação mediada examinar os agentes e as ferramentas culturais em interação. No caso desta pesquisa, o contexto é a sala de aula, durante aulas de Biologia para a 1ª série do ensino médio, e nosso foco é o processo interativo entre a professora, seus alunos e o conhecimento. A ação mediada, assim, centra-se na interação entre os envolvidos (agentes) e os instrumentos mediacionais utilizados na construção do conhecimento.

Para Wertsch, compreender os fenômenos humanos em termos de interações é um desafio necessário porque a análise na perspectiva individual é limitada. Apesar de o autor reconhecer que existe, na ação, uma dimensão psicológica individual, ele nos diz que essa dimensão individual não existe como uma entidade independente, isolada. É

[14] Ferramentas culturais e instrumentos mediacionais são termos utilizados como sinônimos ao longo do texto.

possível focar no momento individual da ação, mas evidenciando, a todo o momento, sua relação com o contexto sociocultural.

Nessa perspectiva, Wertsch (1999) defende a ação mediada como unidade de análise porque se propõe a não dissociar indivíduo e sociedade. O autor argumenta que esses termos não estão em oposição em uma investigação e por isso não possuem existência independente. Dessa forma, é necessário compreender o contexto que permeia a ação humana e seu caráter mediado.

Para compreender esse contexto, o autor apresenta cinco termos como ferramentas: *ato, cena, agente, agência* e *propósito*. Citando Burke (1969, p. xv), Wertsch (1999, p. 34) argumenta:

> Em uma afirmação cabal dos motivos, há que ter alguma palavra que designe o ato [...] e outra que se refira à cena [...]; além disso, há que indicar que pessoa ou classe de pessoa (agente) realizou esse ato, que meios ou instrumentos utilizou (agência) e qual foi seu propósito.

Assim, o *ato* configura-se como aquilo que ocorre na ação ou no pensamento; a *cena* refere-se à situação na qual ocorreu; o *agente* é quem realizou a ação ou o pensamento; o *propósito* refere-se à intenção do agente; e a *agência* são os instrumentos que foram utilizados. Citando Burke, Werstch (1999, p. 35) nos diz que, para este autor, esses cinco elementos são uma "ferramenta para realizar investigações sobre a ação e os motivos humanos". O autor considera que esses elementos não são simples representações ou reflexo da realidade. Assim, a cena não tem uma existência independente e estática esperando ser descoberta. "A cena é uma ferramenta para interpretar a ação humana e seus motivos" (WERTSCH, 1999, p. 36).

Diante disso, o autor aponta a ação mediada como unidade de análise e destaca que o foco de análise deve ser a ação humana, externa ou interna, realizada por grupos ou por indivíduos (WERTSCH, 1999). Para Wertsch (1999), a ação humana deve ser entendida juntamente com as diversas perspectivas ligadas a ela, sendo que a noção de ação está ligada ao motivo (intencionalidade).

Wertsch nos indica que inicialmente as análises da ação mediada devem ser focadas nos agentes e suas ferramentas culturais, as mediadoras da ação, pois segundo o autor, a análise de como os sujeitos agem nos auxilia a entender os demais elementos da ação (ato, cena e propósito).

O autor considera que quase toda ação humana é uma ação mediada e por isso é muito difícil oferecer uma definição rígida ou um sistema de classificação que englobe cada instância da ação mediada. Wertsch (1999, p. 50) apresenta dez afirmações básicas que caracterizam a ação mediada e as ferramentas culturais:

1) a ação mediada se caracteriza por uma tensão irredutível entre o sujeito e os instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais;

2) instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais são materiais; a materialidade é uma propriedade de qualquer modo de produção;

3) a ação mediada pode ter múltiplos objetivos simultâneos;

4) a ação mediada se situa em um ou mais caminhos evolutivos;

5) instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais restringem e ao mesmo tempo possibilitam a ação;

6) os novos instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais transformam a ação mediada;

7) a relação dos agentes com os instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais pode caracterizar-se do ponto de vista do domínio;

8) ou da apropriação;

9) os instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais podem ser produzidos por motivos alheios à facilitação da ação;

10) instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais se associam com o poder e a autoridade.

Considerando essas propriedades da ação mediada, passamos a explicar resumidamente cada uma delas.

1. Podemos dizer que o agente (sujeito) é o indivíduo que opera com os instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais, e essa relação é uma relação de tensão dinâmica, porque os elementos que compõem a ação mediada estão sempre interagindo e se combinando. Assim, ocorre uma tensão irredutível entre o sujeito e os instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais. O uso dessas ferramentas só é possível se há um sujeito que saiba operar com elas.

2. A materialidade é uma propriedade de qualquer instrumento mediacional ou ferramenta cultural. Wertsch admite como meio material tanto os objetos quanto as palavras, inclusive a linguagem falada. O uso de objetos materiais como ferramentas culturais resulta em mudanças no sujeito (agente).

3. A ação mediada pode ter múltiplos objetivos simultâneos, ou seja, múltiplos propósitos, que podem estar, inclusive, em conflito. Isso nos indica que os objetivos do sujeito (agente), muitas vezes, não se ajustam com precisão aos objetivos dos instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais presentes no contexto.

4. A ação mediada se situa em um ou mais caminhos evolutivos, isto é, está historicamente situada. Os agentes e as ferramentas culturais têm sempre um passado e estão sempre em processo de mudança.

5. Os instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais restringem e ao mesmo tempo possibilitam a ação. Isso ocorre porque eles se relacionam a outros fatores, como os antecedentes históricos, o poder e as autoridades culturais e institucionais.

6. Novos instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais podem transformar a ação mediada. A introdução de novas ferramentas culturais pode transformar a ação e pode proporcionar o contexto para se avaliar as habilidades do sujeito (agente) e também como esse agente funciona trabalhando com uma ferramenta cultural específica.

7. A relação dos agentes com os instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais pode caracterizar-se do ponto de vista do domínio. Quais são as habilidades necessárias para que um agente possa utilizar determinadas ferramentas culturais? Isso tem a ver com o domínio[15], ou seja, com o saber como usar um instrumento mediacional ou uma ferramenta cultural com facilidade.

8. A relação dos agentes com os instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais pode caracterizar-se do ponto de vista da apropriação. Apesar de o domínio e a apropriação estarem intimamente relacionados, em alguns casos, são processos distintos. Wertsch toma de Bakhtin a noção de apropriação e a define como o processo de tornar algo próprio, ou seja, tomar algo que pertence a outro e torná-lo próprio.

[15] Wertsch utiliza o termo domínio em vez de internalização, porque, segundo ele, a maioria das formas de ação mediada nunca "progridem" em direção a sua realização em um plano interno.

Considera, ainda, que o processo de apropriação implica sempre resistência de alguma natureza.

9. Wertsch nos fala das consequências laterais, isto é, como são produzidos os instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais. Muitas vezes as ferramentas culturais são utilizadas com finalidades diferentes daquelas pelas quais foram originalmente pensadas ou produzidas.

10. Os instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais se associam com o poder e a autoridade. Questões como "quem tem o poder da palavra na ação?", "quem fala?", "quem tem autoridade para falar?" nos indicam que o domínio de uma determinada ferramenta cultural se relaciona ao poder e à autoridade. O domínio de determinado gênero de discurso, como o científico, nos diz quem domina o discurso, indica uma posição de poder e autoridade.

Wertsch considera a linguagem uma ferramenta cultural e o discurso, uma forma de ação mediada. Assim, o discurso se materializa na forma de enunciados, como Bakhtin os entende.

Considerando a necessidade de entendimento dessa perspectiva interativa, discursiva e dialógica, entendemos que a linguagem e o contexto de produção dessa linguagem apresentam um papel fundamental no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes.

Na educação em Ciências, diversas pesquisas vêm sendo realizadas no campo da linguagem, principalmente a partir da década de 90 do século passado. Dentre as principais, podemos citar Lemke (1990), Sutton (1992), Ogborn e outros (1996), Mortimer e Scott (2002, 2003), Yerrick e Roth (2005), Roth (2010b) e outras.

As investigações no campo da educação em Ciências vêm apontando que a linguagem e as interações discursivas ocupam um papel central na compreensão do processo de ensinar Ciências em sala de aula e na busca de subsídios para o aprimoramento da prática pedagógica.

Segundo Mortimer e Scott (2003), a abordagem histórico-cultural tem contribuído para a busca de respostas sobre como os significados são criados e desenvolvidos por meio do uso da linguagem verbal e outros meios de comunicação no contexto social em salas de aula.

Mortimer e Scott (2003) reforçam a necessidade de investimento em pesquisas que possam aliar as atividades dos alunos (prática) e o modo como os professores organizam suas aulas, a sua interação com os estudantes e seu modo de desenvolver o conteúdo científico. Assim, os autores nos dizem que somente as atividades dos alunos não são suficientes para promover o ensino e a aprendizagem de Ciências. É necessário que haja uma interação entre o professor e o aluno porque as atividades práticas não falam por si mesmas. Precisa haver a mediação do professor para que os sentidos sejam construídos pelos alunos.

Nessa direção, Mortimer e Scott (2003) nos dizem que o professor tem o papel fundamental de: (i) introduzir o aluno na linguagem científica como mediador e intérprete dessa linguagem; (ii) tornar as ideias científicas disponíveis aos alunos; (iii) ouvir e diagnosticar as maneiras como as atividades estão sendo interpretadas, a fim de subsidiar as próximas ações; (iv) ajudar os alunos a darem sentido a esse conhecimento e aplicá-lo no dia a dia. Então, o papel do professor é, segundo os autores, ensinar a linguagem científica, porque dificilmente o aluno irá aprendê-la sozinho. No entanto, isso não exclui o fato de que ao ensinar o professor inevitavelmente irá aprender.

Um dos problemas acerca da linguagem científica é que seu discurso é, na maioria das vezes, desprovido de valores, emoções e responsabilidades. É um discurso que se distancia da vida cotidiana, e os alunos sentem necessidade de contextualizar os conceitos abordados e entender a aplicação daquilo que é ensinado. Roth (2005) nos fala da necessidade de ouvir o discurso dos alunos, com sua linguagem própria, porque muitas vezes o discurso científico, como é veiculado em laboratórios, é desprovido de sentido para o estudante. E, assim, a fala do aluno durante os processos de ensino e de aprendizagem configura-se como elemento fundamental no processo de elaboração conceitual (MORTIMER; MACHADO, 2001).

O problema se agrava também à medida que muitas palavras utilizadas no discurso científico são polissêmicas, ou seja, carregam diferentes significados. Significados estes que são dependentes do contexto, como apontam Driver e outros (1994).

A dialogicidade e a polifonia, então, se revelam como categorias fundamentais para o entendimento do processo discursivo em sala de aula (MORTIMER; MACHADO, 2001), já que as vozes dos outros se misturam com a voz

do sujeito da enunciação, pois é na fronteira entre as palavras pessoais e as palavras do outro que acontece o processo dialógico. Nesse sentido, Mortimer e Machado (2001) apontam as contribuições de Bakhtin, como sua teoria da enunciação e gêneros do discurso, para ampliar o quadro teórico delineado por Vigotski.

Considerando que o conhecimento científico é, ao mesmo tempo, simbólico e socialmente negociado, como nos dizem Driver e outros (1999), compreendemos, juntamente com estes autores, que

> os objetos da ciência não são os fenômenos da natureza, mas construções desenvolvidas pela comunidade científica para interpretar a natureza e desse modo, os conceitos usados para descrever e modelar esses fenômenos não são "revelados" pela natureza mas são conceitos inventados e impostos sobre os fenômenos para interpretá-los e explicá-los, muitas vezes como resultado de grandes esforços intelectuais (DRIVER et al, 1999, p. 33).

Sessa e Trivelato (2011) nos dizem que, apesar de haver pesquisas na educação científica apontando mecanismos de como significados são construídos em salas de aula de Ciências, pouco se conhece sobre o contexto dessa construção e sobre como o professor viabiliza essa construção na sala de aula. Assim, a teoria da ação mediada de Wertsch (1999) nos ajuda a compreender como os diversos contextos podem influenciar ou até mesmo determinar a construção de conceitos.

Nessa direção, Lima, Aguiar Junior e Caro (2011, p. 858) nos dizem que a aprendizagem de conceitos é fundamental na educação em Ciências, pois estes funcionam como

> [...] instrumentos mediacionais por meio dos quais interpretamos e interagimos com as realidades que nos cercam. [...] em ciências, produzimos novos conhecimentos, compreendemos e explicamos os fenômenos e os produtos tecnológicos por meio de uma rede conceitual. Pensamos por conceitos. [...] Por outro lado, essa ação sobre as realidades a serem interpretadas e transformadas nos leva a rever constantemente os conceitos aprendidos. Assim, os conceitos vão se modificando, tanto em extensão quanto em compreensão, num processo lento e difícil de produção de sentidos e de confronto com os significados socialmente estabelecidos.

Os autores afirmam que o processo de formação de conceitos se configura como lento, difícil e inconcluso. Por isso, devem ser sempre revistos recursivamente durante o processo escolar e aprofundados de acordo com o contexto e as situações de

ensino. Os autores chamam a atenção para contextos de vivência que procurem articular os conceitos científicos com a compreensão de situações-problemas, e foi nessa direção que as atividades experimentais investigativas foram propostas neste trabalho de pesquisa.

Assim, as atividades experimentais investigativas têm a função de atuar como objetos mediadores, as chamadas ferramentas culturais (instrumentos mediacionais) técnicas conforme caracterizadas por Werstch (1999). Estas atividades experimentais investigativas, caracterizadas como instrumentos mediaciacionais, estão sempre em uma tensão irredutível com os agentes que operam com elas (professores e alunos) porque não há como separar o agente do objeto mediador. O professor, no ato de ensinar, precisa das ferramentas culturais como recursos mediadores e ao mesmo tempo os recursos mediadores não têm uma existência separada ou independente dos agentes que operam com elas. No contexto dessa pesquisa, um dos objetos mediadores (ferramentas culturais ou instrumentos mediacionais) são as atividades experimentais investigativas.

3.3 Concepção das atividades experimentais investigativas utilizadas nesta pesquisa

Nesta sessão temos a intenção de delimitar a concepção de atividade experimental que estamos utilizando nesta pesquisa.

O uso de atividades experimentais no ensino de Ciências não é uma proposta recente. Desde o século XIX, essas atividades já faziam parte do currículo nacional de Ciências de alguns países, como, por exemplo, os Estados Unidos. Desde essa época, são muitos os pesquisadores que defendem o desenvolvimento de atividades experimentais como uma importante estratégia para ensinar Ciências. Entretanto, o papel que essas atividades têm ocupado nos currículos de Ciências permanece objeto de discussão e de debate.

No cenário mundial, a partir das décadas de 50 e 60 (durante a corrida espacial e a Guerra Fria instalada entre os Estados Unidos e a antiga União Soviética), o governo dos EUA incentivou os cientistas a se engajarem no desenvolvimento de

currículos de Ciências que preparassem novos cientistas para a corrida tecnológica do futuro. Assim, as atividades experimentais receberam destaque nas reformas curriculares da década de 60, com a intenção de que os estudantes aprendessem como os cientistas trabalhavam.

Atualmente, em muitas escolas brasileiras que utilizam essa estratégia de ensino, as atividades experimentais são concebidas como um mero recurso auxiliar para facilitar a transmissão de conhecimentos. Nesse caso, os principais objetivos apresentados para as atividades são: testar uma lei científica, ilustrar ideias e conceitos discutidos nas aulas teóricas (BORGES, 2002). Nesta pesquisa, utilizamos uma abordagem para as atividades experimentais com outra perspectiva, denominada "ensino por investigação". Na última década, temos percebido um interesse crescente pelo tema entre os pesquisadores e educadores da área de Ciências no Brasil (BORGES, 2002; AZEVEDO, 2009; CARVALHO, 2009; MUNFORD; LIMA, 2007; SÁ, 2009, SÁ; LIMA; AGUIAR JUNIOR, 2011). Contudo, o entendimento sobre sua concepção diverge entre alguns pesquisadores.

Sá (2009) nos diz que não há uma única definição para o termo "ensino por investigação", mas que nessa abordagem de ensino há uma grande valorização na ação dos estudantes no processo de aprendizagem.

Nesse sentido, Sá (2009) aponta algumas características desse tipo de atividade investigativa:

1. São atividades que apresentam um problema que não necessariamente precisa ser um problema aberto[16].

2. São atividades que valorizam o protagonismo e a autonomia do aluno quando o mesmo se engaja na solução desse problema.

3. Esse problema precisa ser reconhecido pelos estudantes como passível de ser resolvido de forma individual ou de forma coletiva.

4. São atividades que implicam uma postura diferente do professor em sala de aula, à medida que este não diz de imediato quais seriam as respostas desse problema. O

[16] O grau de abertura de um problema depende, segundo Borges (2002), de o quanto o professor ou o roteiro estabelecido especifica ou direciona a atividade para o aluno. E também depende da relação do estudante com este tipo de atividade.

professor provoca o questionamento dos alunos, permitindo que os mesmos levantem hipóteses sobre os possíveis resultados.

5. São atividades que implicam também uma postura diferente dos alunos em sala de aula. Os mesmos precisam se sentir curiosos e instigados a resolver o problema.

6. São atividades que desencadeiam debates e argumentação, permitindo múltiplas interpretações.

Sá (2009) também nos diz que o ambiente de ensino e aprendizagem, no qual as atividades acontecem, caracteriza muito mais o ensino por investigação do que as atividades em si mesmas. A autora também aponta que as atividades investigativas não são restritas às atividades de caráter experimental, ou seja, outras atividades podem também ter um caráter investigativo. Nesta pesquisa, nos deteremos em focar nossa discussão em torno das atividades experimentais investigativas.

Borges (2002) aponta que as atividades experimentais investigativas devem ser bem planejadas , e, por isso, os professores precisam considerar nesse planejamento quais os objetivos pretendidos, os recursos disponíveis e também o levantamento das hipóteses dos estudantes sobre os possíveis resultados do experimento, considerando que os fenômenos precisam ser explicados em vez de serem simplesmente memorizados. E para isso, o autor recomenda atividades pré-experimento (levantamento das hipóteses dos estudantes) e pós-experimento (discussão e explicação dos resultados e também limitações do experimento).

Trazzi, Freguglia e Jonis (2012) colocam algumas questões orientadoras para promover uma discussão sobre as atividades experimentais investigativas em sala de aulas de Ciências. Segundo as autoras, é importante delimitar qual a concepção de ciência está sendo adotada quando utilizamos atividades experimentais e qual a proposta de ensino e aprendizagem é utilizada.

Delimitar a concepção de ciência adotada é essencial à medida que entendemos que a ciência é uma construção humana e as teorias científicas são provisórias e situadas em um momento histórico-cultural. Pactuarmos dessa concepção de ciência nos diz também que o trabalho experimental (principalmente quando realizado no contexto escolar) pode levar a resultados não esperados e que isso não constitui um problema. Ao contrário, essa é uma ótima oportunidade para problematizar a própria objetividade da ciência e entender a provisoriedade do conhecimento. Borges

(2002) nos diz que quando um experimento "dá errado", geralmente os professores passam a evitar repeti-lo no futuro porque este não apresentou os resultados esperados, ou seja, o resultado dito certo. Segundo Borges (2002, p. 8): "As causas do erro não são investigadas e uma situação potencialmente valiosa de aprendizagem se perde, muitas vezes por falta de tempo. [...] o resultado se torna mais importante que o processo, em detrimento da aprendizagem".

Nessa perspectiva, Munford e Lima (2007, p. 22) nos dizem que é preciso incorporar no ensino por investigação uma concepção de ensino que seja "interativo e dialógico, baseado em atividades capazes de persuadir os alunos a admitirem as explicações científicas para além dos discursos autoritários, prescritivos e dogmáticos" (MUNFORD; LIMA, 2007, p.22).

Como evidenciado no nosso referencial teórico, partimos de uma concepção de ensino e aprendizagem denominada histórico-cultural, na qual o foco é o processo interativo e dialógico ocorrido entre professor e alunos e entre alunos e alunos na produção/construção do conhecimento científico na sala de aula. E nesse contexto os conhecimentos científicos que circulam vão sendo ressignificados a partir das experiências pessoais dos envolvidos no processo.

E nesse sentido, as experiências anteriores dos alunos vão sendo ressignificadas conforme os conhecimentos científicos vão sendo discutidos, a partir da atividade experimental. Paula (2004) faz uma distinção entre os termos experimento e experiência quando argumenta que o experimento, no contexto escolar, é uma atividade elaborada pelo professor a partir de uma pergunta ou problema e a experiência é subjetiva e particular de cada sujeito, já que cada um tem a sua e o professor não tem como prepará-la ou programá-la, pois foge ao seu controle. Assim, o autor nos diz que cabe ao professor aproveitar as experiências que os alunos já têm com relação ao tema do experimento, porque muitas vezes ocorrem conflitos entre as concepções dos alunos e as concepções científicas. E essa é uma excelente oportunidade de problematizar o assunto a partir das hipóteses trazidas pelos alunos acerca dos possíveis resultados dos experimentos.

Azevedo (2009) também evidencia a importância das atividades investigativas em sala de aula de Ciências, destacando a relevância do contexto de realização dessas atividades. Para a autora, é preciso criar condições para que os alunos

façam, isto é, resolvam o problema em sala de aula, contemplando o que Hodson (1998) chama de engajar os alunos em fazer ciências. Depois, é preciso que os alunos compreendam o que fizeram, ou seja, o "como conseguiram" e o "porquê", considerando o que Hodson (1998) chama de aprender sobre ciências e aprender o conteúdo cientifico em si. Na mesma direção de Hodson (1998), Millar (2003) aponta que para se aprender ciências é preciso compreender o conteúdo científico (aprender ciência), compreender a ciência como uma atividade social (aprender sobre ciência) e compreender os métodos de investigação em ciências (aprender a fazer ciência).

E na perspectiva adotada por esta pesquisa, que evidencia a importância da ação mediada na sala de aula, entendemos que é na interação verbal ocorrida entre professor e alunos que ocorrem os processos de significação, ou seja, de produção de sentidos e significados. E o professor, como mediador do conhecimento que opera com diversas ferramentas culturais, é uma peça chave do processo, atuando como representante da cultura científica. No processo interativo, o professor faz perguntas que ajudam os alunos a pensarem e dizerem como resolveram o problema, organizando o pensamento sobre o conhecimento produzido e atuando na construção de sentidos e significados. O professor também, por meio da interação verbal, opera com diversas ferramentas culturais, explicando, argumentando, construindo analogias e metáforas, fornecendo contraexemplos, com o intuito de explorar as hipóteses dos alunos.

Assim, é no sentido dessa concepção de ensino de ciências por investigação que as atividades experimentais foram propostas neste trabalho. Experimento este que atua como uma ferramenta cultural, um elemento mediador entre os agentes (professor e alunos) na interação verbal, a fim de contribuir para que a professora possa contar a estória científica sobre os conceitos de fotossíntese e respiração celular e ajudar os alunos na construção desse conhecimento científico.

Neste capítulo, apresentamos os pressupostos da matriz histórico-cultural nos quais se baseiam este estudo, destacando especialmente as ideias de Vigotski sobre a formação de conceitos, de Bakhtin acerca dos processos de significação e de Werstch acerca da ação mediada. Considerando nosso interesse de enfocar os conceitos de fotossíntese e respiração celular também recorremos a estudos produzidos por autores que têm investigado essa temática no ensino de biologia. A seguir, abordaremos aspectos da metodologia que deu suporte a esta investigação.

4 CONSIDERAÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS

"Medir é apossar-se das coisas, falar das coisas é deixá-las ir sendo, passando de lá delas para nós."

(LEMINSKI)

A partir de uma perspectiva baseada em Vigotski e Bakhtin, salientamos a importância de um referencial teórico e metodológico de pesquisa em que pesquisador e pesquisados estão em uma situação que, apesar de assimétrica[17], ambos são sujeitos que possuem voz, valores e sentimentos. Assim, seguimos princípios éticos, como a alteridade e a atitude compreensiva. Não estamos na condição de pesquisador como aquele que detém o conhecimento e o pesquisado na condição daquele que nada sabe.

Vigotski (2009) , discorrendo sobre o método de investigação, nos diz que é preciso realizar uma análise não somente descritiva do fenômeno investigado, mas também uma análise explicativa. A análise envolve o processo como um todo, com a reconstrução de cada estágio. Nesse sentido, tira-se o foco do objeto: o foco passa a ser o processo e não o produto. Ampliando a perspectiva de Vigostki, propomos não uma análise explicativa, mas uma análise compreensiva-interpretativa, considerando as múltiplas vozes envolvidas no processo, como nos diz Bakhtin.

Segundo Bakhtin (2011, p. 316):

> Ver e compreender o autor de uma obra significa ver e compreender outra consciência, a consciência do outro e seu mundo, isto é, outro sujeito ("Du"). Na *explicação* existe apenas uma consciência, um sujeito; na *compreensão*, duas consciências, dois sujeitos. Não pode haver relação dialógica com o objeto, por isso a explicação é desprovida de elementos dialógicos (além do retórico-formal). Em certa medida, a compreensão é sempre dialógica.

A interpretação é vista, segundo Bakhtin (2011), como diálogo e a única que permite recobrar a liberdade humana. Segundo Todorov, no prefácio do livro *Estética da Criação Verbal*, de Bakhtin: "O sentido é liberdade e a interpretação é o seu exercício [...]" (2011, p. XXXII). Em consonância com esse enunciado, destaca-se a concepção de sujeito em Bakhtin (2011, p. 400): "O sujeito como tal não pode ser

[17] Quando dizemos que a relação é assimétrica, queremos dizer que minha presença no grupo representa um diferencial que influencia de maneira direta o planejamento e o encaminhamento das atividades realizadas no contexto da escola e da sala de aula.

percebido e estudado como coisa porque, como sujeito e permanecendo sujeito, não pode tornar-se mudo; consequentemente, o conhecimento que se tem dele só pode ser dialógico".

Assim, propomos uma análise compreensiva, baseada em Bakhtin, que se situa a partir dos objetivos definidos pelo pesquisador, uma análise contextual que reconhece o valor e a validade do que os estudantes dizem ou fazem, mas que também torna possível discutir por que isso é contextualmente desejável ou não (MAHEUX; ROTH; THOM, 2010), em termos de objetivos da pesquisa e do pesquisador.

Bakhtin (2011) defende que somos singulares e marcados ideologicamente pelos lugares que ocupamos, e por isso nosso envolvimento é sempre ativo e responsivo, não existindo assim imparcialidade, isenção ou afastamento. Nessa direção, Maheux, Roth e Thom (2010) nos dizem que quando trabalhamos em uma pesquisa é muito importante ter clareza que observador e observado não são entidades separadas. Um influencia diretamente o outro. Não se está em campo como observador neutro, em que se quer analisar, por exemplo, o que os alunos dizem ou fazem em sala de aula ou em uma entrevista e reconhecer ideias que correspondem ou não à própria compreensão do tema, que é o foco do pesquisador. Não se quer observar procedimentos padrão para abordar o entendimento dos alunos e depois corrigi-los. O interesse recai na valorização da heterogeneidade das experiências pessoais e na singularidade dos alunos. Segundo esses autores:

> Postular ou questionar a existência de uma realidade objetiva medeia como nós aceitamos ou rejeitamos outro ser humano e as visões de mundo que ele/ela desenvolve. Isso fornece uma lógica que orienta nossas ações. Isto é especialmente importante quando se trata de ensinar e aprender em um momento em que a capacidade de lidar com a pluralidade e diversidade da cultura humana surgiram como referências importantes para os nossos comportamentos sociais (MAHEUX; ROTH; THOM, 2010, p. 201).

A dimensão ética se impõe nesse sentido como fundamental na relação observador e observado, pois, segundo os autores mencionados, para que ocorra a análise do fenômeno a ser estudado, é imprescindível que o observador se posicione na relação com os sujeitos da pesquisa. Afinal, não existe uma realidade independente do observador no ato da observação. O observador faz parte do fenômeno que observa. E ao mesmo tempo tem uma intencionalidade na relação estabelecida. Intencionalidade esta que se revela imprescindível no ato de fazer pesquisa. Essa intenção deve ser

colocada em uma dimensão ética que valoriza a diferença, pois aplicar a mesma lógica cultural para todos beneficia aqueles que já estão culturalmente posicionados em detrimento dos mais desfavorecidos (MAHEUX; ROTH; THOM, 2010).

A característica distintiva da observação em uma pesquisa é que é um processo que oferece ao investigador a oportunidade de coletar dados "ao vivo", a partir de situações naturais ocorrendo em situações sociais. No caso de pesquisas qualitativas, em que o objetivo é capturar a dinâmica, a natureza dos eventos para ver intencionalidades, como no caso de escolas e salas de aula, a observação é um método que permite ao pesquisador coletar dados em primeira mão (COHEN; MANION; MORRISON, 2007).

Assim, entendemos que uma investigação deve se basear em uma perspectiva social dos processos de ensino e aprendizagem e não somente em processos individuais. Defendemos uma perspectiva histórico-cultural na qual:

> Os indivíduos são sempre mais do que eles oferecem em um momento singular, ou em uma colagem de declarações isoladas. Ao invés de ver as contribuições dos estudantes expondo concepções livres de contexto [...] estas devem ser examinadas uma vez que ocorrem situadas na tentativa de manter uma coerência com o meio ambiente (MAHEUX; ROTH; THOM, 2010, p. 217).

Para os autores, fica evidente que as contribuições dos alunos não são fixas, mas ocorrem em um contexto de transformação. Compreender o que os alunos dizem ou como agem nos informa como eles se comportam como observadores, como sujeitos de sua aprendizagem, pois os estudantes contribuem na atividade não somente porque isso faz sentido para eles, mas também porque eles assumem que suas contribuições serão compreensíveis para os outros.

O desafio que se coloca para a prática educativa em sala de aula, segundo Roth (2010a), é que os processos de ensinar/aprender e avaliar em sala de aula são baseados em uma perspectiva individual. Por mais que o professor promova trabalhos coletivos, os mesmos são cobrados a apresentarem uma avaliação individual do processo de aprendizagem.

Segundo Maheux, Roth e Thom (2010), quando trabalhamos com pesquisas sobre ensino e aprendizagem em uma perspectiva histórico-cultural, não temos como

identificar o que um aluno sabe ou pensa, pois precisamos admitir que o que os alunos dizem que sabem ou fazem revela apenas parcialmente do que eles são capazes.

Para os autores, as concepções que os estudantes apresentam não pertencem somente a eles, mas à situação que produz a conversa. Essas concepções estão situadas em um ambiente compartilhado e, mesmo quando são expressas por um estudante em particular, estas podem ser compreendidas por muitos outros alunos.

Durante muito tempo, o processo de mudança conceitual foi considerado como sinônimo de aprender ciências (MORTIMER, 1996). Sob a ótica do que se denomina paradigma construtivista, a mudança conceitual visava romper com as concepções alternativas dos estudantes para que os mesmos pudessem mudar seu entendimento do mundo para pensar de acordo com a concepção científica, excluindo do processo a linguagem cotidiana (senso comum) (ROTH, 2009).

Na prática, autores como Mortimer e Roth chegaram à conclusão em suas pesquisas que o processo de aprendizagem em ciências não ocorre dessa maneira. Não é o fato de se "ensinar" o conhecimento científico dito "certo" que os alunos automaticamente irão aprendê-lo. Não é um processo simples de mudança conceitual. Não se trata somente de diagnosticar as concepções alternativas dos estudantes, saber como eles pensam, ensinar o conhecimento científico que eles irão automaticamente mudar suas concepções.

Mortimer (1996) nos diz que esse processo é complexo e que os estudantes não abandonam facilmente suas concepções. O que pode acontecer, segundo o autor, é a convivência entre conhecimentos científicos e o senso comum, e o uso dessas formas de saber pode se dar em contextos diferentes. Roth (2009) defende que não há como "reestruturar" a mente do estudante para que ele passe a pensar de forma científica.

Por outro lado, é papel da escola ensinar o conhecimento científico, ou seja, é papel do professor ensinar a concepção científica. Porém, a maneira de fazer isso representa um ponto a ser pensado. O papel do contexto, nesse sentido, fica evidente. Nada acontece fora de um contexto social e cultural. As análises devem visar o discurso e as ações e não o indivíduo. O foco é na compreensão da contribuição do estudante no contexto social em que ele está inserido, no caso, a sala de aula. Segundo Maheux, Roth e Thom (2010), as contribuições podem assumir diferentes formas, como falas, gestos, ações ou qualquer combinação destas.

Considerando o papel da escola diante do conhecimento científico, buscamos uma metodologia de pesquisa que permitisse desenvolver nosso estudo numa perspectiva que também possibilitasse contribuir para o desenvolvimento de práticas educativas perpassadas por uma ação mediada de caráter dialógico.

Neste trabalho, realizamos uma pesquisa, de cunho qualitativo, inspirada na pesquisa-ação crítico-colaborativa (BARBIER, 2002; COHEN; MANION; MORRISON, 2007; JESUS, 2008), em uma escola pública de Vitória-ES. A pesquisa-ação, nessa perspectiva, tem como objetivo a formação crítica dos sujeitos, especialmente os professores, de modo a contribuir para sua reflexão e torná-los capazes de melhor compreensão da sua prática para, assim, poder aperfeiçoá-la. Então, partimos do pressuposto da pesquisa-ação como instrumento de transformar a prática em práxis, numa perspectiva formativa (FRANCO, 2008).

Franco (2008), ao desenvolver essa modalidade de pesquisa, nos diz que surgem no processo várias modificações na prática dos docentes participantes e em suas atitudes como profissionais. A articulação entre pesquisa e prática docente torna-se, então, evidente. Franco (2008) nos fala que a pesquisa-ação, como instrumento político, pode propiciar aos docentes mecanismos que os ajudem a aprender ou reaprender a investigar a sua própria prática, de forma coletiva, crítica e transformadora.

A pesquisa-ação nessa perspectiva formativa exige, segundo Franco (2008), algumas considerações importantes para seu desenvolvimento: é um processo longo, demorado, contínuo, que pressupõe uma transformação das convicções dos sujeitos.

Segundo Cohen, Manion e Morrison (2007), os objetivos da pesquisa-ação na escola e na sala de aula podem ser divididos em cinco categorias, sendo que nos identificamos com três delas, a saber:

1. é um meio de sanar os problemas diagnosticados em situações específicas, ou de melhorar, de alguma forma, um determinado conjunto de circunstâncias;

2. é um meio de formação em serviço, dotando, assim, os professores com novas habilidades e métodos, afiando seus poderes analíticos e aumentando a sua autoconsciência.

3. é um meio de introduzir abordagens complementares ou inovadoras para o ensino e a aprendizagem em um sistema contínuo que normalmente inibe a inovação e a mudança.

Assim, consideramos que a pesquisa-ação, dentro de um viés formativo, pode promover um meio de formação em serviço no qual podemos trabalhar junto com os professores, e, de algum modo, contribuir para melhorar um determinado problema diagnosticado na escola com relação ao processo de ensino e de aprendizagem. Nesse sentido, podemos introduzir abordagens complementares e inovadoras para o ensino e a aprendizagem em um sistema que, muitas vezes, inibe a inovação e a mudança.

Neste estudo, adotamos um processo de pesquisa-ação na escola que Cohen, Manion e Morrison (2007) apontam que ocorre quando um professor ou professores se comprometem a trabalhar ao lado de um pesquisador ou pesquisadores, numa relação sustentada em parceria com outras partes interessadas, no nosso caso, a Universidade Federal do Espírito Santo, por meio do Programa de Pós-Graduação em Educação e do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – Pibid.

Essa perspectiva de trabalho colaborativo, segundo Cohen, Manion e Morrison (2007), torna a pesquisa-ação uma metodologia apropriada para o processo de formação de professores em serviço, podendo melhorar as habilidades de ensino e desenvolver novos métodos de aprendizagem.

Por outro lado, considerando o objetivo maior desta pesquisa, que é investigar o papel da ação mediada na configuração dos sentidos que perpassam um processo de interação discursiva em uma sala de aula de Biologia e tendo em vista ainda o referencial teórico adotado, entendemos que a pesquisa-ação também auxilia no estabelecimento de uma ação mediada intencional e dialógica nos processos de ensino e aprendizagem, o que defendemos como fundamental à apropriação de conceitos pelos alunos e, consequentemente, para a configuração de um ensino fecundo.

Ao discorrer sobre o método, Vigotski (1991) afirma que "*Estudar alguma coisa historicamente significa estudá-la no processo de mudança*" (grifos do autor). Portanto, ao investigar questões referentes à emergência de novas funções psicológicas, devemos nos deter no percurso em que essas funções se delineiam; para abordar o processo de formação de conceitos científicos na escola, é importante nos determos na ação mediada intencional que possibilitou a emergência desses conceitos. Nesse sentido, consideramos que seria mais pertinente ao desenvolvimento da pesquisa uma metodologia baseada na colaboração com a professora, de maneira a configurar uma prática educativa que permitisse condições o mais favoráveis possíveis à apropriação de

conceitos e também de acompanhamento e compreensão dos elementos que interferem nesse processo no espaço da sala de aula.

O contexto da escola

Compreender o contexto no qual estes dados foram produzidos é de fundamental importância para o entendimento dos resultados desta investigação. Esta pesquisa foi realizada em uma escola pública estadual de ensino médio do município de Vitória, Espírito Santo, Brasil. Essa escola é caracterizada por ser uma das escolas estaduais de melhor desempenho no Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo (Paebes), inclusive na disciplina de Biologia.

No entanto, não foi por causa do desempenho dessa escola que a escolhemos para a realização da pesquisa. O critério foi a disponibilidade de uma professora de biologia para participar de um trabalho de pesquisa na perspectiva colaborativa. E nesse sentido, a professora escolhida já havia sido identificada por participar como coformadora com a disciplina de Estágio Supervisionado em Ensino II, atuando junto com alunos do curso de licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo, numa parceria escola-universidade. Além disso, essa professora já era colaboradora do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid) nessa escola.

A escola está situada em bairro de classe média alta e recebe alunos dos bairros periféricos; a grande maioria deles pertence às classes populares.

As salas de aula das turmas da 1ª série do ensino médio dessa escola são arejadas e amplas. As carteiras são soltas e estão organizadas em fileiras de frente para um quadro branco.

A escola possui um laboratório de Ciências, com bancadas em azulejo e cadeiras altas. A parceria com o Pibid ajudou na compra de alguns materiais de consumo, como reagentes e vidrarias, e a escola também contribuiu com a compra de alguns equipamentos. O laboratório também tem ar-condicionado e ventiladores de teto.

4.1 Caracterização dos sujeitos da pesquisa

Foram envolvidos alunos da 1ª série do ensino médio de uma turma, uma professora de Biologia, cinco bolsistas de Ciências Biológicas do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência da Universidade Federal do Espírito Santo e uma estagiária da disciplina de Estágio Supervisionado da Ufes.

Ressaltamos o compromisso ético da pesquisa ao seguirmos o protocolo de ética em pesquisa com seres humanos (Conep 196/96 – Comitê de Ética em Pesquisa) na preservação das identidades dos sujeitos e não divulgação de imagens e dados que possam expor a integridade dos sujeitos.

4.1.1 A professora de Biologia

A professora de Biologia, que denominarei de forma fictícia como Andréia, iniciou seus trabalhos como professora efetiva da rede estadual de ensino nessa escola de ensino médio em julho de 2008. Fez sua graduação em Ciências Biológicas, na modalidade "Licenciatura Plena", na Universidade Federal do Espírito Santo e foi minha aluna durante a graduação. Apesar de estar na rede estadual há aproximadamente quatro anos (na data da pesquisa), a professora tem experiência de 10 anos de docência tanto na rede pública como na rede privada.

Sua atuação como professora de Biologia na rede estadual é marcada por um grande engajamento na área de educação e principalmente na área do ensino de Ciências e Biologia, em projetos de ensino como "Clube de Ciências", "Horta Escolar", "Feiras e Mostras científicas" e supervisão de estudantes de estágio da Universidade Federal e de faculdades privadas. Em 2009, um projeto, sob sua coordenação, ganhou um prêmio da área educacional. No período da pesquisa, Andréia era supervisora do Programa de Bolsa de Iniciação à Docência – Pibid – na área de Biologia e tinha sob sua supervisão cinco bolsistas do Pibid, estudantes do curso de Ciências Biológicas da Ufes.

Andréia relata estar satisfeita da sua profissão e também diz que gosta de receber os bolsistas do Pibid e também os estagiários do estágio supervisionado da Ufes, oferecendo apoio e compartilhando suas experiências. Ela relata que é muito bom

receber os bolsistas e estagiários, porque "é uma oportunidade de aprender coisas novas também, uma maneira de se reciclar e de se formar continuamente" (ANDRÉIA).

A professora relata que sempre gosta de diversificar suas aulas e que prefere atividades mais dinâmicas com os alunos. Sempre desenvolve projetos e afirma que receber estagiários da universidade e bolsistas Pibid a deixa mais animada e disposta para isso.

Andréia tem um bom relacionamento com os alunos e exerce sua autoridade de forma responsável, estabelecendo limites e buscando o respeito mútuo. É uma professora exigente e que se importa com o aprendizado dos seus alunos.

Em virtude de suas características, fizemos o convite para que ela participasse do processo de pesquisa-ação na escola e atividades de formação na Ufes, enviando carta-convite para a direção da escola (Anexo A).

4.1.2 As bolsistas do Pibid e a aluna do Estágio Supervisionado

As bolsistas e a estagiária são estudantes do curso de Ciências Biológicas da Ufes e que almejam ser professoras. O relacionamento delas com a professora de Biologia é de muito respeito e admiração. Todas são comprometidas e muito responsáveis com suas atribuições na escola. Atuam de forma colaborativa, participando dos momentos de planejamento junto com a professora, dentro de sala de aula e em outras atividades da escola.

O fato de as bolsistas e da estagiária em questão serem alunas da licenciatura no momento de pesquisa de campo, e já terem sido minhas alunas na disciplina de Estágio Supervisionado I, foi um fator muito importante como elo entre mim (pesquisadora) e a professora da escola, contribuindo, a todo o momento, na mediação do processo. A comunicação entre nós era constante, via reuniões presenciais, por *e-mail* e telefone.

A seguir, apresento[18] as cinco bolsistas e em seguida a estagiária:

[18] Os nomes utilizados são fictícios a fim de preservar as identidades dos envolvidos. Somente as três primeiras bolsistas (Gabriela, Janaína e Leila) participaram de todo o processo da pesquisa.

Gabriela - desde que iniciou a licenciatura, teve certeza que queria atuar como professora da Educação Básica. Logo se envolveu em pesquisas na licenciatura e no Pibid. Seu perfil conciliador e amigo contribuiu em muito para o desenvolvimento do trabalho, à medida que seu interesse era evidente pela licenciatura e pela sala de aula. Compromisso e dedicação são duas qualidades evidentes em Gabriela. A aluna participou de todo o processo da pesquisa durante os anos de 2012 e 2013.

Janaína - Assim como Gabriela, Janaína também revelou sua identificação com a sala de aula e com a profissão de professora, apresentando sempre muito compromisso e responsabilidade com as tarefas do Pibid e da licenciatura, de maneira geral. Também se envolveu com pesquisas na área. Janaína participou de todo o processo da pesquisa durante os anos de 2012 e 2013.

Leila - Era muito dedicada aos compromissos e às responsabilidades do Pibid e da licenciatura. Sempre estava disposta a ajudar e a colaborar com as atividades, revelando-se uma excelente apoiadora de todos os processos realizados. Extremamente tímida, mas muito competente, Leila estava sempre disponível para ajudar em todos os momentos. Leila participou de todo o processo da pesquisa durante os anos de 2012 e 2013.

Tereza - Apesar de não ter permanecido durante todo o processo de pesquisa, Tereza contribuiu muito nas atividades, principalmente na primeira fase de elaboração e planejamento, colaborando muito com propostas e no apoio de algumas atividades iniciais. Tereza participou do planejamento e concepção das atividades em 2012 e do primeiro momento em 2013, quando da organização da primeira atividade com os alunos no laboratório de Ciências.

Eliane - Assim como Tereza, Eliane participou mais efetivamente na primeira fase, que antecedeu a intervenção, contribuindo no planejamento das atividades, mas não participou da fase de intervenção em 2013.

Mirela - Foi a aluna do Estágio Supervisionado que participou mais especificamente do momento de levantamento das hipóteses dos alunos durante a montagem dos experimentos no laboratório de Ciências da escola. Muito dedicada e crítica, Mirela atuou auxiliando a professora durante essa etapa e me auxiliou no processo de filmagem das aulas da professora. Não participou do planejamento e concepção das atividades em 2012.

A nossa intenção com a equipe de bolsistas e estagiária presentes na escola, na época da pesquisa, era a de que elas pudessem participar do processo não somente na qualidade de aprendizes, mas também na qualidade de protagonistas, compartilhando saberes e experiências. É importante ressaltar que nosso foco de análise não foi a atuação das bolsistas do Pibid e da aluna do estágio supervisionado. Apesar das referidas alunas terem participado da maioria das reuniões de planejamento, a atuação delas em sala de aula ocorreu, na maior parte das vezes, no turno vespertino e o acompanhamento da pesquisa em sala de aula foi todo realizado no turno matutino.

4.1.3 Caracterização da turma da 1ª série do ensino médio

A turma na qual realizamos a pesquisa foi escolhida de forma aleatória por mim e pela professora Andréia. Na realidade, a professora não demonstrou preocupação em escolher uma turma específica, porque como será visto à frente, neste trabalho, todas as nove turmas da 1ª série do ensino médio sob a responsabilidade da professora realizaram todas as atividades planejadas. E isso foi uma decisão de Andréia para que todos os alunos pudessem participar de forma igual de todas as fases da intervenção.

Das nove turmas, três delas funcionavam no turno da manhã e as outras seis turmas, no turno da tarde. A turma escolhida foi uma das três turmas da manhã. Diante de minha maior disponibilidade no horário da manhã, optamos por uma turma na qual as aulas da professora ocorriam nas quartas e sextas-feiras.

A turma escolhida era composta por 26 alunos com idade variando entre 15 e 17 anos. Desses alunos, 24 deles participaram de todas as atividades planejadas. Do total de 26 estudantes, encontravam-se 14 meninas e 12 meninos. A grande maioria vinha de escolas da rede municipal de ensino de Vitória. O relato da professora Andréia e da coordenadora indicaram que normalmente os alunos do turno da manhã são mais aplicados nos estudos e mais responsáveis com seu processo de aprendizagem.

4.2 Fases da pesquisa

A pesquisa-ação configura-se como um processo que envolve, segundo Barbier (2002), uma abordagem em espiral na qual há uma reflexão permanente sobre a ação, a partir da seguinte estrutura:

1. identificação de uma situação-problema;

2. planejamento e ação;

3. avaliação e teorização; retroação sobre o problema;

4. planejamento e ação;

5. avaliação e teorização; retroação sobre o problema.

Assim, baseados na abordagem proposta por Barbier (2002), procedemos a uma descrição de todo o processo da pesquisa, de modo a fazer um relato do desenvolvimento desta e evidenciar como foi o trabalho com os diversos atores envolvidos.

O processo de produção e registro dos dados se deu a partir de observações da sala de aula, das atividades no laboratório de Ciências e das diversas reuniões formativas (COHEN; MANION; MORRISON, 2007; VIANNA, 2003); anotações em diário de campo, com o objetivo de registrar diariamente o cotidiano, de forma a objetivar o vivido e o compreendido; e filmagens das aulas.

4.2.1 Descrição do processo de pesquisa

Para a descrição das fases da pesquisa nos baseamos nas fases propostas por Barbier ((2002) para o desenvolvimento desta investigação. E é nesse processo que diferentes momentos foram se delineando.

a) ***1º momento: identificação de uma situação-problema – vivência do cotidiano escolar e processo de contratualização***

O trabalho de campo desta pesquisa começou em outubro de 2012 quando encontrei Andréia, que é professora de Biologia em uma escola estadual do município

de Vitória, em uma reunião do Pibid, no qual eu era Coordenadora de Gestão de Processos Educacionais. O Pibid é denominado "Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência" e é um programa do governo federal do Brasil. O objetivo principal desse programa é estimular alunos de licenciatura das diversas universidades e institutos federais na prática da docência, e para isso conta com a participação de professores experientes das escolas da rede pública que atuam como supervisores dos licenciandos. Na época, Andréia iniciava o trabalho como supervisora oficial do Pibid naquela ocasião.

Essa professora havia sido minha aluna na graduação em Ciências Biológicas e estava assumindo a supervisão dos alunos bolsistas de Biologia. Ela já vinha trabalhando com nosso grupo de ciências do Laboratório de Educação em Ciências (Labec[19]), na Ufes, na condição de coformadora da disciplina de Estágio Supervisionado II e também professora apoiadora no Pibid em sua escola, quando havia outra professora supervisora nesta escola. Nesse encontro, comentei rapidamente sobre minha intenção de trabalhar com ela de forma colaborativa em minha pesquisa de doutorado. Ela gostou da ideia e ficamos de marcar uma reunião para conversarmos sobre o assunto. A ideia de chamá-la para participar da pesquisa foi motivada pela trajetória da professora junto com os alunos da escola, atuando em parceria com a universidade no estágio supervisionado de Ciências Biológicas.

Depois desse encontro inicial, começamos a conversar por *e-mail* tentando encontrar um horário em nossas agendas. Foram cerca de cinco *e-mails* até encontrarmos um tempo. Ela me chamou para ir a sua casa, onde pudemos conversar calmamente. Eu apresentei minhas intenções de pesquisa e todas as circunstâncias éticas que implicam o fazer pesquisa com pessoas.

Sua reação foi muito positiva e relatou que todas as iniciativas que pudessem fomentar a aprendizagem dos alunos seriam muito bem-vindas. A ideia de trabalhar atividades experimentais em sala de aula foi bem recebida, pois, segundo a professora, essa é uma demanda dos alunos e da escola. Apesar de já realizar atividades experimentais com os alunos, a professora relatou que não havia trabalhado ainda na perspectiva investigativa que eu apresentei para ela durante a conversa. Conversamos

[19] Labec – Laboratório de Educação em Ciências, composto por professores da área de Ciências do Departamento de Teorias do Ensino e Práticas Educacionais do Centro de Educação da Ufes. Dentre os objetivos do Labec está a implementação de processos de formação inicial e continuada de professores de Ciências.

também sobre a possibilidade de executarmos outras atividades, como horta na escola, compostagem e biodigestor, nessa perspectiva investigativa.

De uma forma geral, a professora relatou que segue o currículo da rede estadual de forma linear, ou seja, na sequência dos conteúdos. Ela disse também que costuma fazer sempre um resumo dos conteúdos no quadro e "passar" o conteúdo de forma bem mastigada para os alunos. Mas disse também que, apesar de fazer isso, muitos alunos não conseguem nota, mesmo ela explicando tudo detalhadamente.

Devido ao trabalho desenvolvido com as alunas bolsistas do Pibid, conversamos também sobre o envolvimento das cinco bolsistas do Pibid que estavam sob a supervisão da professora na escola. A ideia de promover uma formação com a professora e com as bolsistas foi bem recebida. Essa formação visaria o planejamento/execução das atividades experimentais investigativas e posterior aplicação em sala de aula junto com os alunos e avaliação.

Quando falei sobre as questões éticas do fazer pesquisa, com utilização de filmagens e gravações com os alunos, a professora mencionou que autorizaria as filmagens e gravações formalmente, pois compreendeu toda a questão ética de sigilo dos dados e da não divulgação das identidades dos sujeitos.

Sendo assim, agendamos uma reunião para o dia 23 de novembro de 2012 (sexta-feira) na escola para conversarmos com as bolsistas do Pibid e com a diretora da escola sobre o projeto. Nessa reunião também projetamos analisar o plano anual de ensino da professora, que é baseado no Currículo Básico da Escola Estadual do Espírito Santo, e conversamos sobre a inserção das atividades experimentais investigativas no planejamento do primeiro trimestre do ano de 2013. Nesse encontro também pretendíamos fazer um levantamento dos materiais que a escola já possuía e que poderiam ajudar na elaboração das atividades.

No dia 23 de novembro de 2012 a reunião aconteceu na sala de professores da escola. Inicialmente conversei com as bolsistas do Pibid sobre o projeto de pesquisa do doutorado. Abordamos questões relativas à pesquisa-ação, inclusão pela ciência, método científico e linguagem. Falamos sobre como a linguagem científica é uma linguagem muito rebuscada e de difícil compreensão, necessitando da mediação do professor. Combinamos de fazer encontros periódicos às quartas-feiras na escola e na Ufes. As bolsistas e a professora manifestaram a necessidade de começarmos o

planejamento e as atividades de formação imediatamente, para que quando começassem as aulas em fevereiro de 2013 já tivéssemos o planejamento de intervenção em sala de aula com as atividades. Combinamos de pensar e articular como seriam as atividades experimentais investigativas. Discutimos sobre a abordagem interativa, dialógica e compreensiva na condução do processo.

No dia seguinte, entreguei à professora a carta-convite para participar dos nossos encontros, que teriam início no dia 28/11/12 às 14h, na sala 12 do IC IV – Labec (Anexo A). A carta serviria para estarmos formalizando na escola as reuniões com a professora.

Ainda nesse dia, a professora e eu começamos a conversar, enquanto ela aplicava prova de recuperação a alguns alunos em sala de aula. Após a prova, resolvemos nos reunir para planejarmos o desenvolvimento das atividades com os alunos. Apresentei à Andréia o manual do professor, do livro didático *Química e Sociedade* (SANTOS; MÓL, 2010), que nos fornece uma proposta didática de desenvolvimento de atividades baseadas em uma abordagem temática denominada Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS. Com base nessa proposta, montamos a seguinte estratégia para nosso projeto de atividades a ser detalhado com as bolsistas do Pibid:

1. escolha da abordagem temática, seleção dos conteúdos;

2. seleção das atividades experimentais investigativas;

3. formulação de um questionário para levantamento das hipóteses dos estudantes acerca do tema e dos conceitos envolvidos;

4. análise das respostas dos estudantes;

5. contextualização e problematização com os alunos a serem feitas pela professora, considerando as hipóteses dos estudantes;

6. aplicação da atividade experimental investigativa com mediação da professora

7. discussão dos resultados com os alunos;

8. elaboração de relatório científico pelos alunos;

9. avaliação do relatório e do processo com os alunos, professora e bolsistas.

Então, combinamos de no dia 28/11/12, no curso de formação, decidirmos sobre os temas e conteúdos e atividades experimentais.

Discutimos sobre a questão da série que faríamos a pesquisa. Se na 1ª ou 3ª série do ensino médio. Inicialmente, Andréia mostrou-se um pouco preocupada em trabalharmos com a 1ª série, pois segundo ela os alunos dessas turmas são imaturos e muitas vezes desinteressados, chegando à escola da rede municipal com uma enorme defasagem de conteúdos. Não levam a sério o trabalho feito. Havia também o conflito com relação ao número de turmas da 1ª série. São nove turmas que a professora leciona e não poderíamos aplicar a pesquisa em todas elas. Como fazer? Nesse ponto, conversamos sobre a questão da inclusão, e, nesse sentido, a 1ª série seria mais indicada, já que o índice de reprovação e evasão é muito alto nessa escola. No turno da tarde, de nove turmas de 1ª série, formam-se apenas duas de 2ª série no ano seguinte; e das duas de 2ª série, forma-se uma de 3ª série no ano subsequente. Então, trabalhar com a 1ª série seria uma forma de incluir esses alunos na cultura científica e quem sabe possibilitar sua permanência na escola.

A partir disso, a professora mencionou que considerava que os conteúdos da 1ª série viabilizam mais as atividades experimentais, pois trabalham bioquímica celular e citologia, que são conteúdos que propiciam resultados mais rápidos em sala de aula. Por outro lado, a professora demonstrou preferir trabalhar com as turmas de 2ª e 3ª séries, pois, segundo ela, são alunos mais maduros e comprometidos com sua educação. No entanto, em nossa conversa, argumentei que estas turmas de 2ª e 3ª séries são turmas selecionadas, e que a grande maioria de alunos da escola são os que frequentam a 1ª série do ensino médio, e que, de certa forma, estão sendo excluídos do processo. Ao falar da minha linha de pesquisa no doutorado, "Diversidade e práticas educacionais inclusivas", a professora mencionou que não havia pensado sobre esse aspecto.

Andréia mencionou que a fama da escola é de ser muito rigorosa com as avaliações, e as disciplinas da área de ciências naturais (Química, Física e Biologia) eram as que mais contribuíam na evasão e reprovação, principalmente entre alunos da 1ª série do ensino médio.

Foi então que apresentei argumentos baseados na literatura da área de educação e da educação em ciências acerca dos problemas com a não aprendizagem dos estudantes, não só na área de ciências da natureza como também de uma forma geral.

Autores como Aikenhead (2009) e Millar (2003) foram trazidos para discussão na área de educação em ciência, assim como as ideias de sociólogos, como Bernard Charlot e Bernard Lahire[20], como suporte para entendimento do processo de exclusão que ocorre na escola e que promove o fracasso escolar atribuindo em grande medida a "culpa" do fracasso aos alunos.

Após essa discussão, a professora demonstrou preocupação com a temática e revelou que isso a fez refletir sobre o assunto, quando deu o seguinte depoimento:

> Eu nunca tinha pensado sobre este ponto de vista. Eu gostaria de entender um pouco mais sobre o assunto. Eu acho, inclusive, que os conteúdos da 1ª série do ensino médio viabilizam mais as atividades experimentais, pois trabalham bioquímica celular e citologia, que são conteúdos que propiciam resultados mais rápidos em sala de aula (ANDRÉIA).

Em conversa com a professora, enfatizei a perspectiva de inclusão pela ciência. Estudando o manual do professor, do livro *Química e Sociedade* (SANTOS; MÓL, 2010), na secção "Educação, inclusão e diversidade", foram feitas diversas indagações: Será uma realidade nas escolas e no imaginário dos professores o fato de existirem alunos que não aprendem e por isso devem ser excluídos do processo educativo? Para que servem estes conteúdos? Como aplicar em minha vida estes conteúdos? Como acontece isso na prática? São algumas indagações que muitos alunos fazem para tentar dar sentido a inúmeros nomes complicados e processos biológicos difíceis de compreender. Refletimos sobre a falta de sentido que muitos alunos apresentam com relação ao conteúdo escolar e em especial na área de Ciências.

Refletimos sobre as práticas da sala de aula que visam transmitir o conteúdo de forma mastigada para que os alunos decorem e memorizem, mas depois esqueçam. Conversamos sobre a necessidade de se rever urgentemente esse tipo de ensino, repensando a prática educativa. Assim, combinamos uma reunião na Ufes-Labec para discutir mais sobre o assunto e sobre nossa proposta.

Nessas reuniões, a professora de Biologia da escola relatou que o desenvolvimento de atividades experimentais era uma demanda da escola e dos alunos, e a perspectiva das atividades experimentais investigativas iria ser uma grande oportunidade de desenvolver um trabalho de formação em serviço e de implementação

[20] Artigos extraídos do livro *Educação, escola e desigualdade*, organizado por Teresa Cristina Rego (2011).

de metodologias inovadoras, já que a escola tinha acabado de aderir a um programa do governo federal chamado "Ensino Médio Inovador" e que ela estaria coordenando uma série de ações na área de Biologia, como um clube de Ciências. Assim, reportamo-nos mais uma vez a Cohen, Manion e Morrison (2007), que nos dizem que um fator muito importante para o desenvolvimento da pesquisa refere-se ao aspecto de organização da escola. É fundamental que haja uma congruência entre o projeto de pesquisa-ação proposto e as ações em curso na escola, pois assim o projeto passa a ser também da escola.

A vivência do cotidiano da escola foi feita durante todo o processo na busca de estabelecer relações com os participantes. Essa vivência buscou, a todo o momento, conhecer o universo da escola e a explicitação do caráter coletivo e participativo da pesquisa e da construção de uma dinâmica em prol de uma cultura da cooperação.

O momento inicial foi de conhecer o grupo e verificar suas expectativas, dúvidas, possibilidades, bloqueios e anseios, de modo a propiciar um clima de confiança e colaboração, considerando sempre a voz dos sujeitos, sua perspectiva e seu sentido como parte da tessitura da metodologia e da investigação. Jesus (2008) nos fala que estreitar essas relações é uma forma de os sujeitos tomarem consciência das transformações que vão ocorrendo em si próprios e no processo.

Foi nessa fase que o meu papel como pesquisadora principal foi explicitado ao grupo. Franco (2008) nos diz que não é fácil o papel do pesquisador principal de uma pesquisa-ação. Este deve produzir um saber, transformar ações e oferecer condições formativas aos sujeitos da prática. A perspectiva é formar sujeitos emancipados e transformar as situações e os conhecimentos que as preside (FRANCO, 2008). Assim, a pesquisa-ação supõe, segundo Barbier (2002), uma conversão epistemológica, isto é, uma mudança de atitude do pesquisador, em ciências humanas.

O pesquisador, nesse sentido, não é um observador neutro e objetivo, mas sim envolvido e implicado com a pesquisa. Barbier (1985, p. 120) nos diz que a implicação, no campo das ciências humanas, pode ser definida como: "O engajamento pessoal e coletivo do pesquisador em e por sua práxis científica [...]". Assim, o pesquisador inevitavelmente está implicado com seu campo de intervenção em função de seu engajamento pessoal e coletivo.

A questão da proposição do problema de pesquisa é algo muito delicado em pesquisa-ação, pois geralmente o problema emerge da demanda da comunidade escolar e não do pesquisador, sendo assim, preconiza-se que a construção do problema se faz em processo (JESUS, 2008).

No entanto, Cohen, Manion e Morrison (2007) nos alertam que seria ingênuo diagnosticar um problema no vácuo. Os autores dizem que é importante que o pesquisador apresente suas intenções de pesquisa, e, a partir disso, inicie um diálogo com os participantes sobre se este é um problema que interessa aos envolvidos. Portanto, é imprescindível que os professores que irão participar do projeto queiram realmente se envolver, é preciso deixar claro os objetivos da pesquisa e as implicações advindas do processo. A abertura à participação é fundamental nesse tipo de pesquisa.

Nesse processo, o pesquisador deve ajudar a coletividade a ser mais consciente do problema e dar retorno aos participantes, informando-os dos resultados da investigação para avaliação da coletividade e busca de soluções. Dessa forma, o pesquisador principal articula pesquisa e ação num vaivém entre a elaboração intelectual e o trabalho de campo dos atores (BARBIER, 2002).

A partir dessas reuniões ocorreu o processo de contratualização. Barbier (2002) nos diz que a pesquisa-ação realmente começa quando ocorre a contratualização, ou seja, quando pesquisador e participantes firmam um contrato aberto que deve ser constantemente revisto. Segundo Jesus (2008, p.153):

> O pesquisador precisa ter muita paciência, cautela e ética nas relações ao adentrar no cotidiano de uma escola, pois constituir relações é uma tarefa gradual e lenta. O que o pesquisador precisa buscar é um "fazer junto", dialogar, propor, instituir possibilidades/experiências que possam motivar o outro.

Nesse ponto, iniciamos uma discussão sobre o plano de trabalho anual da professora, baseado no currículo de Biologia da escola estadual do Espírito Santo (2009), e estabelecemos um grupo de estudo visando discutir as propostas de atividades experimentais e os encaminhamentos da pesquisa de campo com os alunos.

b) 2º momento: planejamento e ação 1

Ocorrida a contratualização, iniciamos as reuniões de formação com o grupo a fim de planejarmos as ações e definirmos as atividades experimentais. A definição dos conteúdos foi baseada no currículo de Biologia da escola estadual do Espírito Santo (2009) e nos conteúdos da 1ª série do ensino médio (Anexo B).

Nossa reunião aconteceu na Ufes e a professora e as estagiárias participaram ativamente da definição das estratégias de intervenção. Com todos juntos, fiz novamente uma breve apresentação geral da proposta de pesquisa e dos pressupostos teórico-metodológico, baseados nas ideias de autores que tratam da linguagem, como Bakhtin, Vigotski, Mortimer e Scott e outros. Analisamos o plano anual da professora (que segue a listagem de conteúdos do currículo do Espírito Santo) e como faríamos a inserção temática, definição de conteúdos e conceitos e definição da prática experimental. Planejamos a execução da atividade experimental investigativa e como se daria a interação discursiva em sala de aula, mediada pela professora. A opção de trabalhar com uma atividade experimental se deu no sentido de utilizar a experimentação como mediadora da linguagem dentro de um viés investigativo, conforme evidenciamos no referencial teórico desta pesquisa.

Baseados na centralidade dos temas fotossíntese e respiração celular como temas integradores, foi proposto uma inversão nos conteúdos do currículo da 1ª série do ensino médio da rede estadual. Originalmente, a estruturação curricular proposta no Currículo Básico da Escola Estadual do Espírito Santo (Anexo B) colocava fotossíntese e respiração celular como conteúdos a serem ministrados no 3º trimestre do ano escolar e o conteúdo de ecologia era colocado como primeiro conteúdo do 1º trimestre. Propusemos começar o 1º trimestre com o conteúdo de fotossíntese e respiração celular, integrando esses conteúdos com o conteúdo de ecologia. Iniciar o ano letivo com o assunto fotossíntese e respiração celular como tema recorrente, ou seja, um assunto que não seria trabalhado uma vez só, mas em todo conteúdo de ecologia, proporcionaria uma revisão constante do tema, já que este vem se mostrando um tema complexo e de difícil compreensão pelos alunos.

Nesse ponto, houve um questionamento da professora sobre a questão de iniciar o ano letivo com um dos últimos conteúdos elencados no currículo da escola estadual do Espírito Santo. Andréia menciona que sempre seguiu a ordem estabelecida no currículo para os conteúdos em seu planejamento de ensino. Foi então que iniciamos

uma discussão sobre a questão da não linearidade dos conteúdos e também sobre a extensão do currículo, da necessidade de se cumprir todo o conteúdo.

Para essa discussão, o texto de Millar (2003) foi de grande valia, pois o autor discute e defende a necessidade de diminuição dos conteúdos elencados em currículos extremamente extensos. Millar faz uma seleção de conteúdos essenciais para um currículo de Ciências, voltado para compreensão de todos. Segundo Millar (2003, p. 85),

> [...] é importante explicitar a ideia de reações químicas em processos biológicos de modo que o estudante possa perceber [...] que plantas aumentem seu volume por meio de reações químicas usando materiais de seu ambiente. O ciclo de alguns materiais chave (por exemplo, o oxigênio e o gás carbônico da atmosfera) é também uma ideia importante, que depende de um certo nível de compreensão dos processos moleculares/atômicos dentro de (eco)sistemas fechados.

Baseados nessas considerações, expliquei que, iniciando o conteúdo pelos processos de fotossíntese e respiração celular, poderíamos utilizar esses assuntos como processos balizadores para explicar todos os outros processos ecológicos que vinham contemplados no currículo do primeiro ano, como ciclos do carbono e oxigênio, organismos autótrofos, cadeias, teias e pirâmides alimentares, relações ecológicas, biodiversidade e outros. Assim, discutimos que o currículo não é necessariamente linear e que poderíamos realizar uma abordagem em espiral, em que os conteúdos de fotossíntese e respiração celular seriam trabalhados durante todo o ano de forma recorrente, numa tentativa de romper com a tradicional abordagem fragmentada dos conteúdos, em que um não tem relação com o outro.

Escolhidos os conteúdos, pactuamos que iríamos pensar e estudar propostas de atividades que poderíamos realizar junto com os alunos para trazermos para a próxima reunião. Na reunião seguinte, trouxemos algumas propostas e após ampla discussão definimos coletivamente que as atividades experimentais seriam baseadas no experimento “A vida dentro de uma garrafa”. A escolha dessa atividade experimental investigativa, que é realizada com materiais simples, como garrafas PET transparentes, terra e uma pequena planta, reforça o que Borges (2002) defende quando diz que para a realização de uma atividade experimental não é necessário um laboratório com aparelhos sofisticados e que muitas das atividades podem ser realizadas em sala de aula com materiais simples e até sucatas. O autor defende que mais que um ambiente

sofisticado, é necessário que o professor saiba fazer um planejamento bem feito que apresente uma clareza dos objetivos da atividade.

O planejamento dessa atividade se baseou em uma proposta contida no artigo de Medeiros, Costa e Lemos (2009). No entanto, foram feitas adaptações e ao final elaboramos um questionário com seis questões que previam a montagem de seis atividades que continham a formulação de seis situações-problema (Anexo C). Esse questionário denominamos de: "Questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes", que serviu também como roteiro para que os alunos pudessem montar as atividades posteriormente.

Questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes a ser aplicado após a montagem das atividades experimentais investigativas
Instruções: Analise cada uma das situações abaixo e escreva o que você pensa que irá acontecer:
a) Situação "1", recipiente aberto, terra úmida e colocado em ambiente iluminado
Se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente aberto, com a terra úmida e em ambiente iluminado, o que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique:
b) Situação "2", recipiente fechado, terra úmida e em ambiente iluminado
E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente fechado, que não desse para entrar ar, com a terra úmida e em ambiente iluminado. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique:
c) Situação "3", recipiente aberto, terra úmida e em ambiente escuro
E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente aberto, com a terra úmida e em ambiente escuro. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique:
d) Situação "4", recipiente fechado, terra úmida e em ambiente escuro
E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente fechado, que não desse para entrar ar, com a terra úmida e em ambiente escuro. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique:
e) Situação "5", recipiente fechado, terra seca e em ambiente iluminado
E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente fechado, que não desse para entrar ar, com a terra seca e em ambiente iluminado. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique:
e) Situação "6", recipiente fechado, terra seca e em ambiente escuro
E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente fechado, que não desse para entrar ar, com a terra seca e em ambiente escuro. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique:

Quadro 1 - Questionário de levantamento das hipóteses dos alunos sobre os resultados das seis situações-problema da atividade experimental investigativa

Esse questionário teve o intuito de compreender o que os alunos pensavam que iria acontecer em cada uma das situações-problema. Para responder ao questionário, os alunos podiam conversar entre si, levantando hipóteses acerca das situações. Millar (1989) nos diz que para uma compreensão da ciência em uma atividade experimental em sala de aula, é preciso que o professor coloque os alunos para levantarem hipóteses sobre um mesmo experimento em situações distintas, para que os estudantes possam contrastar hipóteses. O objetivo é poder proporcionar aos alunos a experiência direta das dificuldades em chegar a um consenso sobre a interpretação de dados científicos.

Foi muito interessante acompanhar a montagem dos experimentos pelos alunos e o processo de discussão que foi gerado entre eles. Houve certa empolgação e um interesse muito grande acerca dos resultados. A participação e o envolvimento dos estudantes foram considerados significativos. Durante cerca de duas semanas, os alunos acompanharam o desenvolvimento dos experimentos com atividades de observação e registro.

É preciso dizer que, para fins desta pesquisa, analisamos apenas uma turma da 1ª série do ensino médio dessa escola. No entanto, todas as nove turmas da 1ª série dessa professora realizaram as mesmas atividades da turma investigada. Inclusive, eu estive presente em várias outras turmas acompanhando as atividades junto com a professora e as estagiárias. Assim, o trabalho de pesquisa-ação teve impacto em todas as turmas da 1ª série. A própria professora fez questão que todos pudessem participar de todas as atividades.

c) 3º momento: avaliação e teorização; retroação sobre o problema

Neste momento, pesquisadora, professora e bolsistas fizeram a análise dos questionários de levantamento das hipóteses dos estudantes na escola para traçar estratégias de condução da atividade, avaliando e teorizando sobre o processo vivido, retroagindo ao problema. De uma maneira geral, os alunos compreenderam que para o desenvolvimento da planta eram necessários fatores como luz, água e gás oxigênio. No entanto, na situação-problema número 2 (Anexo C), em que a planta ficava fechada dentro da garrafa, nenhum aluno disse que a planta viveria. A grande maioria mencionou que a planta morreria sufocada/abafada por falta de ar (oxigênio). Assim, estabelecemos como estratégia a explicação de todas as situações-problema, abordando

inclusive os resultados não esperados, mas enfatizando a situação-problema número 2, demonstrando no quadro as reações químicas envolvendo os processos de fotossíntese e respiração celular.

d) 4º momento: planejamento e ação 2

Na sequência, o grupo de pesquisa (pesquisadora, professora e bolsistas) planejou o momento de discussão dos experimentos junto com os alunos, considerando as situações previstas e imprevistas.

Nesse planejamento, conversamos que a discussão do experimento junto com os alunos não deveria ser baseada em explicações rebuscadas do conteúdo, considerando que o mais importante seria a compreensão do assunto de forma simples, mas ao mesmo tempo gerando um entendimento do essencial, porque não estávamos ali para formar biólogos especialistas do assunto. Assim, por sabermos que os assuntos fotossíntese e respiração celular envolvem uma gama enorme de reações químicas e que são processos complexos e de difícil entendimento, planejamos a discussão do experimento privilegiando o essencial para a compreensão do tema.

A discussão dos experimentos foi conduzida pela professora da disciplina em sala de aula. Cada grupo de alunos levou seu experimento para a sala de aula e com a mediação da professora foi relatando o que aconteceu em cada experimento e suas expectativas quanto aos resultados esperados e inesperados. Ao mesmo tempo em que os alunos iam relatando, a professora fazia a mediação questionando os resultados e explicando e argumentando teoricamente o conteúdo. Após os relatos dos alunos, a professora sistematizou no quadro a discussão dos fenômenos observados. Ao final, ela reforçou a necessidade de elaboração do relatório das atividades e estabeleceu um padrão de como deveria ser feito esse relatório (Anexo D). Todo o processo foi filmado e anotações foram feitas em diário de campo ao final de cada dia.

As bolsistas acompanharam toda a ação, dando suporte para a professora na organização das atividades[21].

[21] O suporte das bolsistas, no contexto do desenvolvimento das atividades, junto aos alunos no transcorrer desta pesquisa, na turma investigada, ocorreu somente na atividade realizada no laboratório de ciências durante a montagem dos experimentos e aplicação do questionário de levantamento de hipóteses dos alunos. Nas demais atividades realizadas junto com os alunos em sala de aula, na turma investigada, somente eu e a professora participamos. O suporte das bolsistas na sala de aula foi realizado nas turmas do vespertino, pois o horário de supervisão delas era este.

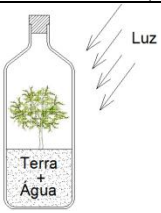
e) 5º momento: avaliação e teorização; retroação sobre o problema

Neste momento, a pesquisadora, a professora e as bolsistas[22] se juntaram para avaliar o processo e discutir os encaminhamentos seguintes.

Como encaminhamento, conversamos sobre a proposta de debate que realizaríamos com os alunos, sobre a questão que colocaríamos na prova escrita e também sobre o relatório científico que a professora pediu aos estudantes.

Nesta fase, planejamos em conjunto uma atividade em sala de aula em que os alunos trariam pequenas reportagens sobre temas sociais e ambientais[23]. O objetivo seria promover um debate a partir da questão: "[...] como os conceitos de fotossíntese e respiração celular trabalhados no experimento investigativo se relacionam aos temas ambientais propostos, tais como, desmatamento, queimadas, poluição, efeito estufa e aquecimento global, e com sua própria vida?"

Nesta fase também elaboramos uma questão que seria colocada na prova escrita dos alunos (questão 1) e uma segunda questão que foi aplicada após a prova, conforme segue (Anexo E).

Enunciado da questão aplicada aos alunos como parte da prova de Biologia
Questão 1 - Descreva o experimento de seu grupo com detalhes, dizendo o que ocorreu e as conclusões encontradas:
Questão 2 (aplicada após a prova):
 No experimento acima, realizado por um grupo de sua turma, colocamos uma pequena planta dentro de uma garrafa PET com terra e aguamos. Em seguida, lacramos e tampamos a garrafa. Então, colocamos a garrafa sob a luz solar. Passadas duas semanas, verificamos que a planta estava viva e que até cresceu um pouco! Vimos também muitas gotas de água nas bordas internas da garrafa. Com suas palavras, explique por que a planta sobreviveu.

Quadro 2 - Questões que foram abordadas em atividades avaliativas junto com os alunos

[22] Somente as bolsistas Gabriela, Janaína e Leila participaram desse momento.
[23] Essa atividade, apesar de ter sido muito importante, não foi objeto de análise nesta pesquisa.

f) 6º momento: planejamento e ação 3

Este sexto momento foi dedicado ao planejamento e à aplicação da prova e da questão adicional.

g) 7º momento: avaliação e teorização; retroação sobre o problema

Neste momento de avaliação, utilizamos como estratégia de pesquisa entrevistas reflexivas (Anexo F) com a professora. O uso de entrevistas reflexivas (SZYMANSKI, 2004; COHEN; MANION; MORRISON, 2007), com auxílio de gravação de áudio, foi feito com a professora para avaliação de todo o processo. As entrevistas reflexivas são caracterizadas como uma ferramenta que pode auxiliar na tentativa de construção de uma horizontalidade entre entrevistador e entrevistado. "A reflexividade tem o sentido de refletir a fala de quem foi entrevistado, expressando a compreensão da mesma pelo entrevistador e submeter tal compreensão ao próprio entrevistado, que é uma forma de aprimorar a fidedignidade" (SZYMANSKI, 2004, p. 15).

Desse modo, cumpre-se um compromisso ético, ao passo que o entrevistado, ao deparar-se com a sua fala, na fala do pesquisador, pode refletir sobre ela e discordar ou modificar suas proposições durante a entrevista. A entrevista reflexiva, assim, é útil para confrontar dados narrativos observados pelo pesquisador com dados dos participantes durante a entrevista.

O processo de avaliação e teorização com as bolsistas aconteceu a todo o momento, à medida que nos reuníamos para avaliar o processo. As bolsistas participaram da discussão sobre as concepções que embasavam as atividades e acompanharam o desenvolvimento das ações de avaliação e teorização. Elas atuavam fazendo a ponte entre mim, a pesquisadora, e a professora Andréia, quando ela não podia estar presente em alguma situação ou mesmo quando precisava se ausentar do processo. Na universidade, as bolsistas e eu tínhamos encontros periódicos para estudo, socialização das ações em curso na escola, planejamento da colaboração de cada uma delas no estágio, na docência e na pesquisa. Dessa forma, as bolsistas faziam a mediação entre mim e a professora, trazendo demandas e informações sobre o andamento das atividades em outras turmas que eu não estava acompanhando pessoalmente. A interlocução foi constante entre nós e o bom relacionamento das

bolsistas comigo e com a professora contribuiu em muito para o andamento dos trabalhos. Para o registro desses momentos da pesquisa, utilizei o diário de campo, descrevendo a participação das bolsistas no processo da pesquisa apesar de este não ter sido o foco deste trabalho de pesquisa.

Desse modo, apresentamos dois quadros: o quadro 3 representa uma síntese das fases do processo de pesquisa e o quadro 4 representa uma contextualização e descrição das atividades realizadas com os alunos. Ambos os quadros foram organizados a partir dos registros em diário de campo.

1º momento: Identificação de uma situação-problema – vivência do cotidiano escolar e processo de contratualização	
Início do Planejamento: Out/2012	Encontro inicial com a professora e o convite para participação na pesquisa. Envio da proposta de projeto de pesquisa. Trocas de *e-mail* para marcar reunião na escola. Foram trocados cinco *e-mails* (03/10/12, 04/10/12, 09/10/12, 17/10/12 e 25/10/12) até conseguirmos marcar a primeira reunião.
1ª reunião com a professora Data: 20/11/2012 Local: casa da professora Andréia	Contato presencial com a professora e a proposta de realização de uma pesquisa colaborativa. Momento de escuta das demandas da professora e da escola: realização de atividades práticas experimentais em função de a professora acreditar que o ensino prático experimental pode motivar os alunos e promover uma melhor aprendizagem; do laboratório de Ciências que foi montado na escola; em função de ter apoio de bolsistas do Pibid e de estagiárias de estágio supervisionado da Ufes na realização das atividades. Solicitação de envio de carta-convite para a direção da escola, pedindo autorização para que a professora pudesse participar da pesquisa e explicando os objetivos do projeto.
2ª reunião Professora e bolsistas do Pibid Data: 23/11/2012 Local: sala de professores da escola	Apresentação geral da proposta e envolvimento das bolsistas do Pibid no processo. Definição de reuniões de planejamento e formação com o intuito de discussão da proposta e das atividades.
3ª reunião de planejamento Reunião com a professora Data: 24/11/2012 Local: escola	Definição da série em que a pesquisa seria feita: discussão sobre dificuldades e possibilidades.
2º momento: Planejamento e ação 1	
4ª reunião de planejamento Reunião com a professora e bolsistas do Pibid Data: 28/11/2012	Estudo e análise da organização e planejamento da professora com base no currículo da rede estadual. Proposta da pesquisadora de inverter a ordem dos conteúdos apresentados pela professora. Iniciar os conteúdos por fotossíntese e respiração celular. Discussão, negociação e aprovação.
5ª reunião de planejamento: Reunião com a professora e bolsistas do Pibid Data: 19/12/2012	Discussão sobre qual atividade experimental utilizar para abordar o tema. Definição da atividade com base nas propostas trazidas pela

Local: Ufes	professora e bolsistas. Pesquisadora se compromete em sistematizar as discussões e enviar para o grupo com a programação geral da intervenção.
6ª reunião de planejamento: Reunião com a professora e bolsistas do Pibid Data: 21/12/2012 Local: Ufes	Análise do questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes (roteiro do experimento), da metodologia de aplicação, e o consenso de inserir mais uma possibilidade dentro do experimento, passando de cinco para seis possibilidades, em função do elevado número de alunos em cada sala.
7ª reunião de planejamento Reunião com professora e bolsistas do Pibid Data: 04/02/2013 Local: escola – JPP – Jornada de Planejamento Pedagógico	Organização na escola Pensamento e ação inicial de colocar sementes de feijão para germinar. Viu-se que isso iria demorar e optou por comprar as mudas em um viveiro. A professora decide, em colaboração com a pesquisadora e as bolsistas, que fará os experimentos com todas as suas nove turmas de 1º ano, para que todos possam participar.
8ª reunião de planejamento Reunião com professora e bolsistas do Pibid Data: 05/02/2013 Local: escola – JPP – Jornada de Planejamento Pedagógico	Planejamento sobre a condução da atividade a ser realizada no laboratório de Ciências da escola. Acerto de questões práticas, como xerox e compras de mudas.
3º momento: Aplicação do questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes e análise das respostas	
Primeiros contatos da professora com os alunos Data: 06 a 21/02/2013 Local: escola (sala de aula)	A professora faz a contextualização inicial com os alunos sobre o projeto e sobre o experimento (a professora fornece o motivo para a aprendizagem e os alunos retornam ficando motivados). Solicitação aos alunos de trazerem para a escola garrafas PET para realização do experimento. Saída da professora para compra de mudas, com apoio das bolsistas do Pibid.
Data: 22/02/2013 Local: laboratório de Ciências da escola	Aplicação do questionário/roteiro de levantamento das hipóteses dos estudantes. Explicações da professora, montagem das seis situações-problema. Discussão entre os alunos acerca das hipóteses de trabalho.
Atividade de observação Data: 25/02/2013 a 12/03/2013 Local: escola	Observação dos experimentos pelos alunos durante duas semanas. Anotações no caderno.
Reunião de planejamento: Data: 26/02/2013 Local: escola	Análise dos questionários de levantamento das hipóteses dos estudantes sobre as situações investigadas.
4º momento: Planejamento e ação	
Reunião de planejamento Professora e bolsistas do Pibid Data: 06/03/2013 Local: escola	Discussão sobre como proceder às explicações das seis possibilidades do experimento. Discussão de uma atividade que articulasse os conceitos de fotossíntese e respiração celular a temas ambientais.
Atividade: discussão do experimento Data: 13/03/2013 Local: sala de aula	Filmagem da professora explicando os experimentos aos alunos. Solicitação por parte da professora para que os alunos façam anotações para elaboração do relatório científico.

Atividade: continuação da discussão do experimento Data: 15/03/2013 Local: sala de aula	Filmagem da professora explicando os experimentos aos alunos (continuação das explicações). Explicações sobre a elaboração do relatório. Forneceu modelo de relatório.
5º momento: Planejamento e ação	
Atividade: professora e pesquisadora Data: 16/03/2013 Local: escola	Planejamento da atividade de debate na qual os alunos deveriam articular os temas de fotossíntese e respiração celular com problemas ambientais, como aquecimento global, poluição de águas, eutrofização, efeito estufa, desmatamento, queimadas e outros. Para isso, a professora pediu que os alunos trouxessem reportagens de revistas e jornais acerca dos temas e orientou a atividade perguntando: como estes temas ambientais se articulam aos conceitos de fotossíntese e respiração celular? Planejamento da questão da prova e da questão adicional.
Atividade: alunos, professora e pesquisadora Data: 22/03/2013 Local: sala de aula	Discussão das reportagens trazidas pelos alunos. Mediação da professora e da pesquisadora. Como os conceitos de fotossíntese e respiração celular se articulam aos problemas ambientais trazidos nas reportagens?
6º momento: Provas	
Atividade: aplicação de prova escrita Data: 12 de abril de 2013 Local: sala de aula	Aplicação da prova
Aplicação de questão adicional Data: 24/04/2013 Local: sala de aula	Aplicação de questão adicional
7º momento: Entrevista avaliação	
Atividade: entrevista Data: 11/05/2013 e em fevereiro de 2014 Local: laboratório de Ciências da escola	Entrevistas reflexivas com a professora

Quadro 3 - Descrição das fases da pesquisa.

Fonte: diário de campo (início em outubro de 2012 e término fevereiro de 2014) – anotações do processo

1º Etapa: envolvimento; explicando o questionário de levantamento das hióteses prévias dos estudantes; aplicação do questionário	**1ª Aula**	**Objetivos da professora**	Envolver os alunos nas atividades do projeto; Explicar sobre as atividades da disciplina em relação ao projeto; Delimitar as regras de convivência; Conhecer os alunos
		Duração	Hora/Aula: 50 minutos
		Descrição	Primeiro contato com a turma. Apresentação da professora. Regras gerais de convivência. Explicações sobre dinâmica das aulas. Apresentação da pesquisadora e das estagiárias. Explicações breves sobre o projeto. A professora conhece os alunos. Pede para trazerem garrafas PET para montagem do experimento no laboratório de Ciências da escola.
	2ª Aula	**Objetivo**	Explicar aos alunos as seis perguntas presentes no questionário (seis possibilidades do experimento sobre fotossíntese e respiração celular). Orientar a montagem do experimento. Solicitar que os alunos levantem hipóteses e respondam às perguntas. Laboratório de Ciências.
		Duração	Hora/Aula: 50 minutos
		Descrição	A professora leva os alunos para o laboratório de Ciências, divide a turma em seis grupos e os posiciona nas bancadas do laboratório. A professora, com a ajuda das bolsistas, distribui os materiais e os questionários/roteiros entre os grupos. A professora lê com os alunos as seis situações-problema contidas nos questionários e vai orientando a montagem dos experimentos. Os alunos vão montando os experimentos e já discutindo possíveis hipóteses explicativas para cada uma das seis situações. Os alunos vão escrevendo suas hipóteses nos questionários. Ao final, as bolsistas recolhem os questionários.
	3ª Aula	**Objetivo**	Discutir e explicar com os alunos as seis possibilidades do experimento sobre fotossíntese e respiração celular a partir dos resultados obtidos.
		Duração	Hora/Aula: 50 minutos
		Descrição	A professora divide a turma em seis grupos. Cada grupo traz para a sala seu experimento. A professora solicita que cada grupo descreva seu experimento e apresente seus resultados. Após cada apresentação, a professora vai fazendo perguntas aos alunos e explicando os resultados esperados e não esperados de forma oral e com a ajuda do quadro, ora escrevendo, ora desenhando. A professora solicita que os alunos façam anotações sobre os resultados para posterior confecção de relatório científico.
2ª Etapa: explicando e discutindo os experimentos com os alunos	**4ª Aula**	**Objetivo**	Discutir e explicar com os alunos as seis possibilidades do experimento sobre fotossíntese e respiração celular a partir dos resultados obtidos. Explicar aos alunos como deve ser feito o relatório científico do experimento.
		Duração	Hora/Aula: 50 minutos
		Descrição	Continuar a discussão do experimento com os alunos, enfatizando os conceitos de fotossíntese e respiração celular. Solicitar aos estudantes a confecção de relatório científico sobre o experimento. Para isso, a professora fornece modelo de relatório a ser seguido. Solicitação de trabalho

			de pesquisa sobre como alguns problemas ambientais da atualidade se articulam com os fenômenos da fotossíntese e respiração celular.
	5ª Aula	**Objetivo**	Discutir com os alunos como os conceitos de fotossíntese e respiração celular se articulam aos principais problemas ambientais da atualidade: aquecimento global, poluição de águas, desmatamento e outros.
		Duração	Hora/Aula: 50 minutos
		Descrição	Apresentação dos alunos sobre os temas ambientais, articulando-os aos conceitos de fotossíntese e respiração celular. Debate.
	6ª e 7ª Aulas	**Objetivo**	Avaliar os alunos
		Duração	Hora/Aula: 50 minutos
		Descrição	Aplicação de prova escrita contendo uma questão sobre o experimento (Anexo E) e outras questões sobre conteúdos de ecologia. Aplicação de outra questão sobre o experimento.

Quadro 4 - Contextualização e descrição das atividades realizadas com os alunos: anotações sobre o processo

4.2.2 Procedimentos de análise dos dados

Para fins de análise do processo (análise microgenética perpassada por uma abordagem compreensiva-interpretativa), delimitamos dois grandes eixos de análise: 1 - a ação mediada intencional no trabalho com os alunos; 2 - os enunciados e sentidos produzidos durante o processo da pesquisa na perspectiva da professora. O primeiro eixo foi subdividido em três momentos: (i) o levantamento das hipóteses dos estudantes sobre os possíveis resultados das seis situações do experimento e a montagem desses experimentos no laboratório de Ciências da escola; (ii) a intervenção da professora em sala de aula com os alunos; (iii) o trabalho de avaliação dos alunos por meio de provas escritas. O segundo eixo foi subdividido em 6 categorias de análise extraídas a partir das entrevistas reflexivas realizadas com a professora.

Para a análise dos dois primeiros momentos do primeiro eixo (A ação mediada intencional no trabalho com os alunos), utilizamos a noção de episódios. Mortimer e Scott (2003), inspirados na noção de enunciação de Bakhtin, definem episódios como segmentos do discurso que têm fronteiras claras, em termos de conteúdo temático, da fase didática ou das tarefas que são desenvolvidas. Assim, para cada ato, ou seja, para aquilo que ocorre na ação ou no pensamento, conforme

compreendido por Wertsch (1999), delimitamos um episódio.

A atividade de levantamento das hipóteses dos estudantes sobre os possíveis resultados das seis situações do experimento e a montagem desses experimentos no laboratório de Ciências da escola foi toda filmada e posteriormente transcrita. Após a transcrição, circunscrevemos os cinco elementos da ação mediada (ato, cena, agente, agência e propósito) e delimitamos um episódio.

Na atividade de intervenção da professora em sala de aula com os alunos para a explicação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular foram delimitados três episódios a partir da transcrição das filmagens das aulas. Em cada episódio, os cinco elementos da ação mediada (ato, cena, agente, agência e propósito) foram circunscritos.

As análises dos episódios no primeiro e segundo momentos do primeiro eixo se basearam nas dez afirmações propostas por Werstch (1999) na caracterização da ação mediada, nas ideias de Vigotski sobre formação de conceitos científicos e nas ideias de Bakhtin sobre produção de sentidos.

No terceiro momento do primeiro eixo, realizamos uma análise baseada no movimento dos sentidos e apropriação das palavras alheias acerca dos conceitos de fotossíntese e respiração celular baseando-nos nos enunciados dos alunos contidos em uma questão de uma prova escrita.

No segundo grande eixo de análise (o processo de formação da professora: enunciados e sentidos produzidos durante a pesquisa) realizamos uma análise compreensiva que visou entender quais os sentidos foram produzidos junto com a professora ao final do processo de pesquisa colaborativa. Seis dimensões emergiram a partir das entrevistas reflexivas e foram analisadas dentro de uma perspectiva compreensiva e interpretativa baseada nas ideias de Bakhtin (2011).

5 ANÁLISE DOS DADOS: A AÇÃO MEDIADA INTENCIONAL NO TRABALHO COM OS ALUNOS

No processo de análise dos dados, discutiremos os principais aspectos relativos à formação de conceitos e ação mediada, uma vez que esta pesquisa teve como objetivo geral investigar o papel da ação mediada na configuração dos sentidos que perpassam um processo de interação discursiva em uma sala de aula de Biologia, que visava abordar os conceitos de fotossíntese e respiração celular. Especificamente, partimos da tese de que a ação mediada de natureza organizada, dialógica e compreensiva favorece a formação desses conceitos científicos por alunos do ensino médio.

A partir da perspectiva interativa travada entre a professora e os alunos, a ação mediada da professora adquire características específicas, as quais são perpassadas por formas historicamente construídas de posicionamento como professora e de atuação durante a aula. Nesse processo, destacam-se também modos de dizer construídos historicamente, na relação entre professores e alunos, diante dos processos de ensino e de aprendizagem. A ação mediada, que se dá na interação entre professor e alunos e destes com os conhecimentos, é o foco da aula. É esse movimento que nos interessa compreender.

Conforme anunciamos no referencial teórico utilizado, a formação dos conceitos parte de uma noção de níveis de generalidade, ou seja, de níveis menores de generalidade para níveis com maior grau de generalidade e abstração que é propiciada pelo que Vigotski (2009) denomina de ensino fecundo. Já a análise da ação mediada, conforme Wertsch (1999) delimita, é centrada principalmente nos agentes e nas ferramentas culturais utilizadas. E assim, as análises feitas nesta pesquisa centram-se no processo interativo que ocorre entre a professora Andréia, seus alunos e o conhecimento. Sabemos que ação mediada na sala de aula implica uma forte atuação do professor, como aquele que organiza e conduz os processos de ensino e de aprendizagem. E dessa forma, tomaremos a ação da professora em constante interação com os alunos, pois entendemos que ambos se configuram como agentes da ação.

O fato de as análises se centrarem nos agentes e nas ferramentas culturais não quer dizer que os demais elementos da ação mediada, como a cena, o ato, o

propósito e a agência, não sejam abordados. Entendemos que esses elementos inevitavelmente estão articulados com as ferramentas culturais e com os agentes que operam com essas ferramentas.

Wertsch (1999) defende que quase toda ação humana é uma ação mediada, e por isso é muito difícil oferecer uma definição rígida ou um sistema de classificação que englobe cada instância da ação mediada. Como já foi comentado no referencial teórico, Wertsch (1999) apresenta dez afirmações básicas que caracterizam a ação mediada e as ferramentas culturais: 1) a ação mediada se caracteriza por uma tensão irredutível entre o sujeito e as ferramentas culturais; 2) as ferramentas culturais são materiais; a materialidade é uma propriedade de qualquer modo de produção; 3) a ação mediada pode ter múltiplos objetivos simultâneos; 4) a ação mediada se situa em um ou mais caminhos evolutivos; 5) as ferramentas culturais restringem e ao mesmo tempo possibilitam a ação; 6) novas ferramentas culturais transformam a ação mediada; 7) a relação dos agentes com as ferramentas culturais pode caracterizar-se do ponto de vista do domínio; 8) ou da apropriação; 9) as ferramentas culturais podem ser produzidas por motivos alheios à facilitação da ação; 10) as ferramentas culturais se associam com o poder e a autoridade.

As afirmações básicas que caracterizam a ação mediada e as ferramentas culturais serão tomadas como referência na análise dos três momentos de discussão dos dados da pesquisa, sem guardarem uma linearidade ou ordem sequencial, por entendermos que elas aparecem em diversos momentos da análise.

Para compreender o processo de ação mediada da professora na relação com os alunos e com os conceitos científicos, realizamos uma análise que dividiremos em três momentos: (i) o levantamento das hipóteses dos estudantes sobre os possíveis resultados das seis situações do experimento e a montagem desses experimentos no laboratório de Ciências da escola; (ii) a intervenção da professora em sala de aula com os alunos; (iii) o trabalho de avaliação dos alunos por meio de provas e relatórios do experimento.

Em cada um desses momentos, descreveremos a cena em que acontecem as ações, o contexto em que ocorrem, quais são as ferramentas culturais utilizadas e como são utilizadas, qual o propósito (objetivos) e como o agente (especialmente a professora) faz a mediação desse processo.

Para fins da análise da ação mediada, procuraremos realizar um relato do percurso realizado pela professora no desenvolvimento das atividades como uma forma de circunscrever o contexto em que a ação mediada ocorreu. Assim, neste capítulo explicitaremos como a professora de Biologia desenvolveu os conceitos de fotossíntese e respiração celular com os alunos a partir da estória científica que ela conta a eles.

Pretendemos abordar, ainda, quais sentidos foram produzidos pelos alunos com relação a esses conceitos, a partir da interação verbal estabelecida na sala de aula durante a abordagem dos conceitos de fotossíntese e de respiração celular. A fim de responder a essas perguntas, selecionamos fragmentos de diálogos que fossem significativos para abordar diferentes nuances da ação mediada na configuração dos sentidos sobre o tema em foco. Para tal fim, lançamos mão de enunciados das provas também, como um terceiro momento da análise dos sentidos que emergiram a partir da ação mediada e da inter-relação entre vozes que aparecem.

5.1 Primeiro momento da análise: o levantamento das hipóteses dos estudantes no trabalho de ação mediada

Iniciamos este primeiro momento da análise descrevendo o contexto mais amplo em que aconteceu este trabalho de levantamento das hipóteses dos estudantes, de modo a circunscrever o contexto da enunciação e a cena.

O questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes foi montado a partir da interação entre mim (pesquisadora principal), a professora Andréia e as cinco bolsistas do Pibid quando da definição dos conteúdos que seriam trabalhados com os alunos.

5.1.1 O laboratório de Ciências e o experimento

A atividade de explicação, montagem e levantamento das hipóteses dos estudantes sobre as seis situações-problema do experimento durou cerca de 50 minutos e foi conduzida pela professora Andréia no laboratório de Ciências da escola. Duas bolsistas do Pibid e uma estagiária do Estágio Supervisionado acompanharam toda a

ação antes, durante e após a atividade. Antes, preparando todo o ambiente (cena) para a execução da atividade; durante, auxiliando a professora; e depois, organizando novamente o ambiente para uma nova turma que iria participar.

Durante a intervenção, somente a professora conduz o processo fornecendo as orientações e explicando os procedimentos a serem realizados pelos alunos. As bolsistas auxiliam a professora e a estagiária do Estágio Supervisionado filma a ação.

A seguir, apresentamos um quadro que contém os elementos da ação mediada, com o objetivo de circunscrever a ação. Todo o diálogo foi transcrito sem interrupções no seu fluxo. Em determinados momentos, durante o fluxo do discurso transcrito, procuramos sempre esclarecer/descrever alguma situação por meio de comentários que são colocados entre parênteses.

Considerando a ação mediada como unidade de análise, Wertsch (1999) nos diz que o foco de análise é a ação humana, no caso citado, realizada pela professora (agente) na relação entre os alunos e os conhecimentos sobre fotossíntese e respiração celular. A noção de ação, nesse sentido, está ligada ao motivo (intencionalidade) da ação. Associados a esse motivo, encontramos os elementos que nos ajudam a compreender a ação mediada e os motivos da professora: ato, cena, agente, propósito e agência.

No fluxo discursivo a ser apresentado, o *ato* configura-se como aquilo que ocorre na ação ou no pensamento, ou seja, o processo de explicação feito pela professora para a montagem e preenchimento dos questionários de levantamento das hipóteses dos estudantes pelos alunos; a *cena* refere-se à situação na qual ocorreu, isto é, o contexto no qual essas atividades foram realizadas em uma situação formal de ensino feita no laboratório de Ciências da escola; o *agente* é quem realizou a ação ou o pensamento, ou seja, a professora Andréia, que conduziu a ação e os alunos; o *propósito* diz respeito à intenção do agente, ou seja, o objetivo da professora Andréia de explicar cada situação do experimento e solicitar que os alunos respondam ao questionário com suas hipóteses; e a *agência* são os instrumentos que foram utilizados, isto é, o questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes, o experimento em si e as explicações da professora.

Apesar de estes cinco elementos não terem uma existência independente, Wertsch (1999) foca as análises nos agentes e suas ferramentas culturais, porque

entender como os sujeitos agem nos auxilia a entender os demais elementos da ação (ato, cena e propósito), que estão sempre interagindo e se combinando.

A seguir, apresentamos o processo de interação verbal realizado entre a professora Andréia e os alunos, destacando os elementos que compõem a ação mediada, inserindo as falas dos sujeitos no processo dialógico e realizando uma descrição das ações que ocorreram no processo.

Cena: o laboratório de Ciências
Agentes: professora Andréia e alunos
Objetivo (propósito): montagem dos experimentos e aplicação do questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes
Contexto da enunciação: A professora Andréia leva os alunos para o laboratório de Ciências da escola depois de conversar com eles em sala de aula sobre questões de comportamento. No laboratório, Andréia divide os alunos em seis grupos de aproximadamente seis alunos e pede que cada grupo sente em uma das seis bancadas do laboratório. Após uma breve agitação dos alunos (provavelmente por estarem em um espaço diferente da sala de aula e também por ser a segunda semana de aula e muitos deles não se conhecerem ainda), Andréia pede silêncio à turma e começa dizendo:
Andréia: Pessoal, pessoal, nós vamos começar agora. Eu vou distribuir as folhas para vocês [inicia a distribuição dos questionários]. Eu vou explicar cada situação para vocês e depois vocês vão começar a responder. [Durante todo o tempo as duas bolsistas do Pibid auxiliam a professora, e a estagiária do Estágio Supervisionado filma toda a ação].
Após o término da distribuição das folhas, a professora diz:
Andréia: Então vamos lá. Eu vou pedir para que cada grupo de cada bancada escolha um aluno para ler.
[Chega à primeira bancada e diz:]
Andréia: Eu vou escolher um aluno aqui para ler. Você [aponta para uma menina]. Como é o seu nome?
Aluna: Lúcia.
Andréia: Então, vamos lá. Vamos ler? [A professora lê o enunciado geral do questionário e em seguida a aluna lê o enunciado da situação 1]. Andréia: Analise cada uma das situações abaixo e escreva o que você pensa que vai acontecer. Agora letra "a", situação 1, vai... Lúcia: **Situação "1": recipiente aberto, terra úmida e colocado em ambiente iluminado.** Se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente aberto com terra úmida e num ambiente iluminado, o que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique.
Andréia: Então gente, eu pedi para vocês trazerem de casa as garrafas PET. Então, olha só o que eu fiz, eu cortei a garrafa PET ao meio [mostra a garrafa PET cortada ao meio com duas metades]. Todo mundo olhando para mim. Então, olha o que eu faço: eu tenho aqui na minha mão uma plantinha específica, depois eu passo o nome da espécie para vocês. Ela está com a raiz na terra [tira a plantinha do vasinho e mostra para todos]. Estão vendo? Então, tá falando aqui no item 1: recipiente aberto, então vamos colocar a plantinha aqui dentro, terra úmida, então eu vou colocar um pouquinho de água aqui dentro [molha a terra] e colocar ela em ambiente iluminado. Onde vocês acham que ela deve ficar?
Alunos: No sol.
Andréia: Ali fora, certo? Então vocês vão pensar sobre isso. Se você colocar essa planta dentro de um recipiente aberto, com terra úmida e em ambiente iluminado, o que aconteceria com esta planta? Não é para responder agora. É depois. Na folha que eu dei para vocês. Vamos para a bancada 2, com a situação 2. Então, agora quem vai ler para mim é você [aponta para um menino]. Qual o seu nome?
Aluno: Lucas.
Andréia: Lucas, vamos lá.
Lucas: **Situação "2": recipiente fechado, terra úmida e em ambiente iluminado.** E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente fechado, que não desse para entrar ar, com a terra úmida e em ambiente iluminado. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê?

Explique.
Andréia: Exatamente. Vamos lá. Olha a PET. Eu abri a garrafa, coloco a planta lá dentro e fecharia a PET e vedaria a garrafa para não entrar nenhum tipo de?
Alunos: Ar!
Andréia: Só que antes eu colocaria um pouco de água, fecharia, deixaria em ambiente fechado e iluminado lá fora. E aí vocês pensariam para resolver no final de maneira individual. Agora vamos para a bancada 3 para explicar a situação 3 com vocês [se dirige ao grupo 3]. Quem vai ler para mim é Leilson, vai!
Leilson: **Situação "3": recipiente aberto, terra úmida e em ambiente escuro.** E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente aberto, com a terra úmida e em ambiente escuro. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique.
Andréia: Vamos ver então? [A professora repete todo o enunciado lido pelo aluno novamente]. Como vamos poder fazer isso? Você pega a garrafa PET, corta, coloca a planta dentro e depois... [pede para o aluno pegar o papel-cartão preto que está em cima da bancada]. Esse papel-cartão preto, o que eu faria? Eu escureceria bem [envolve o papel-cartão em volta da garrafa PET] e deixaria em que tipo de ambiente?
Alunos: Escuro!
Andréia: Colocaria lá fora? Lá no sol?
Alunos: Não, aqui dentro!
Andréia: Colocaria dentro do armário, apagaria a luz, porque o ambiente tem que ser o quê? Escuro! Vocês vão pensar então, o que vai acontecer com esta planta neste tipo de experimento. Agora eu vou lá para a bancada 4 para ler a 4 com vocês. Quem vai ler para mim? [Um aluno se dispõe] Qual o seu nome?
Aluno: Gabriel.
Andréia: Então, vamos lá.
Gabriel: **Situação "4": recipiente fechado, terra úmida e em ambiente escuro.** E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente fechado, que não desse para entrar ar, com a terra úmida e em ambiente escuro. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique.
Andréia: Ok. Eu quero que vocês lembrem que não é só colocar a resposta tal, eu quero que vocês expliquem por que vocês acham que aquilo vai acontecer, tá? [A professora repete novamente o enunciado lido pelo aluno] Agora raciocinem: pego a plantinha, coloco dentro da PET, fecharia, colocaria água porque a terra é úmida, só que o ambiente é escuro. Peguei o papel-cartão preto, imaginem que vou fechar toda a garrafa com o papel preto [faz uma demonstração] e em seguida colocar a planta em ambiente escuro. Agora, vamos para a situação 5. Agora quem vai ler para mim é uma menina bem bonita, de cabelo cacheado [risos]. [Este grupo é composto por 5 meninas e 1 menino e só uma delas está com o cabelo cacheado]. Não que as outras não sejam [risos], mas vamos lá.
Aluna: **Situação "5": recipiente fechado, terra seca e em ambiente iluminado.** E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente fechado, que não desse para entrar ar, com a terra seca e em ambiente iluminado. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique.
Andréia: Qual o seu nome mesmo?
Aluna: Roberta.
Andréia: Então, vamos lá. [Novamente a professora repete todo o enunciado lido pela aluna] Planta dentro da garrafa PET; fecharia; terra seca. Eu colocaria água aqui?
Alunos: Não!
Andréia: E ambiente o quê? Iluminado, lá fora. Vamos raciocinar o que aconteceria dentro de alguns dias depois deste tipo de experimento. Vamos lá. Situação 6 e última [se dirige ao grupo 6, que é composto por 6 meninos, olha para um menino e em seguida o aluno começa a ler a situação 6].
Aluno: **Situação "6": recipiente fechado, terra seca e em ambiente escuro.** E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente fechado, que não desse para entrar ar, com a terra seca e em ambiente escuro. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique.
Andréia: Aí, gente, oh! Pegaria a plantinha [se dirige a outro grupo e diz: "Presta atenção primeiro para depois a gente discutir e escrever"]. Coloca a plantinha na garrafa PET, fecha a garrafa, terra seca, ambiente escuro. Temos que escurecer bastante com o papel escuro e deixar ela isenta da iluminação solar. Agora é com vocês. Como eu falei para vocês, como não vai valer nota, eu quero ver exatamente o que está na cabecinha de vocês. Eu quero que vocês respondam todas as perguntas no verso da folha. Tá, pessoal? Colocar o nome e a turma.

Os alunos começam a interagir, conversando sobre as questões, trocando ideias e levantando hipóteses sobre cada uma das situações. A atividade é levada muito a sério por todos eles.
Andréia: Gente, só para vocês saberem: quem está filmando é Mirela, professora da Ufes, estudante do curso de Ciências Biológicas da Ufes, e que vai ajudar a gente nesses experimentos. Mirela é aluna do Estágio Supervisionado da Ufes. Esta é Tereza, aluna da licenciatura da Ufes, que já está comigo há quase 3 anos realizando projetos de iniciação científica da Ufes por meio do Pibid. Esta é a professora Gabriela, também da Ufes, ela é da Biologia da Ufes também e é estagiária do Pibid. Elas vão estar com a gente, tá turma?
Os alunos seguem realizando a atividade, levantando hipóteses e realizando os registros. Alguns grupos apresentam dúvidas e chamam a professora. A professora os tranquiliza dizendo que o objetivo é que eles digam o que eles esperam que aconteça sem se preocuparem com o certo e o errado. Ao final da aula, as estagiárias recolhem os questionários e os alunos se dirigem para a sala de aula.

Quadro 5 - Diálogo e descrição da condução da atividade de montagem das atividades

O contexto de realização da atividade é o laboratório de Ciências da escola e deve ser analisado do ponto de vista de que este é um dos primeiros contatos da professora Andréia com a turma investigada. Como iniciamos o ano letivo com as atividades investigativas em uma turma de 1ª série do ensino médio, em uma escola que é somente de ensino médio, a professora ainda não conhece os alunos, e ela, enquanto agente (sujeito) que opera com as ferramentas culturais, sabe que o uso dessas ferramentas só é possível se há um sujeito que saiba operar com elas.

Durante a fase de planejamento desta pesquisa, a professora relatou que a cena ou o contexto de realização da atividade (laboratório de Ciências), no seu ponto de vista, reforça um senso de investigação científica. O que representa para os alunos irem para um laboratório de Ciências, que é um ambiente diferente da sala de aula? Assim, a professora demonstra entender que a abordagem utilizada a partir do experimento pode trazer contribuições importantes para a apropriação, pelos alunos, dos conceitos de fotossíntese e respiração celular.

Nesta direção, a atividade realizada no laboratório de ciências que propõe que os alunos levantem hipóteses sobre as seis situações problema que constam no questionário, pode nos ajudar a planejar o ensino de forma mais eficaz, conforme apontam Mortimer e Scott (2003) e Borges (2002). Borges (2002) defende que o levantamento das hipóteses dos alunos constitui-se em um momento pré-atividade experimental, e que o professor pode pedir para que os alunos escrevam os possíveis resultados da situação investigada e o porquê acreditam que isso irá acontecer.

Lima, Aguiar Junior e Caro (2011, p. 865) defendem o uso de situações experimentais como recurso para introdução de conceitos. Segundo os autores:

> Situações experimentais foram também utilizadas como recurso para se introduzirem conceitos. A prática do ensino de ciências usualmente relega aos experimentos a condição de ilustrar uma explicação já dada. Nesse caso, o experimento perde sua dimensão dialógica e seu valor pedagógico. Ao utilizarmos o experimento na introdução de conceitos e modelos científicos, a intenção que temos é a de ir forjando argumentos a partir de evidências que vão sendo apresentadas, de modo a se construir uma explicação científica.

O experimento configura-se com o que Wertsch chama de ferramenta cultural técnica, pois possui uma materialidade objetiva como um artefato que se pode tocar ou manipular. No entanto, a materialidade da ferramenta cultural enquanto uma característica da ação mediada pode ser imaterial, como a linguagem falada que é utilizada o tempo todo durante a interação verbal da professora com os alunos na sala de aula. Essa materialidade resulta em modificações no agente que estão relacionadas com o domínio e a apropriação, que também são características da ação mediada.

Nesse aspecto, a experiência particular da professora e sua experiência em operar com determinadas ferramentas culturais demonstram que cada indivíduo possui uma história evolutiva peculiar e que essa história oferece uma compreensão fundamental de que tipos de habilidades ele possui.

A interação entre os agentes e as ferramentas culturais, visando a apropriação de conhecimentos pelos alunos, neste caso, é o foco da ação mediada. Para fins desse primeiro momento, analisamos o fluxo discursivo configurado no laboratório de Ciências pela professora Andréia, juntamente com os alunos e as estagiárias Mirela, Tereza e Gabriela.

Nessa cena, a professora tem um objetivo principal, que é explicar aos alunos cada uma das seis situações-problema contidas no questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes, e, além disso, montar com eles cada uma das situações-problema que contém o experimento. No entanto Werstch (1999) nos diz que a ação mediada é cercada de múltiplos objetivos. Então, mesmo que a professora tenha um objetivo principal, ela se encontra em um ambiente diferente da sala de aula convencional que é o laboratório de ciências, precisa colocar os limites para a gestão da sala de aula, ou seja, estabelecer as regras com os alunos; organizar a ação de três

estagiárias que a acompanham; explicar a atividade aos alunos; manusear uma ferramenta cultural nova para ela (que são os experimentos); e, além disso, lidar com a situação de ser observada pela pesquisadora. Esta passagem do fluxo do discurso evidencia os múltiplos objetivos da ação mediada:

> Aí gente, oh! Pegaria a plantinha... **presta atenção primeiro para depois a gente discutir e escrever** [diz isso se dirigindo a outro grupo]. Coloca a plantinha na garrafa PET, fecha a garrafa, terra seca, ambiente escuro. **Temos que escurecer bastante com o papel escuro** e deixar ela isenta da iluminação solar. **Agora é com vocês**. Como eu falei para vocês, como **não vai valer nota,** eu quero ver exatamente o que está na cabecinha de vocês (ANDRÉIA).

No primeiro momento dessa fala, a professora menciona o experimento "pega a plantinha...", logo em seguida pede a atenção dos alunos dizendo "presta atenção primeiro para depois a gente discutir e escrever", em seguida ela retoma o experimento, depois delega a tarefa aos alunos, e por último menciona sobre avaliação.

Ainda como parte dos múltiplos objetivos da ação mediada, na relação entre os alunos e o experimento, Andréia solicita que um aluno de cada grupo leia o enunciado da questão problema e aproveitando para perguntar o seu nome:

> Eu vou escolher um aluno aqui para ler. Você [aponta para uma menina]. Como é o seu nome?

Além de a ação mediada ser cercada de múltiplos objetivos simultâneos, Wertsch (1999) nos diz que ela está cercada por forças de poder e de autoridade. Os enunciados a seguir parecem demonstrar essa propriedade da ação mediada, quando a professora utiliza um discurso de poder e autoridade:

> **Eu vou escolher** um aluno aqui para ler [...].
>
> **Eu quero** que vocês respondam todas as perguntas no verso da folha. Tá, pessoal? Colocar o nome e a turma.

Então, vemos que estes múltiplos objetivos simultâneos da ação mediada parecem ter uma relação direta com a questão do poder e da autoridade como elemento que caracteriza essa ação. Questões como: "Quem tem o poder da palavra na ação?", "Quem fala?", "Quem tem autoridade para falar?" nos indicam que o domínio de uma

determinada ferramenta cultural se relaciona ao poder e à autoridade. No caso, a professora Andréia precisa marcar sua autoridade como líder do grupo e faz isso a partir do discurso pedagógico de autoridade (ORLANDI, 1996).

Werstch (1999) nos diz que em sala de aula o discurso é dominado pelo professor e a maioria das perguntas feitas pelos professores são perguntas de exame, nas quais os alunos devem responder aquilo que a professora deseja ouvir como certo, conforme ilustra a passagem abaixo:

> Leilson: **Situação "3", recipiente aberto, terra úmida e em ambiente escuro.** E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente aberto, com a terra úmida e em ambiente escuro. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique:
>
> Andréia: Vamos ver então? Como vamos poder fazer isso? Você pega a garrafa PET, corta, coloca a planta dentro e depois... Esse papel-cartão preto, o que eu faria? [...] e deixaria em que tipo de ambiente?
>
> Alunos: Escuro!
>
> Andréia: Colocaria lá fora? Lá no sol?
>
> Alunos: Não, aqui dentro!

Esse tipo de discurso é, segundo Wertsch (1999), reflexo de um padrão de interação cercado por forças de autoridade e poder. Isso acontece na medida em que a ação mediada como unidade de análise é cercada de múltiplos objetivos: a professora, ao mesmo tempo, explica a matéria aos alunos, controla a classe, administra o tempo da aula, e ainda, no caso dessa professora, afirma que possui competência, pois entende que é uma atividade na qual há uma pesquisa sendo realizada e sua ação está sendo observada e filmada.

Wertsch nos diz que se por um lado as perguntas de exame têm pouco impacto na aprendizagem, por outro, o fato de o discurso ser cercado de perguntas de exame em detrimento de perguntas autênticas (perguntas nas quais o docente não tem uma resposta preestabelecida) não quer dizer que as perguntas autênticas produzem aprendizagem de forma categórica. Talvez o mais importante seja que o professor ajude o aluno a fazer/construir perguntas autênticas. Perguntas que possam fazê-lo pensar e refletir sobre os conteúdos/temas que estão sendo ensinados.

Nesse primeiro momento de trabalho com os alunos, que foi a aplicação do questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes e a montagem das seis situações do experimento, procedemos à análise desse levantamento das hipóteses dos

estudantes e das potencialidades reveladas nas respostas ao questionário para podermos planejar as ações de intervenção em sala de aula, isto é, como procederíamos com as explicações sobre os conceitos a serem trabalhados. Esse questionário, então, contribuiu para o planejamento de como a professora iria desenvolver a estória científica sobre fotossíntese e respiração celular junto com os alunos.

É preciso salientar que o levantamento das hipóteses dos estudantes serviu como um diagnóstico do conhecimento que os alunos já traziam de suas experiências anteriores de sala de aula e de sua vida cotidiana. O tema fotossíntese faz parte dos conteúdos que deveriam ser aprendidos pelos alunos no ensino fundamental. No entanto, isso não quer dizer que esse conteúdo tenha sido ministrado em séries anteriores e/ou que os alunos tenham se apropriado dos conhecimentos abordados. Como a própria professora disse, muitos alunos já tinham ouvido falar de fotossíntese, mas outros não.

Assim, partindo de uma concepção de pesquisa que toma como foco a matriz histórico-cultural, a análise que fizemos dos discursos escritos dos alunos não seguiu uma lógica individual ou de discursos individuais, mas um "discurso coletivo". Bakhtin aponta que o discurso e os sentidos que se configuram nesse contexto não são "do indivíduo", mas produzidos socialmente, a partir da interação que se estabelece entre os sujeitos envolvidos; e, da mesma forma, os sentidos produzidos no transcorrer da interação verbal também se situam no plano social, emergem no plano intersubjetivo, a partir do diálogo entre diferentes sujeitos e entre diferentes vozes.

Isso nos leva a considerar que apesar de o foco deste estudo ser a ação mediada da professora na relação entre os alunos e o conhecimento científico, não é possível excluir os enunciados dos alunos como componentes da análise. Os enunciados são sempre respostas a outros enunciados, diz Bakhtin; dessa forma, os enunciados produzidos pela professora ao abordar os conceitos de fotossíntese e respiração celular, de certa forma, são orientados pelos enunciados dos alunos.

5.1.2 O levantamento das hipóteses dos estudantes

Ao analisar as respostas dos questionários, observamos que os alunos demonstraram compreender que a planta necessita de água, luz e oxigênio para sua

sobrevivência. No entanto, o papel do gás carbônico dentro do processo não foi mencionado. A situação 2 (planta colocada em recipiente fechado, com a terra úmida e em ambiente iluminado) do experimento foi a que mais nos chamou a atenção. E isso de fato era o esperado por nós, já que essa é uma concepção alternativa normalmente encontrada em estudos da área, como é apontado por Souza (1995) e Carlsson (2002). Os alunos relacionaram a situação 2 do experimento ao fato de que a planta morreria porque ficaria sufocada por falta de ar por estar em um ambiente totalmente fechado. Isso pode ser evidenciado nestes dois enunciados dos alunos:

> Ela morreria porque a planta tá num recipiente fechado e o oxigênio não entraria e isso faz a planta morrer.
>
> Apesar da planta estar em terra úmida e recebendo iluminação, mas sem poder receber ar, ela não poderia sobreviver por muito tempo e não poderia realizar o procedimento de fotossíntese, pois o ar é essencial. Possivelmente dentro de alguns dias ela murcharia.

Quando a palavra fotossíntese foi mencionada nas respostas dos alunos, foi no sentido de que a fotossíntese era a própria respiração da planta (STAVY; EISEN; YAAKOBI, 1987; SEYMOUR; LONGDEN, 1991). Conforme relato de um dos alunos: "A planta morreria sufocada sem oxigênio e não poderia fazer a fotossíntese". Essa situação nos reporta às pesquisas de concepções alternativas mencionadas no capítulo de revisão de literatura (STAVY; EISEN; YAAKOBI, 1987; SEYMOUR; LONGDEN, 1991) desta pesquisa e reforça o entendimento de que essa concepção alternativa é construída no plano social e não uma propriedade do indivíduo.

O entendimento dos alunos foi na direção de que a planta ficaria sem oxigênio para sobreviver. A noção de que a planta utiliza o gás carbônico do ar juntamente com a água no processo fotossintético para que produza seu alimento e o oxigênio não foi explicitada. E, além disso, não relataram que a planta utiliza esse oxigênio na respiração celular para "queimar" o alimento (glicose) produzido por ela, de forma a produzir novamente gás carbônico e energia para se desenvolver e crescer. Na realidade, a compreensão de que a planta não morreria por causa de um ciclo de gases (carbono e oxigênio), que ocorre no interior da garrafa fechada por meio dos processos de fotossíntese e respiração celular, foi a lacuna no conhecimento para que eles pudessem relatar os fenômenos.

Uma vez que compreendemos como os alunos construíram explicações

sobre as seis situações-problema, podemos entender os diversos níveis de generalidade dos conceitos que emergiram das respostas dos alunos e traçar estratégias de como o experimento poderia possibilitar a inter-relação entre conceitos. E isso seria fundamental para o modo como desenvolveríamos o processo de contar a estória científica sobre fotossíntese e respiração celular aos alunos, de maneira a possibilitar a inclusão desses conceitos trazidos pelos alunos em "classes" ou níveis de generalidade cada vez mais amplos.

Assim, com relação ao nível de generalidade dos conceitos apresentado pelos alunos no questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes, observamos que apesar de eles já trazerem a compreensão de alguns conceitos, como a importância da água, da luz e do oxigênio para o processo de sobrevivência da planta, esses conceitos possuem um baixo nível de generalidade dentro do sistema de conceitos que propiciaria a formação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular. Esses conceitos são ditos conceitos científicos com alto nível de generalidade, sendo considerados conceitos superiores (VIGOTSKI, 2009) e que para se constituírem precisam de diversos conceitos subordinados, como é o caso do conceito de água, luz e oxigênio (que foram apresentados pelos alunos no questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes). No entanto, esses conceitos subordinados, ou com baixo de nível de generalização, apresentados pelos alunos, não são suficientes para a formação dos conceitos em tela. Ainda haveria outros conceitos subordinados que não foram mencionados pelos alunos, como os conceitos de gás carbônico, glicose, energia e clorofila.

Na realidade, não esperávamos que os alunos soubessem dar essas explicações sobre estes fenômenos porque sabíamos que o conteúdo de respiração celular não havia sido ministrado aos alunos em séries anteriores. A intenção seria realizar um processo investigativo no qual os alunos levantariam hipóteses sobre os fenômenos, realizariam observações e registros, discussões sobre os resultados e elaboração de relatórios[24].

O objetivo do experimento era fornecer aos alunos um motivo que suscitasse o interesse deles em aprender sobre o assunto, e a perspectiva adotada para isso foi uma atividade experimental com enfoque investigativo. A expectativa era de

[24] Os dados dos relatórios não constam nas nossas análises.

que levantamento das hipóteses dos estudantes sobre o experimento pudesse ajudar a identificar o que eles já sabiam sobre o assunto para depois ajudá-los no processo de compreensão dos conceitos de fotossíntese e respiração celular.

Nesse sentido, as situações 1 e 2 do experimento passaram a ser o foco principal da estratégia de intervenção junto com os alunos, de maneira a compreender o papel da ação mediada na prática pedagógica desenvolvida.

5.2 Segundo momento da análise: desenvolvendo a estória científica

Para a análise da ação mediada na apropriação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular pelos alunos, neste segundo momento, nos propomos a enfocar a interação discursiva entre a professora e os estudantes no momento da discussão das situações-problema contidas no experimento. Baseamo-nos em estudos de Werstch sobre a ação mediada, destacando os cinco elementos que a compõem: a cena, o agente, o ato, o propósito e a agência.

Apesar de entendermos que foram utilizadas seis situações-problema, escolhemos duas situações como representativas do processo, as quais atendem ao interesse deste estudo: a situação 1 e a situação 2. A situação 1 do experimento é aquela na qual a planta é colocada em um recipiente aberto, com a terra úmida e em ambiente iluminado. A situação 2 do experimento é aquela na qual a planta é colocada em um recipiente fechado, com a terra úmida e em ambiente iluminado.

Para fins de análise, fragmentamos o fluxo da interação discursiva da situação-problema 1 no que Mortimer e Scott (2003), inspirados na noção de enunciação de Bakhtin, denominam de episódios. Episódios são, segundo os autores, segmentos do discurso que têm fronteiras claras, em termos de conteúdo temático, da fase didática ou das tarefas que são desenvolvidas.

Para cada ato, ou seja, para aquilo que ocorre na ação ou no pensamento, conforme compreendido por Wertsch (1999), delimitamos um episódio.

A situação 1 é dividida em dois episódios. O critério dessa divisão é que no primeiro episódio a professora Andréia tem o propósito de propiciar condições para que os alunos compreendam quais são os fatores/elementos (conceitos) envolvidos no

processo da fotossíntese. No segundo episódio a professora Andréia tem o propósito de levar os alunos a compreenderem o processo da fotossíntese.

O fluxo do discurso da explicação da situação 2 não é fragmentado, sendo considerado um episódio somente. Nesse episódio, a professora Andréia explica o processo de respiração celular, articulando-o ao processo fotossintético, e para isso utiliza a situação 2 do experimento. Ao final desse episódio, articula os conceitos de fotossíntese e respiração celular aos conteúdos de ecologia: ciclos de carbono, de oxigênio e da água, num esforço de contextualização e desfragmentação do saber.

Essa fase da análise é denominada por Borges (2002) como pós-atividade, isto é, após os alunos já terem levantado hipóteses sobre os possíveis resultados do experimento por meio do questionário de levantamento de hipóteses dos estudantes (pré-atividade). Segundo o autor, é na fase de pós-atividade que o professor promove discussões sobre os resultados obtidos, de modo a articulá-los com as previsões feitas, identificando falhas e limitações da atividade.

5.2.1 Episódio 1 da situação 1 do experimento

A situação 1 do experimento é aquela na qual a planta é colocada em um recipiente aberto, com a terra úmida e em ambiente iluminado. Na sequência, inserimos um fluxo discursivo que representa o primeiro episódio relativo à situação 1. Nesse fluxo discursivo apresentamos novamente o *ato* como aquilo que ocorre na ação ou no pensamento, ou seja, a explicação da situação 1 do experimento; a *cena* refere-se à situação na qual ocorreu o ato, ou seja, o contexto no qual essas atividades foram realizadas em uma situação formal de ensino feita na sala de aula; o *agente* é quem realizou a ação ou o pensamento, isto é, a professora Andréia, que conduziu a ação; o *propósito* refere-se à intenção do agente, ou seja, propiciar condições para que os alunos compreendam quais são os fatores/elementos envolvidos no processo da fotossíntese; e a *agência* são os instrumentos que foram utilizados, ou seja, palavra (discurso), o quadro branco, experimento (situação 1), gestos e as explicações da professora.

Cena: sala de aula
Agentes: professora e alunos
Ato (episódio 1): explicação da situação 1 do experimento
Propósito: propiciar condições para que os alunos compreendam quais os fatores envolvidos no processo da fotossíntese
Agência: palavra (discurso), quadro branco, experimento (situação 1) e gestos
Contexto da enunciação: Na sala de aula, a professora divide a turma em seis grupos. Cada grupo com seus experimentos. Ela solicita que os alunos peguem os cadernos para realizar anotações sobre os experimentos. Solicita aos alunos que eles escrevam sobre os resultados dos experimentos dizendo o que eles observaram: se aconteceu aquilo que eles esperavam, se não aconteceu aquilo que esperavam e, se não aconteceu, dizer os motivos. Ela menciona que esses dados devem constar dos relatórios. E completa dizendo que todo experimento científico tem um relatório. Ela dá cinco minutos para os alunos conversarem a respeito e depois diz que vai proceder à explicação de cada experimento e que vai precisar da ajuda deles para isso. Ela diz que utilizará o quadro quando necessário. Logo em seguida, a professora caminha até o fundo da sala e inicia o seguinte diálogo:
Professora (P) - Vamos lá, Grupo 1. Meninas, meninos, deixa eu falar uma coisa para vocês: como que era o experimento de vocês? Todo mundo ouvindo [chama a atenção da classe e pega o material do experimento na mão]. A - Ambiente aberto. A - Molhada. A - Com luz solar. P - E o que aconteceu com a planta de vocês? A (todos do grupo) - A planta morreu. P - E aí? A - Sem água. A - Ficou muito no sol. A - Sem ser molhada. P - Até quarta-feira passada tinha uma de nossas estagiárias que ia molhar para gente. Essa água que está aqui [aponta para o experimento], eu acredito que seja da chuva que caiu ontem. Agora, uma pergunta para vocês: vocês acham que a planta morreu por causa de quê? A - Sem água. A - Por causa do sol. Nesse momento percebemos a constatação dos alunos de que a planta morreu e as justificativas encontradas por eles para a morte da planta. P - Água? Então quer dizer que a planta precisava de água para crescer? Quais os fatores que determinam que uma planta vai crescer e desenvolver e se manter viva? A - Água, luz solar. P - Não é só luz solar, não. Qualquer luz, luz artificial. A - Oxigênio. P - Então o oxigênio é um fator. Mais o quê? A - [Silêncio] P - Só isso? A - [Silêncio] P - Ei, turma. Todo mundo [pede atenção]. Todo mundo tem que participar da aula. P - Então, uma planta para se manter viva, eu vou colocar aqui no quadro para a gente fazer relato disso. Então, olha pra mim, oh! oh! oh! Então: para se manter viva, vivo, o vegetal precisa de água, luz, oxigênio, e o que mais vocês acham? A - Gás carbônico. P - Gás carbônico? E por que vocês acham isso? E para que serve o gás carbônico? A - Para fermentar. P - Fermentar como? A - A planta pega gás carbônico e faz oxigênio. P - Como? [A faz um gesto que não sabe como e a professora prossegue] A - Fotossíntese. P - Olha aí, grupo 1: tem o gás carbônico também. P - A fotossíntese [...], ela [planta] pega, fabrica o oxigênio e a...? [coloca a mão no ouvido]

A - Fotossíntese.
P - A fotossíntese é o fenômeno.
A - O alimento.
P - Como é o nome desse alimento, vocês sabem?
A - Glicose.
P - Glicose!

Quadro 6 - Diálogo e descrição da explicação da primeira parte da situação 1 do experimento

No primeiro momento da aula, a professora interage com os alunos perguntando para o grupo 1 como era o experimento deles e o que aconteceu com a planta no experimento, conforme segue abaixo:

P - Vamos lá Grupo 1. Meninas, meninos, deixa eu falar uma coisa para vocês: como que era o experimento de vocês? Todo mundo ouvindo [chama a atenção da classe e pega o material do experimento na mão].

A - Ambiente aberto, molhada, com luz solar.

P - E o que aconteceu com o experimento de vocês?

A - A planta morreu.

Depois de explicarem as condições de realização da situação 1 do experimento, a constatação dos alunos foi a de que a planta morreu. Nesse momento, observamos uma tensão entre o resultado verificado a partir do experimento e o resultado esperado. Andréia, assim como os alunos, esperava um resultado para esta situação 1 do experimento que não aconteceu. A expectativa era de que a planta sobrevivesse por se encontrar nas condições em que todos os fatores necessários para sua sobrevivência estavam presentes. E como Andréia conduz a discussão nesse ambiente de tensão? A maneira que ela encontra é indagar os alunos sobre o que eles acham que aconteceu para a planta ter morrido, mas ao mesmo tempo tenta justificar o ocorrido dizendo que possivelmente foi por falta de água. As respostas dos alunos para justificar a morte da planta quando da pergunta da professora:

P - Vocês acham que a planta morreu por causa de quê?

A - Sem água.

A - Por causa do sol.

A professora aproveita as respostas dos alunos relativas à falta de água e ao sol e interage com eles com o objetivo de que compreendam quais são os fatores e elementos envolvidos no processo da fotossíntese. A estratégia para atingir esse objetivo

foi retomar o experimento e questionar os alunos sobre possíveis causas da não sobrevivência da planta. Ela tem um objetivo fundamental que é fazer com que os alunos entendam quais são os fatores envolvidos no processo de fotossíntese e, na forma de pensar da professora, isso é mais importante de ser entendido num primeiro momento do que o fato de a planta não ter sobrevivido.

Assim, para a professora, contar a estória científica sobre fotossíntese envolve primeiro delimitar quais os fatores envolvidos no processo. Na verdade, o que ela faz é delimitar alguns conceitos que darão suporte ao entendimento do processo de formação do conceito de fotossíntese. São conceitos como água, luz solar e luz artificial, gás carbônico e glicose. Assim, no processo de construção do conceito de fotossíntese, para que este se constitua e se forme, a professora considera que é necessário o entendimento de outros conceitos.

Para a formação do conceito de fotossíntese, é necessário que os alunos entendam que a planta precisa captar o gás carbônico do ar, e, ao fazer isso, ocorre uma reação química na qual esse gás, na presença de luz e de clorofila, reage com a água que a planta absorve, e em um nível celular se forma uma molécula denominada glicose (que é o alimento da planta) e o gás oxigênio. Uma vez que os alunos compreendessem o processo de fotossíntese, a professora teria como objetivo mostrar que esse conceito serviria como um conceito subordinado para a formação do conceito de respiração celular; conforme os produtos da fotossíntese – glicose e gás oxigênio – reagissem em um nível celular dentro da planta, produziriam novamente gás carbônico e água e, além disso, energia, que seria uma forma diferente da energia do sol.

À medida que explicasse os dois processos, ou seja, a formação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular, a professora teria subsídios para explicar os ciclos do carbono, do oxigênio e da água, demonstrando que os elementos químicos que compõem os conceitos subordinados ora estão em uma forma, ora estão em outra. Por exemplo, o carbono contido na molécula do gás carbônico (CO_2) vai passar no processo para a molécula de glicose ($C_6H_{12}O_6$), num processo cíclico. Então, há uma articulação constante dos conceitos que evidencia o ciclo de materiais no ambiente e o fluxo de energia (particularmente dos elementos químicos oxigênio, hidrogênio e carbono).

Abaixo, mostramos no primeiro esquema o processo de fotossíntese e no segundo, o processo de respiração celular, os quais devem ser compreendidos pelos alunos:

Machado (1999), baseada em Wertsch (1993), considera que as reações químicas funcionam como ferramentas culturais específicas, pois podem atuar como possibilidade para o entendimento de um problema ou questão que é configurada como abstrata, como no caso da fotossíntese e da respiração celular. E isso acontece à medida que a reação química fornece uma materialidade ao assunto por meio de fórmulas ou símbolos que acabam funcionando como frases, que acabam significando processos, e estes, por sua vez, indicam relações conceituais que caracterizam a linguagem científica (MACHADO, 1999).

Mortimer e Scott (2003) nos alertam que é muito importante analisar também o conteúdo da atividade em si e não somente os padrões de interação. Afinal, o professor precisa ensinar ao aluno a linguagem científica, já que este não irá aprendê-la sozinho. No caso da fotossíntese e respiração celular, que, de modo geral, são assuntos de difícil compreensão pelos alunos, como apontado na literatura da educação em Ciências, essa necessidade de mediação pelo professor como membro mais experiente e conhecedor do assunto é de fundamental importância.

Andréia, como membro mais experiente e representante em sala de aula da cultura científica, organiza sua aula de uma forma que a estória científica (OGBORN et al, 1996) sobre fotossíntese e respiração celular, que ela vai contar aos alunos, tenha coerência. Sua argumentação é pautada na ideia de convencimento. Ela usa para isso inúmeras perguntas de exame (WERTSCH, 1999) como estratégia para chamar a atenção dos alunos.

A professora Andréia inicia sua argumentação construindo com os alunos a ideia de que existem fatores envolvidos no processo de manutenção da vida de uma planta, como mostra este extrato:

P - [...] Quais os fatores que determinam que uma planta vai crescer e desenvolver e se manter viva?

A1 - Água, luz solar.

P - Não é só luz solar não. Qualquer luz, luz artificial.

A4 - Oxigênio.

P - Então o oxigênio é um fator. Mais o quê?

A - [Silêncio]

P - Só isso?

A - [Silêncio]

P – Ei, turma. Todo mundo [pede atenção]. Todo mundo tem que participar da aula.

P - Então, uma planta para se manter viva, eu vou colocar aqui no quadro para a gente fazer relato disso. Então, olha pra mim, oh! oh! oh! Então: para se manter viva, vivo, o vegetal precisa de água, luz, oxigênio, e o que mais vocês acham?

Os alunos mencionam os fatores água e luz solar. Em seguida, a professora Andréia menciona que não é somente a luz solar, mas qualquer luz artificial. Mas, se nos reportarmos ao discurso da professora no momento da explicação das atividades experimentais (durante a aplicação do questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes), podemos constatar que ela menciona várias vezes as situações de ambiente iluminado em que a planta deveria ficar "lá fora, no sol". A interlocução e interação entre a professora, as estagiárias e a pesquisadora, durante a análise dos questionários respondidos pelos alunos, é que trouxeram essa outra contribuição ao discurso da professora, durante a aula.

Segundo Wertsch (1999), isso acontece porque a ação mediada se situa em um ou mais caminhos evolutivos, ou seja, a ação mediada está historicamente situada. O contexto muda, as interações estabelecidas entre as pessoas no decorrer de um contexto e outro mudam e, dessa forma, os agentes e as ferramentas culturais se situam nesse processo de mudança. Isso porque os agentes e as ferramentas culturais têm sempre um passado e estão sempre em processo de mudança.

Na sequência, a professora menciona que existem outros fatores intervindo nessa mediação. Como os alunos não respondem, ela faz uma retomada de suas respostas, registrando-as no quadro, e lança uma nova pergunta indicando aos alunos

que ainda falta algo mais. A pergunta da professora incentiva um aluno a apontar um novo componente para a resposta à questão, conforme segue:

A - Gás carbônico.
P - Gás carbônico? E por que vocês acham isso? E para que serve o gás carbônico?
A - Para fermentar.
P - Fermentar como?

Ao mesmo tempo em que um dos alunos responde que o gás carbônico é mais um dos elementos, a professora os desafia perguntando por que eles acham isso e para que serviria o gás carbônico no processo. Nesse momento, um segundo aluno introduz o termo fermentação como resposta ao questionamento da professora. Qual a possível intenção desse aluno quando introduz o termo fermentação na interação? Seria sua intenção mudar a estrutura do discurso de autoridade proferido pela professora? Ou poderia ser o fato de querer ser reconhecido como alguém que tem autoridade para falar e de alguma forma exibir o domínio de um tema? Ou ainda seria tentar testar o conhecimento da professora sobre o assunto?

É interessante observarmos que esse aluno introduz no diálogo um componente específico, que é um termo da linguagem científica: o processo de fermentação. Um termo que sabe que a professora ouvirá e de alguma forma respeitará por se tratar de uma especificidade de seu discurso, ou seja, do discurso científico. Isso de fato ocorreu quando a professora pergunta "fermentar como?". Nesse momento, a professora desafia o aluno mostrando autoridade e o mesmo responde à questão fazendo um gesto que não sabe como. A professora prossegue organizando o discurso por meio de perguntas de exame, isto é, perguntas nas quais ela já conhece a resposta, e a julgar as respostas corretas e as incorretas. E dessa forma, quebra a tentativa do aluno de tomar a palavra. Assim, esse trecho da interação nos informa como a ação mediada é cercada por forças de poder e autoridade. Wertsch (1999) nos diz que a questão do poder e da autoridade pode estar relacionada com a autoridade de um determinado indivíduo (agente) que tem propriedade para falar sobre um determinado assunto, no caso, a professora Andréia, ou este agente pode ser também uma instituição ou mesmo uma comunidade, como a comunidade científica. E, de certa forma, o aluno em questão, ao lançar o termo "fermentação" durante a interação, o faz invocando o discurso da comunidade científica, pois sabe que essa comunidade possui autoridade para falar.

Quando aparece a ideia da fermentação na fala de um dos alunos, a professora, apesar de considerar essa fala, parece entender que essa ideia não é adequada ao contexto da construção do conceito de fotossíntese naquele momento e então segue adiante na interação, desconsiderando esse enunciado. Wertsch (1999) nos diz que as ferramentas culturais podem restringir e ao mesmo tempo possibilitar a ação. Isso ocorre porque as ferramentas culturais se relacionam a outros fatores, como os antecedentes históricos, o poder e a autoridade culturais e institucionais. No caso da fermentação, podemos entender que a ferramenta cultural restringiu e ao mesmo tempo possibilitou a ação do aluno, porque, ao ser utilizada na discussão, ela possibilitou que o aluno se manifestasse na interação, mas também a restringiu à medida que a professora não considerou que houve um deslizamento de sentido na compreensão do conceito. No processo fermentativo, realizado por fungos, ocorre a produção de gás carbônico a partir da glicose, e nesse sentido, a professora restringiu a discussão ao não considerar esse deslizamento de sentido na palavra fermentação. E o fato de a professora desconsiderar algumas respostas ditas "erradas" produz sentidos, silêncios que podem interferir no processo de apropriação dos conceitos.

Sendo que o processo de apropriação dos conceitos ocorre na mediação, isto é, em um processo mediado pelo outro, a partir da interação verbal, a desconsideração de uma resposta dita "errada" durante a mediação pode produzir sentidos que indicam a não compreensão do conceito.

A ação mediada, neste momento da análise, implica a participação dos alunos, que também orientam o fluxo de seu discurso. No processo de interação verbal, Bakhtin (2011) nos ajuda a compreender que os enunciados dos alunos se articulam com os enunciados da professora, de maneira geral, complementando-os, na medida em que respondem às perguntas feitas por ela, ou mesmo indicando uma possível não compreensão, como no caso da falta de resposta dos alunos (silêncios) ou mesmo na desconsideração de uma resposta dita "errada". Neste caso, especificamente, o fato de a resposta do aluno ser desconsiderada pela professora pode evidenciar que não está havendo uma complementaridade entre os enunciados ou interlocução com o discurso da professora, e assim os sentidos produzidos podem levar a um caminho de não compreensão do conceito ou não apropriação do conceito pretendido pela professora. Isso se dá provavelmente porque para que a compreensão ocorra, ela não pode estar separada do processo dialógico. Toda compreensão é dialógica e responsiva, segundo

Bakhtin (2011), e quando a professora desconsidera a resposta do aluno ocorre uma quebra no processo dialógico, já que a interação verbal é interrompida, nesse caso. Entretanto, isso não quer dizer que na continuidade da interlocução entre professora e alunos os enunciados que aparentemente foram desconsiderados não possam ser retomados, constituindo-se em foco de discussão por professora e alunos.

No fluxo da interação, um dos alunos tenta explicar a situação perguntada pela professora: "Para que serve o gás carbônico?"

A - A planta pega gás carbônico e faz oxigênio.
P - Como?
A - Fotossíntese.

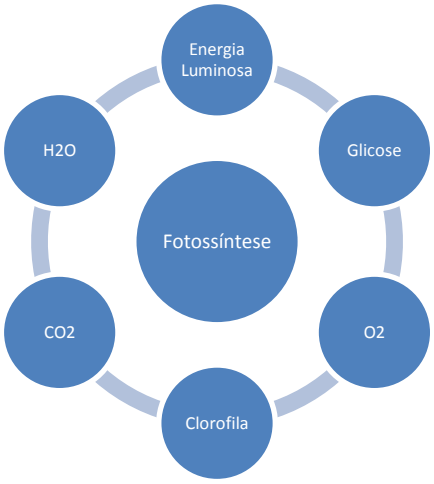
Nesse momento, Andréia fornece o *feedback*, confirmando a informação trazida pelo aluno, e faz uma pergunta que indicaria outro componente envolvido no processo, no caso o alimento, glicose:

P - A fotossíntese pega, fabrica o oxigênio e a...? [coloca a mão no ouvido esperando uma resposta]
A - Fotossíntese.
P - A fotossíntese é o fenômeno.
A - O alimento.
P - Como é o nome desse alimento, vocês sabem?
A - Glicose.
P - Glicose!

Nesse trecho da interação, Andréia conduz os alunos à enunciação e à explicitação do termo que ela pretende abordar, que é "glicose". Para isso, ela retoma a fala de um dos alunos quando o mesmo responde que na fotossíntese se produz "o alimento". Então, partindo da resposta do aluno, ela pergunta: "Como é o nome desse alimento, vocês sabem?", e outro aluno responde: "glicose". Ainda que a estratégia de interlocução da professora seja trabalhar com perguntas de exame, na interação estabelecida ela busca entremear seus enunciados com aqueles dos alunos, de tal forma que haja certa complementaridade entre esses enunciados. No jogo dialógico estabelecido, os alunos são enredados na estória científica contada pela professora, produzindo um efeito de que a estória é contada por todos.

Assim, Andréia consegue delimitar os elementos que ela considera fundamentais para a construção do conceito de fotossíntese. Esses elementos, na realidade, são os conceitos necessários para a formação do conceito de fotossíntese. São os conceitos que entrarão no sistema de conceitos que ajudarão a formar o conceito de fotossíntese. São eles: água, gás carbônico, luz, gás oxigênio, clorofila e glicose.

Consideramos a fotossíntese como um conceito superior que, segundo Vigotski (2009), é caracterizado assim por possuir uma série de outros conceitos cossubordinados, com os quais ele se encontra em relações determinadas pelo sistema do conceito superior. Assim, os conceitos subordinados são a água, o gás carbônico, a luz, o gás oxigênio, clorofila e a glicose. O esquema abaixo nos mostra o conceito de fotossíntese no centro do sistema de conceitos, sendo formado pelos conceitos subordinados que estão interligados no sistema de conceitos.



Apesar de não explicar, exatamente, cada um deles, neste primeiro episódio, a professora demonstra compreender que tem os elementos, ou seja, o domínio dos conhecimentos necessários para continuar o desenvolvimento da estória cientifica sobre fotossíntese junto com os alunos. Talvez Andréia considere que esses conceitos, de certa forma, são conceitos que os alunos já trazem de suas experiências cotidianas ou de seu processo de escolarização.

Com os elementos necessários, Andréia considera que pode dar continuidade à estória científica que está desenvolvendo. Assim, inicia-se um novo episódio (episódio 2 da situação 1) em que o propósito da professora é levar os alunos a compreenderem o processo da fotossíntese, conforme o quadro a seguir.

5.2.2 Episódio 2 da situação 1 do experimento

Cena: sala de aula
Agentes: professora e alunos
Ato (episódio 2 - situação 1): explicação da fotossíntese
Propósito: levar os alunos a compreenderem o processo da fotossíntese
Agência: palavra (discurso), quadro branco, experimento e gestos
Contexto da enunciação: Andréia começa introduzindo uma pergunta no sentido de chamar a atenção do aluno sobre como o processo acontece. E, para isso, utiliza quadro branco fazendo um desenho do experimento e explicando as variáveis envolvidas que podem ter contribuído para a morte da planta do experimento da situação 1.
P - E como que isso acontece? Vamos olhar para o quadro rapidinho. Vocês vão entender que às vezes não foi só o excesso de chuva, excesso de água ou excesso de sol. Olhando isso aqui, vai dar para entender muita coisa [escreve no quadro e desenha o experimento 1]. Tem a garrafa PET aqui, a plantinha aqui dentro. O nome dessa planta que usamos foi a *Impaties SP* [escreve no quadro o nome da planta, considerando a forma da escrita científica]. São várias espécies de um mesmo gênero que a gente chama vulgarmente, coloquialmente [igual a gente chama goiabeira, jabuticabeira], de beijinho japonês. Então, anota aí. É uma planta que vive bem na sombra, ela não gosta de calor, não, quando coloca muita luz em cima dela, ela não suporta muito calor, não. Então, temos que levar isso em conta no experimento. Atenção [faz gesto pedindo para anotarem no caderno], olha o relatório aí. Esta espécie é de sombra, não gosta de muita luz, não. Eu poderia ter escolhido outro tipo de planta, mas eu peguei esta. A - Esta planta ficou no sol? P - Sim, vocês mesmos fizeram isso. P - Então, olhando para mim, por favor, [escreve na figura do quadro] o que acontece, vamos pensar aqui. Vamos pegar uma folhinha dessa e analisar [desenha uma folha da planta em tamanho maior]. As folhas de vocês aí, os vegetais em geral, têm que cor? A - Verde. P - Por quê? O que será que tem nas folhas? A - Clorofila. P - Clorofila! P - O que é esse negócio de clorofila? Que ideia é essa? A - [?] P - Olha, falaram certinho aqui na frente. A folha é verde porque tem clorofila. Mas nem toda folha é verde, não é gente? Mas todas têm clorofila. Pode ter folhas de outras cores, mas todas têm clorofila, que é um pigmento essencial para acontecer aquele negócio que vocês falaram aí de... A - Fotossíntese. P - Que é para suprir... A - O alimento da planta. P - Que é para suprir o alimento da planta. Já viram por aí alguma planta comendo alguma coisa? Não, né? A - [Risos] P - Por quê? Porque a planta fabrica o próprio alimento dela. Então, vamos olhar aqui. O que é fotossíntese então? [escreve no quadro] Ela, a planta, precisa de quê? A - Luz solar. P - Luz. Deixa eu escrever aqui. A - Água. P - Ela precisa de água? Água? Deixa eu colocar aqui. É isso? P - O que mais? Gás carbônico? Deixa eu colocar aqui [e completa os reagentes da fotossíntese: CO2+H2O+luz]. P - Que processo vai acontecer aqui? A - [?] P - Vai acontecer a reação, o fenômeno da fotossíntese. Que acontece lá onde tem clorofila. Que normalmente é aonde? [aponta lá para fora onde tem uma árvore] Que lugar da árvore gente? A - Nas folhas. P - Nas folhas. P - Deixa eu ver uma planta aqui, gente, a de vocês [aponta para um grupo]. O caule dessa planta está

verde [pede para os alunos levantarem a planta para que os outros possam ver]. Então, o caule jovem, algumas plantinhas quando germinando têm caules verdes, pode fazer a fotossíntese. Então, a clorofila fica dentro de compartimentos, chamados de cloroplastos, que estão dentro da folha que a gente vai falar disso depois [aponta para o quadro e mostra a reação]. Então, nessa reação aqui, luz, que não precisa ser solar + água [que a plantinha bebeu a água] + CO2, o que é que acontece? Forma o quê?
A - O alimento dela.
P - O alimento dela que é a... glicose! Olha só a fórmula da glicose [escreve no quadro C6H12O6]. Só isso?
A - Oxigênio.
P - Isso! + gás oxigênio [escreve no quadro O2, gás oxigênio].
A - Essa fórmula aqui? [aponta para a fórmula do CO2]
P - Essa fórmula CO2 é do gás carbônico [escreve no quadro].
A - E a água?
P - Água – H2O.
P - Então, a planta fabrica o próprio alimento dela a partir do fenômeno da fotossíntese. Até aqui deu para entender?

Quadro 7 - Diálogo e descrição da explicação da segunda parte da situação 1 do experimento

Nesse segundo episódio de explicação envolvendo a situação 1 do experimento, que segue o fluxo do discurso do primeiro trecho, a professora depois que anuncia os elementos envolvidos no processo de fotossíntese, isto é, os outros conceitos necessários ao entendimento do conceito da fotossíntese, faz uma nova enunciação: "E como isso acontece?"

A partir daí, a professora se empenha em contar a estória científica sobre fotossíntese e sobre o experimento, contextualizando o processo. Todo o esforço da professora é no sentido de contextualizar e integrar os assuntos, fornecendo meios e recursos concretos para que os alunos possam entender o conteúdo. Ela desenha o experimento no quadro, realiza anotações no desenho e situa os alunos com relação ao tipo de planta utilizado no experimento, dizendo:

P - [...] O nome dessa planta que usamos foi a *Impaties SP* [escreve no quadro o nome da planta, considerando a forma da escrita científica]. São várias espécies de um mesmo gênero que a gente chama vulgarmente [...] de beijinho japonês. Então, anota aí. É uma planta que vive bem na sombra, ela não gosta de calor, não, quando coloca muita luz em cima dela, ela não suporta muito calor, não. Então, temos que levar isso em conta no experimento.

O enunciado acima, da professora, informa aos alunos que a planta utilizada no experimento tem como característica ser uma planta que vive bem na sombra e que é preciso levar isso em consideração no resultado do experimento, porque se esperava um resultado, que a planta sobreviveria na situação 1, e esse resultado não acontece, já que a planta morre. Essa informação é necessária para que Andréia possa discutir com os alunos sobre a ferramenta cultural utilizada (experimento), seus propósitos e o resultado do experimento. Dessa forma, evidencia-se que não há um resultado único para o

problema proposto pela situação 1 do experimento e que existem variáveis que podem influenciar no resultado.

Assim, esta passagem demonstra uma característica importante de uma atividade investigativa, na medida em que o professor em sala de aula, não diz de imediato quais seriam as respostas desse problema. O professor provoca o questionamento dos alunos, permitindo que os mesmos levantem hipóteses sobre os possíveis resultados (SÁ, 2011). No entanto, apesar de a professora ter como propósito envolver os alunos e interagir com eles, a participação e o questionamento dos estudantes na interação são restritos.

Nesta perspectiva investigativa, a ferramenta cultural utilizada (experimento) ajudou a professora (agente) a abordar o resultado obtido na situação 1 do experimento e a fazer uma discussão sobre os resultados esperados e não esperados, proporcionando uma reflexão sobre os métodos de investigação científica nos quais as variáveis, como o tipo de planta, a quantidade de sol ou de sombra, a quantidade de água, influenciam o resultado. A expectativa nesta situação 1 do experimento era a de que a planta iria sobreviver por ter todas as condições para isso. No entanto, a planta do experimento da situação 1 morreu. Quando Andréia informa que a planta utilizada no experimento tem especificidades, como sendo de sombra ou de sol, a professora mostra que não há um único aspecto a ser considerado na resposta à pergunta que disparou o diálogo. Disso decorre que não há um único discurso. O discurso não pode ser único, pois em biologia, na vida, as possibilidades são muitas. Em outras palavras, a professora pretende passar uma visão de ciência que não é estática (CHALMERS, 1993; CACHAPUZ et al, 2005).

Constatamos que a professora tem um papel fundamental na compreensão dos resultados do experimento, o que nos conduz a considerar que uma ferramenta cultural, no caso o experimento, não determina a ação de um modo estático e mecânico, como nos diz Wertsch (1999), pois ela por si mesma é incapaz de fazer alguma coisa sozinha, ou seja, é necessário um agente que saiba operar com ela de forma hábil.

Assim, orientada pela perspectiva científica adotada, a professora continua a aula, problematizando sobre a cor das folhas do experimento e a clorofila:

P - Então, olhando para mim, por favor, [escreve na figura do quadro] o que acontece, vamos pensar aqui. Vamos pegar uma folhinha dessa e analisar [desenha uma folha da planta em tamanho maior]. As folhas de vocês aí, os vegetais em geral, têm que cor?

A - Verde.

P - Por quê? O que será que tem nas folhas?

A - Clorofila.

P - Clorofila!

P - O que é esse negócio de clorofila? Que ideia é essa?

A - [?]

P - Olha, falaram certinho aqui na frente. A folha é verde porque tem clorofila. Mas nem toda folha é verde, não é gente? Mas todas têm clorofila. Pode ter folhas de outras cores, mas todas têm clorofila, que é um pigmento essencial para acontecer aquele negócio que vocês falaram aí de...

A - Fotossíntese.

Andréia, neste trecho da interação, conduz a interlocução de maneira a criar a necessidade do conceito de clorofila para, então, nomeá-lo dizendo "[...] mas todas têm clorofila, que é um pigmento essencial para acontecer aquele negócio que vocês falaram aí de...", e um dos alunos responde: "Fotossíntese".

A professora alerta os alunos sobre a diversidade da vida, a diversidade dos seres vivos. Assim, quando diz que nem toda planta tem a folha verde, mas que todas têm clorofila, ela mostra aos alunos que não há uma forma única de ver o conteúdo. Ao afirmar que nem todas as folhas são verdes, Andréia coloca os alunos para pensarem, para refletirem e se indagarem sobre o assunto.

P - [...] Então, a clorofila fica dentro de compartimentos, chamados de cloroplastos [...] que a gente vai falar disso depois. [aponta para o quadro e mostra a reação] Então, nessa reação aqui, luz, que não precisa ser solar + água [que a plantinha bebeu a água] + CO2, o que é que acontece? Forma o quê?

A - O alimento dela.

P - O alimento dela que é a... glicose! Olha só a formula da glicose [escreve no quadro C6H12O6]. Só isso?

A - Oxigênio.

P - Isso! + gás oxigênio [escreve no quadro O2, gás oxigênio].

[...]

P - Essa fórmula CO2 é do gás carbônico [escreve no quadro].

[...]

P - Então, a planta fabrica o próprio alimento dela a partir do fenômeno da fotossíntese. Até aqui deu para entender?

Ao final deste episódio, a professora retoma brevemente alguns conceitos que ela parece julgar que os alunos já sabem, como a fórmula do gás carbônico e a

fórmula da glicose, que ela chama de alimento da planta, mas sem entrar em maiores detalhes.

Na análise do episódio, constatamos que a professora tinha um único objetivo, que não pode ser atingido plenamente porque ela não considerou todas as variáveis no experimento. Na situação 1 do experimento, a expectativa era a de que a planta iria sobreviver, ou seja, o objetivo era mostrar que, tendo os elementos necessários, a planta sobreviveria, mas isso não aconteceu, e nesse sentido, o contexto também influenciou o resultado. A compreensão de que os experimentos foram realizados na escola, onde as condições objetivas de investigação não são as mesmas de um laboratório, que promove o controle de variáveis, é muito importante. Afinal, existem diferenças entre atividades experimentais feitas na escola e em laboratórios onde pesquisas científicas de ponta são feitas (BORGES, 2002; MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

Essa questão está relacionada a como se produzem as ferramentas culturais, como no caso, a atividade experimental. Quando Wertsch nos fala das consequências laterais como uma das propriedades da ação mediada, isto é, que as ferramentas culturais podem ser produzidas por motivos alheios à facilitação da ação, ele nos diz que os motivos envolvidos na produção dessas ferramentas culturais podem se relacionar ao contexto histórico envolvido na configuração dessa ferramenta.

Segundo Werstch (1999, p. 99):

> Se não entendemos como os processos pelos quais as ferramentas culturais cobram sua existência, as análises da ação mediada serão com freqüência incompletos [...] e é provável que sejamos não reflexivos e acríticos a respeito das forças que configuram a ação mediada.

Assim, é importante compreendermos o contexto histórico envolvido na configuração de atividades experimentais nas escolas. A concepção de experimento tem uma história que se origina na base da atividade científica e na origem da ciência moderna, com a introdução dos ideais do método científico como sequência linear de etapas de uma investigação e da concepção cartesiana de objetividade, neutralidade, empiria e quantificação para verificação de resultados mensuráveis. A intenção do experimento seria comprovar a teoria por meio de teste de hipóteses, da observação neutra, do distanciamento do observador, como se os valores e as crenças desse sujeito

não influenciassem nos dados e, consequentemente, na teoria produzida (CHALMERS, 1993; CACHAPUZ et al, 2005).

No entanto, a perspectiva adotada no planejamento da atividade experimental utilizada nesta pesquisa se propôs a romper com essa perspectiva histórica e apresentar uma abordagem investigativa (MUNFORD; LIMA, 2007; SÁ, 2009, 2011), em que o erro, a imprevisibilidade dos resultados, o questionamento, a problematização e a contextualização estão presentes na atividade científica, mostrando, inclusive, que a atividade investigativa escolar possui especificidades que a diferem de uma atividade investigativa experimental, como ela é feita com o objetivo de desenvolvimento de pesquisas de ponta em laboratórios de instituições científicas (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

Na condução da atividade experimental em sala de aula pela professora, a abordagem utilizada revela indícios de uma investigação, conforme mencionamos anteriormente, no que diz respeito ao levantamento de problemas, ao papel do erro e à imprevisibilidade de resultados da situação experimental. É preciso mencionar que durante o processo colaborativo estabelecido entre professora, pesquisadora e bolsistas, ocorreram atividades de reflexão sobre a prática educativa implementada e o reconhecimento de que haveria necessidade de uma maior interação entre os agentes do processo (professora e alunos). E isso é próprio do processo colaborativo adotado no qual a reflexão compartilhada sobre a ação é de fundamental importância.

Assim, Wertsch (1999) nos alerta que muitas vezes determinadas ferramentas culturais foram produzidas originalmente por motivos e forças absolutamente diferentes daquelas nas quais estão sendo utilizadas em outro contexto. É preciso deixar bem claro os propósitos da utilização de determinada ferramenta cultural para que não a utilizemos de forma equivocada e sem a devida reflexão, trazendo como consequência uma má utilização da ferramenta cultural.

Wertsch nos diz que quando tratamos do desenvolvimento da ação mediada – discutindo sobre as ferramentas culturais, os agentes e demais –, é importante refletir sobre qual é o objetivo final dessa abordagem. No caso desta pesquisa, é compreender como a ação mediada intencional pode contribuir para a formação de conceitos científicos em salas de aula de Biologia do ensino médio, levando-se em conta as

propriedades da ação mediada e o *status* dos conceitos científicos trabalhados, ou seja, seu maior ou menor nível de generalidade dentro de um sistema de conceitos.

5.2.3 Episódio 1 da situação 2 do experimento

Cena: sala de aula
Agentes: professora e alunos
Ato (episódio): explicação da fotossíntese, da respiração celular, dos ciclos do carbono, oxigênio e água
Propósito: criar condições para que os alunos compreendam os processos da fotossíntese, respiração celular e ciclos do carbono, oxigênio e água
Agência: palavra (discurso), quadro branco, experimento 2, gestos e analogias
Contexto da enunciação: Andréia chega perto do grupo 2 e pergunta sobre a situação do experimento deles. No entanto, Andréia, neste momento, sente necessidade de voltar ao grupo 1 e pergunta ao grupo: "Meninos, que vocês acham que aconteceu para a plantinha não ter sobrevivido?". E um dos alunos responde: "Sombra". E Andréia pergunta: "Ela tava na sombra ou no sol?". E um dos alunos responde: "No sol." E ela diz: "Então, pode ter sido o excesso de sol. Gente, tudo em excesso, ficou muito no sol, muita água, ficou muito componente orgânico, tudo pode interferir no desenvolvimento do vegetal, do ser vivo. Até na gente." Em seguida, diz: "Então, vamos lá. Grupo 2." Pega o material do experimento na mão e solicita que todos prestem atenção na explicação. Pede que um dos alunos explique as condições do seu experimento e em seguida pergunta o que eles esperavam que iria acontecer e o que de fato aconteceu. A partir daí, inicia o processo de explicação dessa situação com a ajuda dos alunos.
P - Todo mundo olhando aqui. Eles vão falando e eu vou mostrando. A - Ambiente fechado, luz solar, terra molhada [a professora repete cada uma das palavras]. P - E o que vocês esperavam que acontecesse? A - Que a planta fosse morrer. P - Que a planta fosse morrer. Por quê? Todo mundo olhando. Agora é aqui. Depois a gente termina aí, grupo 1. A - Ambiente fechado. P - Elas achavam que ia morrer porque o ambiente estava fechado. E a planta não ia conseguir o quê? A - Respirar. P - E a planta respira? A - [Risos] A (todos) - Respira! P - Me mostra o nariz dela aqui? A - [Risos] P - Ela respira? A - Respira! Sim! P - Ela precisa de nariz para respirar? A - Não. P - E de pulmão? A - Não! P - Como ela respira? A - Pelas folhas. P - Mas o que a folha tem para fazer isso? A - [Silêncio] P - O que é que todos os seres vivos possuem? A - [Resposta inaudível] P - Ah é? [a professora brinca dizendo que ela não tem aquilo que o aluno falou] A - [Risos] P - O que todos os seres vivos possuem? Teoria celular. A (todos) - Ah! A - Células! P - Todos os seres vivos possuem células. Então elas respiram pelas próprias células. Tem um nome para isso, nome de uma célula especial, mas eu não vou falar agora não, vou deixar um pouquinho mais para frente. Então, se estivesse tudo fechado, vocês achavam que a planta fosse morrer. E ela morreu?

A - Não!
P - Não! [pede à aluna para mostrar o experimento com a planta viva]
P - Então vamos entender: ambiente todo fechado e a nossa planta se manteve viva [vai para o quadro].
P - Olhe no quadro lá: quais são os componentes essenciais que uma planta tem? A terra, o material orgânico, nutriente e sais minerais, que são fatores importantes para a planta crescer. Os meninos lá falaram isso. Agora, tinha água, tinha luz?
A - Tinha.
P - Tinha O2 lá dentro?
A - Não.
A - Ela absorveu todo o O2 que tinha lá dentro e usou na respiração.
P - Deixa eu fazer uma pergunta então: como a planta fez a respiração?
A - Ela pegou o O2, fez a fotossíntese e depois ela...
P [interrompe a aluna] - Qual a ideia de fotossíntese, gente?
P - Faltava O2 para ela, gente?
A - Não, faltava gás carbônico.
P - Faltava gás carbônico?
P [vai para o quadro] - Olha só, vamos ver aqui. Vamos ver como funciona a respiração celular. Eu falei para vocês que ela vai direto para a célula, que a planta não tem nariz, boca, pulmão e vai direto na célula. É a chamada respiração celular [escreve no quadro]. Nós, animais, também temos respiração celular. Como, professora? Olha só, olha para mim. Olha só, quando a gente respira, o ar entra, vai para o pulmão. O ar entra e entra um monte, mas qual é o principal?
A - Oxigênio.
P - Oxigênio. O O2 entra e vai suprir todas as células do corpo desde a ponta dos pés até nossa cabeça, tudo. Porque todo mundo precisa de O2 (concorda comigo?). E aí quando chega dentro da célula vai ter a chamada respiração celular. Então, todo mundo comigo, que eu preciso de ajuda [escreve no quadro]. O O2 é utilizado na respiração celular, mas por quê? O que será que uma célula precisa para realizar esse processo de respiração celular? O que ela utiliza mais aqui? [aponta para o quadro, ao lado do O2] Vou dar um exemplo: o que acontece com um ser humano, vou dar o exemplo de você, que fica mais fácil [se dirige a um aluno]. Se eu te alimentar e te deixar respirando você vai sobreviver, não vai?
A - Vai.
P - Mas se eu tirar todo seu alimento e te deixar respirando, você vai sobreviver, não vai?
A - Vai.
A - Por algum tempo.
P - Por algum tempo! Por quê? O que vai ficar faltando?
A - O alimento.
P - Isso!
P - Mas se eu te der comida, todo tipo de comida, e depois tampar seu nariz, boca, para não entrar O2 no seu corpo, o que vai acontecer?

A - Morrer.
P - Então, nós dependemos de quê?
A - O2.
P - O2.
P - Então, o que está faltando mais ali para ocorrer a respiração celular?
A - O2.
P - Então, o que além do oxigênio?
A - Glicose.
P - Glicose. Que foi produzida onde? [mostra a reação da fotossíntese no quadro]
A (todos) - Fotossíntese.
P [vai para o quadro e escreve e fala] - A glicose entra aqui [reagindo com o O2]...
P - O O2, quando junta com a glicose, faz uma reação e o resultado da reação produz o quê? [a professora faz a ação de inspirar e expirar]
A - CO2.
P - Ah! Então libera CO2 aqui! Só? Para que se respira? Para produzir o quê? [professora começa a correr na sala]
A - Energia.
P - Energia! Pra quê? Para correr, pensar, pular! E para a planta? Para se desenvolver, para crescer. Tá dando para encaixar uma coisa com a outra? Então, vai produzir o que aqui também?
A (todos) - Energia!
P - Energia [escreve na reação do quadro] e mais o quê? Tem mais uma coisa que ela produz. Olha para

mim [a professora vai até a janela e assopra no vidro, e o vidro fica cheio de vapor de água, embaçado].
P - Embaçou o vidro?
A - Calor.
P - Calor?
P - Eu ouvi água? Água!
P - Quando o vapor bate no vidro acontece aquele fenômeno que vocês aprenderam lá atrás... condensação.
P - Então, o que a gente libera lá na respiração celular? [aponta para a equação no quadro]
P - Vapor de água [escreve na equação da respiração celular no quadro].
P - Por que será que o experimento de vocês manteve a planta viva? Precisava de estar aberta esta garrafa?
A - Não.
P - Por que não?
A - [?]
P - O que já tinha lá dentro?
A - Água.
P - Sim.
P - Tinha CO2?
A - [Silêncio]
P - Produzido na respiração celular.
P - E o O2? De onde vinha o O2 para respirar? [aponta para a equação da fotossíntese no quadro] De onde?
A - [Silêncio]
P - Da fotossíntese, gente, olha aqui. Isso é chamado de um ciclo. Ciclo do carbono, de água e ciclo do oxigênio. Olha que legal. Então, a planta produzia o O2 quando fazia a fotossíntese, produzia o alimento que ela precisava. E ela, a planta, pegava o O2 que ela produzia e a glicose. Interessante! Tá dando para sacar agora que coisa magnífica que é? Então, todo mundo anotando aí para fazer o relatório.

Quadro 8 - Diálogo e descrição da explicação da situação 2 do experimento

Nesse segundo episódio, Andréia, como membro mais experiente e representante em sala de aula da cultura científica, organiza sua aula de uma forma que a estória científica (OGBORN et al, 1996) sobre fotossíntese e respiração celular, que ela conta aos alunos, tenha coerência. Assim, a argumentação da professora é pautada na ideia de convencimento. Ela usa para isso as estratégias de conflito de opiniões, perguntas e exemplos.

Wertsch nos diz que novas ferramentas culturais transformam a ação mediada. Assim, quando Andréia introduz novas ferramentas culturais, como exemplos, a ação mediada na relação entre os alunos e os conceitos científicos pode se transformar, modificando a própria ação. Isso pode proporcionar o contexto para se avaliar as habilidades do sujeito (agente) e como esse agente funciona trabalhando com uma ferramenta cultural específica.

Neste trecho da interação, a professora utiliza as respostas dos alunos contidas no questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes. Quando diz que os alunos achavam que a planta ia morrer porque não iria conseguir respirar, a

professora desenvolve o seguinte diálogo com os alunos, provocando uma comparação com os animais ao perguntar se as plantas têm nariz:

P - Elas achavam que ia morrer porque o ambiente estava fechado. E a planta não ia conseguir o quê?
A - Respirar.
P - E a planta respira?
A - [Risos]
A (todos) - Respira!
P - Me mostra o nariz dela aqui?
A - [Risos]
P - Ela respira?
A - Respira! Sim!
P - Ela precisa de nariz para respirar?
A - Não.
[...]
P - Como ela respira?
A - Pelas folhas.

A professora utiliza como estratégia de ensino uma comparação por meio do conflito de ideias para mostrar que o processo de respiração nas plantas não acontece como nos animais. Ogborn e outros (1996) chamam essa estratégia de "criar diferenças" e apontam para a importância desse momento no processo explicativo. A professora parece buscar, muitas vezes, causar um estranhamento em relação aos fatos cotidianos, criando ambiente propício para se introduzirem explicações científicas. A estratégia de criar diferenças é elemento crucial no processo de ensino e aprendizagem. Esse contexto e modo de perguntar evocam nos estudantes o desejo de uma resposta.

As enunciações dos alunos nesse trecho da interação mostram que eles compreendem que a planta respira e que faz esse processo por meio de suas folhas.

Seguindo a interação, observamos que a professora utiliza perguntas como estratégia para manter a interação, orientar a atenção dos alunos e levá-los a problematizar o experimento:

P - Mas o que a folha tem para fazer isso?
A - [Silêncio]
P - O que é que todos os seres vivos possuem?
A - [Resposta inaudível]

P - Ah é?

P - O que todos os seres vivos possuem? Teoria celular.

A (todos) - Ah!

P - Todos os seres vivos possuem células. Então elas respiram pelas próprias células.

Nesse trecho, a professora procura construir com os alunos a noção de que: todos os seres vivos possuem células e que as plantas também são constituídas por células, por serem seres vivos; é nas células das folhas que ocorre o processo de respiração. No entanto, as perguntas utilizadas inicialmente pela professora para indagar sobre esse fato parecem não ter efeito nas respostas dos alunos, uma vez que eles ficam em silêncio diante dos questionamentos. Somente quando a professora pergunta a eles "O que todos os seres vivos possuem?", e dá logo em seguida a dica fundamental, "Teoria celular", é que os alunos reagem com alívio dizendo: "Ah!". E logo em seguida a professora esclarece que todos os seres vivos possuem células e é pelas células que as plantas respiram.

Mais uma vez observamos as marcas do processo interativo entre professora e alunos, caracterizado pelas perguntas de exame (WERTSCH, 1999). No fluxo do discurso, os alunos reagem à pergunta da professora com o silêncio, também uma forma de diálogo, com muitas possibilidades de significação. Nesse caso, o silêncio parece indicar o desconhecimento ou a não compreensão dos enunciados da professora. Diante do silêncio, ela reorienta seu discurso, lembrando aos alunos sobre a teoria celular, reestabelecendo a interlocução.

A seguir, a professora retoma uma das hipóteses dos alunos de que a planta iria morrer por não poder respirar e pergunta:

P - [...] Então, se estivesse tudo fechado, vocês achavam que a planta fosse morrer. E ela morreu?

A - Não!

P - Não! [pede à aluna para mostrar o experimento com a planta viva]

Os alunos observam a planta e veem que ela sobreviveu. Em seguida, a professora se dirige ao quadro para explicar o fenômeno:

P - Então vamos entender: ambiente todo fechado e a nossa planta se manteve viva [vai para o quadro].

P - Olhe no quadro lá: quais são os componentes essenciais que uma planta tem? A terra, o material orgânico, nutriente e sais minerais, que são fatores importantes para a planta crescer. Os meninos lá falaram isso. Agora, tinha água, tinha luz?

A - Tinha.

Até esse momento da interação, os alunos compreendem que a planta precisa de nutrientes, da água e da luz, mas quando indagados sobre a presença de oxigênio dentro da garrafa, eles dizem que a planta absorveu todo o oxigênio na sua respiração. Realmente, o oxigênio produzido é utilizado na respiração, mas a resposta de uma outra aluna é no sentido de que a fotossíntese é a própria respiração da planta: "ela pegou o O2 fez a fotossíntese [...]".Conforme mencionamos na revisão de literatura esta é uma concepção alternativa considerada persistente (STAVY; EISEN; YAAKOBI, 1987; SEYMOUR; LONGDEN, 1991). No entanto, precisamos compreender que esta concepção não pertence à aluna como indivíduo isolado. As concepções são construídas no plano social e, portanto, são construções sociais.

Antes que a aluna pudesse concluir, a professora a interrompe e lança as seguintes perguntas:

P - Qual a ideia de fotossíntese, gente? [mostra o quadro com a reação da fotossíntese]

P - Faltava O2 para ela, gente?

A - Não, faltava gás carbônico.

P - Faltava gás carbônico?

Antes que os alunos possam responder, a professora se dirige ao quadro e diz:

P - Olha só, vamos ver aqui. Vamos ver como funciona a respiração celular. Eu falei para vocês que ela vai direto para a célula, que a planta não tem nariz, boca, pulmão e vai direto na célula. É a chamada respiração celular [escreve no quadro]. Nós, animais, também temos respiração celular. Como, professora? Olha só, olha para mim. Olha só, quando a gente respira, o ar entra, vai para o pulmão. O ar entra e entra um monte, mas qual é o principal?

A - Oxigênio.

P - Oxigênio. O O2 entra e vai suprir todas as células do corpo desde a ponta dos pés até nossa cabeça, tudo. Porque todo mundo precisa de O2 (concorda comigo?). E aí quando chega dentro da célula vai ter a chamada respiração celular. Então, todo mundo comigo, que eu preciso de ajuda [escreve no quadro]. O O2 é utilizado na respiração celular, mas por quê? O que será que uma célula precisa para realizar esse processo de respiração celular? O que ela utiliza mais aqui? [aponta para o quadro, ao lado do O2]. Vou dar um exemplo: o que acontece com um ser humano, vou dar o exemplo de você que fica mais fácil [se dirige a um aluno]. Se eu te alimentar e te deixar respirando você vai sobreviver, não vai?

A - Vai.

P - Mas se eu te der comida, todo tipo de comida, e depois tampar seu nariz, boca, para não entrar O2 no seu corpo, o que vai acontecer?

A - Morrer.

P - Então, nós dependemos de quê?

A - O2.

P - O2.

Nesse fragmento do diálogo, Andréia tem o objetivo de mostrar aos alunos que sem o gás oxigênio os seres vivos morrem, e para isso ela exemplifica com uma situação do dia a dia.

Em seguida, a professora retoma as respostas dos alunos com relação à produção de glicose, perguntando onde ela foi produzida, e acrescenta novas informações, dizendo que a glicose reage com o gás oxigênio; logo após, ela pergunta sobre qual o produto da reação, o que exige um nível maior de elaboração de resposta. Um dos alunos responde corretamente dizendo: gás carbônico. Andréia confirma a resposta e elabora outras perguntas: "Só? Para que se respira? Para produzir o quê?". Então, para fornecer mais elementos para as elaborações dos alunos, a professora começa a correr e a se movimentar na sala. Daí uma das alunas diz: energia! Andréia confirma e continua a perguntar: pra quê? E responde: para correr, pensar, pular! E retorna à discussão sobre a planta: e para a planta? Ela novamente responde: para se desenvolver, crescer. Novamente pergunta: (além do CO2) vai produzir o que aqui também?

A - Glicose.

P - Glicose. Que foi produzida onde? [mostra a reação da fotossíntese no quadro]

A (todos) - Fotossíntese.

P [vai para o quadro e escreve e fala] - A glicose entra aqui [reagindo com o O2]...

P - O O2, quando junta com a glicose, faz uma reação e o resultado da reação produz o quê? [a professora faz a ação de inspirar e expirar]

A - CO2.

P - Ah! Então libera CO2 aqui! Só? Para que se respira? Para produzir o quê? [professora começa a correr na sala]

A - Energia.

P - Energia! Pra quê? Para correr, pensar, pular! E para a planta? Para se desenvolver, para crescer. Tá dando para encaixar uma coisa com a outra? Então, vai produzir o que aqui também?

A (todos) - Energia!

P - Energia [escreve na reação do quadro].

No trecho acima, Andréia constrói com os alunos a ideia de que a partir da respiração celular os seres vivos produzem energia para sobreviver. E prossegue questionando os alunos se há algo mais que aparece como produto da respiração celular:

P - [...] e mais o quê? Tem mais uma coisa que ela produz. Olha para mim [a professora vai até a janela e assopra no vidro, e o vidro fica cheio de vapor de água, embaçado].

P - Embaçou o vidro?

A - Calor.

P - Calor?

P - Eu ouvi água? Água!

P - Quando o vapor bate no vidro acontece aquele fenômeno que vocês aprenderam lá atrás... condensação.

P - Então, o que a gente libera lá na respiração celular? [aponta para a equação no quadro].

P - Vapor de água [escreve na equação da respiração celular no quadro].

A partir da interação acima, Andréia, utilizando um exemplo prático para tentar contextualizar sua pergunta, tenta mostrar que ocorre também a produção de vapor de água. E logo em seguida retoma a problematização da situação 2 do experimento e pergunta aos alunos:

P - Por que será que o experimento de vocês manteve a planta viva? Precisava de estar aberta esta garrafa?

A - Não.

P - Por que não?

A - [?]

P - O que já tinha lá dentro?

A - Água.

P - Sim.

P - Tinha CO2?

A - [Silêncio]

P - Produzido na respiração celular.

P - E o O2? De onde vinha o O2 para respirar? [aponta para a equação da fotossíntese no quadro] De onde?

A - [Silêncio]

P - Da fotossíntese gente, olha aqui.

A partir da interação com os alunos, Andréia tenta mostrar que dentro da garrafa tinha CO2 obtido na respiração celular e que o oxigênio estava presente, à

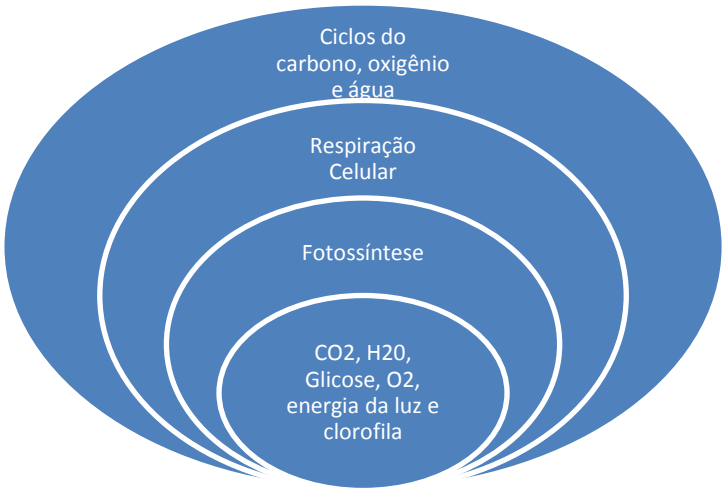
medida que a planta utilizava o CO_2 e a H_2O produzidos na respiração celular para fazer a fotossíntese e produzir o oxigênio.

Como fechamento, Andréia conclui com os alunos que dentro da garrafa fechada estava ocorrendo os ciclos do carbono, oxigênio e água.

P - Isso é chamado de um ciclo. Ciclo do carbono, de água e ciclo do oxigênio. Olha que legal. Então, a planta produzia o O_2 quando fazia a fotossíntese, produzia o alimento que ela precisava. E ela, a planta, pegava o O_2 que ela produzia e a glicose. Interessante! Tá dando para sacar agora que coisa magnífica que é? Então, todo mundo anotando aí para fazer o relatório.

Assim, para a construção do conceito de respiração celular, primeiro a professora criou as condições para que os alunos entendessem o processo da fotossíntese, ou seja, que a planta a partir da utilização do gás carbônico, da água e da luz produz o alimento (glicose) e o oxigênio. Em seguida, ela desenvolveu sua argumentação de maneira a mostrar que essa glicose produzida na fotossíntese reagiria com o oxigênio, também produzido na fotossíntese, em outro processo celular, denominado respiração celular, e produziria novamente gás carbônico, que seria utilizado juntamente com a água na fotossíntese; e, além disso, haveria produção de energia para que a planta pudesse crescer e se desenvolver. Com esse percurso, a professora buscou abordar diferentes conceitos subordinados em jogo na formação do conceito de respiração celular.

O esquema apresentado a seguir mostra os níveis de generalização para a construção dos conceitos de fotossíntese e respiração celular dentro de um sistema de conceitos que parte de níveis menores de generalização para níveis maiores de generalização.



Fotossíntese e respiração celular são considerados dois conceitos superiores, pois possuem um alto nível de generalidade, e dessa forma possuem uma série de conceitos subordinados que são necessários para sua formação. Esses conceitos subordinados são os conceitos de água, luz, clorofila, gás carbônico, gás oxigênio, energia, glicose. No entanto, ao mesmo tempo em que esses conceitos estão subordinados aos conceitos de fotossíntese e respiração celular, eles também são considerados superiores dentro do sistema de conceitos, porque para que possam se formar precisam de conceitos subordinados, como os conceitos de moléculas, de gases e de elementos químicos que os formam, como carbono, oxigênio e hidrogênio, por exemplo.

Baseados em Mortimer e Scott (2003), o caminho explicativo e argumentativo feito pela professora no desenvolvimento da estória científica, com relação ao conteúdo de fotossíntese e respiração celular, seguiu do tipo empírico-descritivo em direção ao abstrato:

1º - parte de descrições empíricas do fenômeno: Andréia constrói com os alunos quais os fatores/elementos que compõem o fenômeno da fotossíntese;

2º - explicações teóricas do fenômeno: a professora explica o fenômeno da fotossíntese;

3º - generalizações descritivas e teóricas: ela utiliza a explicação da fotossíntese para explicar o fenômeno da respiração celular;

4º - relações teóricas e descritivas: ela relaciona os fenômenos da fotossíntese e da respiração celular com os ciclos do carbono, do oxigênio e da água.

Wertsch (1999) nos diz que a relação dos agentes com as ferramentas culturais pode caracterizar-se do ponto de vista do domínio. Assim, quais são as habilidades necessárias para que um agente possa utilizar determinadas ferramentas culturais? Isso tem a ver com o domínio[25], ou seja, com o saber como usar um modo de mediação com facilidade.

Andréia demonstra saber operar com várias ferramentas culturais ou instrumentos de mediação para explicar os conceitos de fotossíntese e respiração

[25] Conforme já foi comentado, Wertsch utiliza o termo domínio em vez de internalização porque, segundo ele, a maioria das formas de ação mediada nunca "progridem" em direção a sua realização em um plano interno.

celular, indicando um domínio dessas ferramentas culturais. Ora ela **desenha no quadro,** dizendo: "Olhando isso aqui, vai dar para entender muita coisa" (escreve no quadro e desenha o experimento); ora ela **escreve no quadro,** sintetizando as ideias trazidas pelos alunos, quando aponta para o quadro e mostra a reação e diz: "Então, nessa reação aqui, luz, que não precisa ser solar + água (que a plantinha bebeu a água[26]) + CO2, o que é que acontece? Forma o quê?"; ora ela **utiliza exemplos e comparações,** quando diz "o que acontece com um ser humano, vou dar o exemplo de você, que fica mais fácil (se dirige a um aluno). Se eu te alimentar e te deixar respirando você vai sobreviver, não vai?"; e utiliza também um grande **aparato gestual,** quando coloca a mão no ouvido, pedindo para escutar as respostas dos alunos, ou diz: "Para que se respira? Para produzir o quê?" (professora começa a correr na sala de aula).

Os instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais podem caracterizar-se do ponto de vista da apropriação. Apesar de o domínio e a apropriação estarem intimamente relacionados, em alguns casos, são processos distintos. Wertsch toma de Bakhtin a noção de apropriação e a define como o processo de tornar algo próprio, ou seja, tomar algo que pertence a outro e torná-lo próprio. Destaca também que o processo de apropriação implica sempre resistência de alguma natureza.

Analisando instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais utilizados pela professora Andréia, podemos ver como ela se apropria da figura do cientista, se confundindo com ele (ORLANDI, 2006). No entanto, apesar de haver uma apropriação do discurso científico pela professora Andréia, vemos que assume também a forma de um discurso narrativo. O discurso científico é caracterizado por autores como Mortimer (1998), Halliday (2004), Wertsch (1999) e Orlandi (2006) como um discurso que cristaliza o conhecimento em definições rígidas, em uma ausência de polissemia e em um encadeamento automatizado de ideias que levam a conclusões exclusivas, reduzindo-se ao que Orlandi (2006) chama de "é porque é", por se tratar de um saber legítimo. Por outro lado, temos o discurso narrativo, que se aproxima da linguagem cotidiana, da linguagem comum na qual predominam as narrativas que relatam sequências lineares de eventos (MORTIMER, 1998).

[26]É interessante apontar que esta fala pode reforçar a concepção alternativa na qual a planta é um animal invertido conforme aponta Barker (1995).

Notamos que Andréia utiliza o discurso científico bucando articulá-lo a um discurso narrativo quando cria uma forma de desenvolver uma estória científica sobre fotossíntese e respiração celular. Conforme é apontado por Halliday (2004), existem inúmeros discursos científicos, como aqueles contidos em artigos, livros, ciência para leigos, etc., mas o objetivo de todos eles é contar algo para alguém que ainda não sabe, com uma atitude persuasiva. Assim, Andréia utiliza o discurso científico como forma de ensinar aos alunos algo que eles não sabem, tentando convencê-los da estória que é contada. Mas para isso, ela utiliza também um modo de mediação baseado em um discurso narrativo, pois conta uma estória estabelecendo uma linearidade, uma sequência com início, meio e fim.

Ogborn e outros (1996) argumentam que uma maneira de produzir mudanças no conhecimento é transformá-lo em uma narrativa, em uma estória. O uso de diversos recursos utilizados pelos professores para explicar um determinado conteúdo científico, como analogias, metáforas, exemplos, perguntas, gestos e outros, é fundamental para o entendimento dos alunos. Os autores defendem que a maneira como um professor explica a estória científica aos alunos é influenciada não só pelas estratégias didáticas utilizadas em sala de aula, mas também por sua própria história de vida pessoal, uma história que envolve experiências com alunos da turma e também o contexto de produção do discurso pedagógico.

Essa articulação entre o discurso científico e o discurso narrativo, ou entre a linguagem científica e a linguagem comum (cotidiana), como nos diz Mortimer (2014), é fundamental para a implementação em sala de aula de uma perspectiva dialógica de ensino que contemple não só as formas de pensar dos alunos, mas também evidencie o conhecimento científico como aquele que é constituído, validado e compartilhado por toda uma comunidade de cientistas. Lima, Aguiar Junior e Caro (2011) também defendem a perspectiva narrativa como um gênero de discurso que deve ser utilizado para apresentar conceitos e modelos científicos, pois proporciona o intercâmbio de experiências entre professores e alunos e é considerado pelos autores como um gênero privilegiado para promover a aprendizagem.

Segundo Lima, Aguiar Junior e Caro (2011, p. 866):

> A narrativa em si mesma é formadora, pois nela o fluxo da vida, o movimento mesmo da experiência, se sobrepõe às explicações lógicas

> conectadas por uma relação linear de causa-efeito. Essa narrativa é um gênero textual semelhante àqueles que usamos na vida cotidiana, porém não é qualquer história que é narrada.

Essa estória que será narrada, segundo os autores, se contrapõe à perspectiva meramente descritiva que é usualmente utilizada, porque procura mesclar linguagem científica e cotidiana no processo de formação de conceitos. Ainda segundo os autores, essa abordagem permite: (i) uma aproximação dos estudantes com os modos de falar das ciências; (ii) e uma reflexão da realidade em que vivem, articulando conceitos e modelos abstratos da ciência com a vida cotidiana.

Assim, durante as aulas, Andréia tenta estabelecer uma articulação entre os discursos científico e narrativo, procurando ora ouvir os alunos, utilizando uma linguagem mais próxima do dia a dia, com exemplos e comparações, brincando com os alunos, ora se fazendo ouvir, ensinando os conteúdos científicos da maneira como estes foram construídos pela comunidade científica. A tentativa de integrar os discursos narrativo e científico durante as atividades evidencia o esforço da professora de desenvolver uma perspectiva dialógica no processo de interação verbal travado em sala de aula. Entretanto, entendemos que esse esforço não é o suficiente para configurar um processo interativo plenamente dialógico. Considerar, como afirma Bakhtin (2011), que a construção de sentidos é um processo dialógico implica que somente no fluxo das interações verbais é que os sentidos se configuram. Se é no processo de comunicação ininterrupto que a enunciação se constitui enquanto elemento do diálogo (entendido como todo tipo de comunicação verbal), este se delineia como uma das formas mais importantes da interação verbal.

Em uma situação social delimitada, como uma sala de aula, o enunciado como a real unidade da comunicação discursiva requer a participação de falantes que ocupam lugares específicos e socialmente marcados nessa situação social (o professor, os alunos). De certa forma, a professora tenta envolver os alunos no processo interativo, entretanto a participação deles é limitada no transcorrer da aula. O modo de condução da aula pela professora dificulta aos alunos se colocarem de forma mais plena no fluxo da interação.

No entanto, para contar aos alunos a estória científica sobre a fotossíntese e a respiração celular, a professora acaba, muitas vezes, personificando a figura do cientista, se apropriando dessa figura (ORLANDI, 2006). E ao se apropriar dessa figura,

pode estar passando uma visão para os alunos de que está veiculando um discurso que de fato não é dela, mas construído pela comunidade científica. Porém, essa apropriação é cercada de resistência, porque promove a figura de um cientista que vai de encontro àquela figura estereotipada, que representa a ciência com suas verdades absolutas. Isso ocorre quando a professora considera no seu discurso a imprevisibilidade de alguns resultados do experimento, como quando diz que o resultado da situação 1 do experimento dependeria do tipo de planta que seria usado (se de sol ou de sombra).

Em todos os episódios relatados até aqui, o processo de interação verbal entre professora e alunos é cercado de "perguntas de exame", perguntas nas quais a professora já sabe a resposta (WERTSCH, 1999). A intenção da professora é promover um discurso interativo com os alunos, interagir com eles, fazer com que eles prestem atenção na explicação. Nesse processo, alguns alunos forneceram para a professora as respostas que ela buscava para as suas perguntas. Isso demonstra que alguns alunos já conheciam o tema ou já haviam aprendido sobre ele em séries anteriores, mas também pode indicar que no processo de levantamento das hipóteses dos estudantes, no acompanhamento do experimento feito durante duas semanas na escola, alguns alunos podem mesmo ter pesquisado sobre o assunto, ter perguntado à professora sobre os resultados, sobre os fenômenos, ou ainda ter aprendido com outros colegas que já haviam estudado sobre o tema em outro ano escolar.

Isso demonstra que nas diversas interações discursivas que ocorrem na sala de aula e na escola, diversos discursos estão circulando: o discurso do professor, o discurso do material didático, dos fatos experimentais, do senso comum, dos colegas e da mídia (MORTIMER, 2014); e nesse contexto, os sentidos vão se atualizando à medida que os estudantes vão atribuindo sentido ao que é ensinado, de forma articulada ao conhecimento que eles já traziam sobre o tema.

Consideramos que as perguntas de exame têm uma função na ação mediada estabelecida pela professora, entretanto, para que a interação assuma um caráter amplamente dialógico, permitindo uma *compreensão*[27] dos conceitos trabalhados e propiciando, assim, um ensino fecundo, era necessário ir além das perguntas de exame. Como nos diz Bakhtin (2011), a compreensão não implica a passividade. No fluxo do

[27] Entendendo a *compreensão* como elemento fundamental no diálogo, o autor nos diz que quando o locutor opõe a sua palavra a uma contrapalavra, quando ele situa a palavra do outro em relação a uma série de outras palavras tornadas próprias, ocorre o fenômeno da compreensão.

diálogo, ela demanda uma resposta, uma concordância, uma participação, uma objeção, uma execução, etc. E na situação de sala de analisada, a resposta apresentada pelos alunos foi limitada.

Para o aprofundamento a discussão, é importante analisarmos, ainda, como o jogo de imagens historicamente tem se configurado em relação à aula.

Orlandi (2006, p. 15) nos diz que, historicamente, a maneira como o discurso pedagógico foi construído contribuiu para sua constituição como um tipo de discurso autoritário. E isso tem a ver com a forma como esse discurso caracteriza a figura do professor, a figura do aluno e a própria escola:

a) A figura do professor: aquele que deve ensinar, saber o assunto e se configura como autoridade na sala de aula.

b) A figura do aluno: aquele que está na escola para aprender o conhecimento científico, isto é, verdades a serem transmitidas por quem sabe (professor) a quem não sabe (aluno).

c) A escola: aquela que funciona como aparelho ideológico e que legitima o discurso pedagógico como um discurso autoritário.

Tratando a linguagem como intrinsecamente vinculada à sociedade que a produz, Orlandi (2006) entende que esse jogo de imagens, que foi historicamente construído sobre a aula, é produzido socialmente. Assim, a figura do professor, do aluno, da escola, foram produzidas socialmente. Então, não se trata de determinado professor, ou de um determinado aluno ou grupo de alunos, ou de uma determinada escola, mas de um jogo de imagens que foi construído sobre a aula e que é produzido social e ideologicamente.

Segundo a autora, esse jogo de imagens contribui para que o discurso pedagógico se legitime como discurso de autoridade, fazendo com que esse discurso se caracterize pela transmissão de informações sob a rubrica da cientificidade, ou seja, pela neutralidade e objetividade. Neutralidade e objetividade estas que, segundo a autora, não existem de fato. E nesse caminho, o discurso pedagógico promove o discurso científico que cristaliza o conhecimento em definições rígidas, na ausência de polissemia e em um encadeamento automatizado de ideias que levam a conclusões

exclusivas, reduzindo-se ao que a autora chama de "é porque é", por se tratar de um saber legítimo.

É nesse jogo que o professor recebe do sistema de ensino a autorização para utilizar o discurso científico em sua forma cristalizada, neutra e objetiva. E ao fazer isso, a autora nos diz que o professor se apropria da figura do cientista, se confundindo com ele, sem se mostrar uma voz mediadora. Ocorre um apagamento de como o conhecimento científico foi construído e apropriado pelo cientista e o professor passa a ser o detentor daquele conhecimento. Então, o professor passa a ser aquele que sabe e deve ensinar e o aluno, aquele que não sabe e deve ser ensinado. A escola, nesse sentido, legitima e mantém esse jogo de imagens, que foi construído socialmente.

Mortimer (2014) nos diz que todo discurso possui uma natureza dialógica. E neste sentido é muito importante o discurso de autoridade na sala de aula para que o professor possa realizar fechamentos e apresentar as ideias científicas. Neste estudo, compreendemos que houve uma predominância do discurso de autoridade e de perguntas de exame, no entanto, a dialogia esteve presente durante as interações discursivas ocorridas em sala de aula, pois também entendemos que todo discurso possui uma natureza dialógica. Acreditamos que o discurso de autoridade (ORLANDI, 2006) e as perguntas de exame (WERSTCH, 1999) que ocorreram em maior grau na interação em sala de aula também contribuem para a implementação de um ensino fecundo.

Concordamos com Orlandi (2006) quando afirma que um discurso é efeito de sentidos entre locutores e não puramente transmissão de informação. Bakhtin (2009) já nos alertou de que as palavras não veiculam um único sentido e que nossos discursos são fruto da apropriação de palavras alheias; não somos os primeiros a romper o silêncio do universo.

Nesse contexto, Orlandi (2006) destaca ainda que é preciso questionar as condições de produção do discurso pedagógico. E a ação mediada, como unidade de análise, propicia uma discussão sobre essas condições de produção do discurso pedagógico conforme aborda de forma integrada a cena, o ato, o propósito, o agente e as ferramentas culturais que estão envolvidas na produção desse discurso. Dessa forma, a ação mediada configura-se como uma ação intencional, organizada, compreensiva e, por isso, dialógica (Bakhtin, 2009) que promove não só a reflexão sobre a produção do

discurso pedagógico, mas também a modificação dos instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais que são operados pelos agentes na sala de aula.

Na sala de aula, as condições de produção desse discurso estão relacionadas a um tipo de gênero de discurso que Wertsch (1993) denomina de gênero discursivo de instrução formal. Esse gênero visa transmitir um saber para "todos" e dessa forma incute como conhecimento aquilo que pode ser reproduzido de forma praticamente idêntica para todos os agentes que são submetidos a sua ação. Wertsch (1993) delimita algumas características próprias desse gênero: (i) nesse gênero existe uma clara diferença de potência entre a voz do professor e as vozes dos alunos; (ii) as palavras do professor são diretivas e os alunos devem seguir essas direções; (iii) os alunos produzem poucas diretrizes para os professores; (iv) as diretivas do professor não precisam ser na forma sintática de um imperativo; em muitos casos, são formas interrogativas e em outras, declaratórias; (v) as diretivas do professor têm a função de regular os processos mentais dos alunos (como pensamento e atenção) para formas que sejam adequadas para o ambiente sociocultural da sala de aula; (vi) as diretivas do professor têm ainda a intenção de que o aluno participe da aula e na formulação do problema na direção "do caminho certo".

Wertsch (1993) também delimita outro gênero discursivo que ele denomina de gênero do discurso da ciência formal. Segundo o autor, esse gênero é amplamente considerado como muito mais adequado do que outros no cenário sociocultural da instrução formal. A ciência formal à qual o autor se refere é a ciência explicitamente ensinada a partir do currículo formal.

O gênero de discurso da instrução formal e o gênero de discurso da ciência formal se articulam nesta pesquisa à medida que analisamos a ação mediada em aulas de Biologia do ensino médio de uma escola estadual do município de Vitória-ES. Os conteúdos ensinados, fotossíntese e respiração celular, são conteúdos científicos presentes no currículo formal e são ensinados aos alunos por meio do discurso de instrução formal. Dentre as características do discurso de instrução formal delimitadas por Wertsch (1993), podemos observar todas elas presentes nos episódios analisados nesta pesquisa. No entanto, baseando-nos em Orlandi (2006, p. 25), que concebe mediação como ação que modifica e transforma e a linguagem, intrinsecamente vinculada à sociedade que a produz, entendemos que a ação mediada, como explicitada neste trabalho, favorece essas modificações e transformações nos sujeitos envolvidos,

promovendo processos de aprendizagem de conteúdos científicos nos sujeitos durante o processo de instrução formal.

Dessa forma, baseamo-nos no fato de que a ação mediada é um tipo de ação que modifica e transforma os envolvidos nela. Nessa direção, analisaremos a seguir o movimento dos sentidos e a apropriação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular pelos alunos, a partir dos enunciados das avaliações escritas.

5.3 Terceiro momento da análise: Fotossíntese e Respiração Celular - o movimento dos sentidos e a apropriação das palavras alheias

Neste terceiro momento, analisamos o movimento dos sentidos e a apropriação das palavras alheias com relação aos conceitos de fotossíntese e respiração celular pelos alunos. Aqui, os estudantes são os agentes focalizados na análise e seus enunciados escritos são analisados de modo a compreender como têm se apropriado dos enunciados produzidos na interlocução com a professora e as bolsistas e até mesmo com a pesquisadora, como também com as reportagens utilizadas na dinâmica de debate, a partir da ação mediadora, especialmente, da professora.

A ação mediada possui como uma de suas características a apropriação, que se define como o processo de tornar algo próprio, ou seja, tomar algo que pertence a outro e torná-lo próprio, processo este que é sempre cercado por forças de resistência de alguma natureza. Então, é muito importante considerarmos que o processo de apropriação é cercado por essas forças de resistência para compreendermos que muitas vezes uma determinada ferramenta cultural, como o caso da apropriação da linguagem científica, pode não ser apropriada (totalmente ou parcialmente) por determinados alunos, não porque eles não dominem a ferramenta cultural, mas porque essa ferramenta cultural não é provida de sentido para ele. Às vezes, o estudante apresenta um alto nível de domínio, mas um baixo nível de apropriação. É o caso de alunos que apresentam boas notas em exames, mostrando domínio do conteúdo, mas que podem por outro lado apresentar um baixo nível de apropriação, por não considerarem esse discurso como

seu. Por isso, Wertsch (1999) nos alerta que apesar de o domínio e a apropriação serem propriedades da ação mediada, eles podem operar de forma independente em muitos casos.

Os enunciados analisados nesse momento foram extraídos das avaliações escritas (provas) dos alunos. As provas[28] foram realizadas individualmente pelos alunos sem consulta a livros ou outros materiais e sem discussão com os colegas.

O propósito da ação da professora foi a avaliação dos alunos. No ambiente escolar, a avaliação é uma ferramenta cultural que visa indicar se o aluno aprendeu ou não determinado conteúdo. No entanto, essa ferramenta cultural pode ser utilizada de diversas formas. A avaliação pode ser realizada individualmente ou em grupos, por exemplo. No caso de nossa intervenção, a professora Andréia avaliou os alunos de diversas formas: trabalhos em grupo (relatório do experimento), provas escritas individuais, apresentação de trabalhos em grupo em sala de aula, participação na mostra cultural da escola e também em atividades de debate, como aquela em que houve debate sobre a articulação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular com problemas ambientais.

Nesta sessão, analisamos uma questão da prova escrita dos alunos acerca de um ponto que tratava da situação-problema 2 do experimento, na qual a planta encontrava-se em ambiente fechado, iluminado e aguada.

Assim, neste terceiro momento, trazemos alguns enunciados dos alunos na questão avaliativa da segunda prova, em que perguntamos especificamente sobre a situação 2 do experimento, que nos fornecem indícios da formação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular como conceitos superiores e que necessitam dos conceitos subordinados para se formarem dentro do sistema de conceitos.

Vigotski (2009, p. 237) considera que: "A formação dos conceitos surge sempre no processo de solução de algum problema que se coloca para o adolescente. Só como resultado da solução desse problema surge o conceito". E nesse sentido, a situação-problema 2 do experimento (Anexo C) foi utilizada como parâmetro de avaliação, pois é considerada uma situação-problema para o aluno. No entanto, a prioridade da questão não foi realizar as chamadas "pegadinhas", usualmente utilizadas

[28] É importante ressaltar que a prova escrita realizada individualmente pelos alunos foi apenas uma das atividades avaliativas realizadas pelos alunos nas aulas de Biologia sobre o conteúdo estudado.

em provas escritas, mas de problematizar a situação vista no experimento para tentar compreender como o aluno iria construir a explicação ou a argumentação sobre os fenômenos.

Além de a formação de conceitos surgir no processo de solução de um problema, Vigotski (2009) nos fala que:

1 - Esse processo é mediado pela palavra, ou seja, a palavra atua como meio na formação dos conceitos.

2 - Os conceitos não surgem mecanicamente como uma fotografia coletiva de objetos concretos, pois surgem no processo de operação intelectual e são fruto de um processo longo e complexo de evolução do pensamento.

3 - Todo conceito tem uma história.

4 - Os conceitos científicos não são simplesmente assimilados e decorados.

5 - O outro exerce uma função primordial nesse processo de elaboração conceitual, porque o aluno orientado por um membro mais experiente (no caso, principalmente o professor) pode realizar com êxito tarefas que exigem habilidades e conhecimentos que ainda estão sendo apropriados por ele.

Nesse sentido, a análise dos enunciados dos alunos sobre esses conceitos na prova escrita nos permitiu procedermos à seguinte classificação:

- um alto nível de generalização dos conceitos de fotossíntese e respiração celular;
- um nível intermediário de generalização dos conceitos de fotossíntese e respiração celular;
- um baixo nível de generalização dos conceitos de fotossíntese e respiração celular.

5.3.1 Enunciados com alto nível de generalização dos conceitos de fotossíntese e respiração celular

Entendemos que indícios de um alto nível de generalização dos conceitos de fotossíntese e respiração celular poderiam ser encontrados em enunciados dos estudantes que explicassem de forma articulada como esses conceitos foram

construídos, partindo de conceitos subordinados de baixo nível de generalidade – como gás carbônico, água, gás oxigênio e glicose – em direção à formação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular, que são ditos conceitos superiores, com alto grau de generalidade.

Para subsidiar nossa análise, vamos apresentar e discutir enunciados de provas de seis alunos.

No enunciado a seguir, podemos observar que a aluna Ludmila[29] constrói a resposta à questão seguindo o caminho explicativo fornecido pela professora durante a explicação dos processos de fotossíntese e respiração celular, indicando certo nível de apropriação das palavras da professora.

> Ludmila: Porque mesmo em um recipiente fechado, a planta consegue sobreviver se tiver os elementos necessários para se alimentar e para respirar. Para **fotossíntese**: ela terá gás carbônico, terá água e a luz solar para realizar a fotossíntese, e produzirá glicose (C6H12O6) e O2 (oxigênio). A glicose e o oxigênio serão utilizados na **respiração celular**, formando assim um ciclo. Com a glicose e com o gás oxigênio ela respirará e vai produzir energia para crescer. O CO2 será utilizado novamente na **fotossíntese** e a água (H2O) em vapor é o que vai fazer o recipiente ficar cheio de gotinhas.

Primeiramente, a aluna aborda os elementos necessários para que a planta possa sobreviver, iniciando a explicação pelo fenômeno da fotossíntese. Para isso, menciona primeiro os conceitos subordinados para a formação desse conceito, que são o gás carbônico e a água que se configuram como reagentes do processo e também a energia. Em seguida, menciona os conceitos subordinados que se configuram como produtos do processo de fotossíntese, que são a glicose e o oxigênio.

Após explicar o processo de fotossíntese, a aluna utiliza esse conceito para explicar o conceito de respiração celular e, nesse momento, entendemos que o conceito de fotossíntese torna-se um conceito subordinado para a formação do conceito de respiração celular, e este passa a ser um conceito superior. A aluna demonstra compreender em seu enunciado que a planta utiliza os produtos da fotossíntese no processo de respiração celular, ou seja, utiliza a glicose e o oxigênio para produção de energia para seu crescimento e também o gás carbônico, que será utilizado novamente na fotossíntese.

[29] Todos os nomes utilizados são fictícios.

Quando a aluna menciona que isso forma um ciclo, ela demonstra indícios de compreensão de que os elementos químicos envolvidos no processo, carbono, oxigênio e hidrogênio, estão sempre em um ciclo biológico e que a matéria é cíclica, ora está em uma forma, ora em outra. Ao compreender esse processo, a aluna demonstra no seu enunciado como ela utilizou os conceitos de fotossíntese e respiração celular para o entendimento dos ciclos biogeoquímicos do carbono, do oxigênio e da água. E, nesse sentido, fotossíntese e respiração celular passam a ser conceitos subordinados aos ciclos biogeoquímicos mencionados e estes passam a ser conceitos superiores.

Se observarmos o caminho explicativo da aluna, veremos que ela segue o mesmo caminho explicativo que a professora utilizou para desenvolver a estória científica sobre fotossíntese e respiração celular em sala de aula, e isso pode evidenciar o papel da ação mediada da professora no processo de apropriação desses conceitos durante o desenvolvimento das atividades com os alunos. Uma ação mediada qualificada como intencional, organizada, dialógica, interativa e compreensiva, na qual os sentidos produzidos na interação se atualizam enquanto as atividades vão se desenvolvendo. E nesse caminho evolutivo, a aprendizagem vai se delineando e o desenvolvimento, que é posterior ao processo de aprendizagem, também vai acontecendo, à medida que os alunos vão se envolvendo nas atividades.

Mortimer (2014, p. 187), apoiado nas ideias de Bakhtin sobre o processo de compreensão ativa, ou seja, aquela que pressupõe o germe de uma resposta, nos diz que "[...] aprender é dialogar com a palavra do outro. É povoar esta palavra com suas próprias contrapalavras". E o aluno, quando está aprendendo, coloca as palavras do professor em diálogo com suas próprias palavras. Nesse momento, o diálogo estabelecido por Ludmila com as palavras da professora, enunciadas algumas semanas antes, implicam a apropriação dessas palavras para responder à questão da prova; os enunciados indicam uma consonância com aqueles produzidos pela professora.

Os enunciados dos alunos Mauro, Amanda, Daniel e Raquel também apresentam indícios de um alto grau de generalidade dos conceitos de fotossíntese e respiração celular, seguindo o mesmo caminho explicativo que a professora utilizou para contar a estória científica da fotossíntese e da respiração celular, conforme o exposto:

> Mauro: Bom, os fatores para a planta permanecer viva são a planta ter água, luz, O2, clorofila, assim, com esses fatores, a planta conseguirá produzir a **fotossíntese**: CO2+luz+H2O, formando a glicose C6H12O6+O2, assim produzindo o seu próprio alimento, o O2+C6H12O6, energia, assim fazendo a planta **respirar**. A planta também sobreviveu porque tinha a quantidade de água suficiente para que o tempo que ela ficou exposta a luz deu para ela sobreviver.
>
> Amanda: Sobreviveu pela existência da água (H2O), do gás carbônico (CO2) e da energia luminosa, componentes essenciais para a realização da **fotossíntese** (produção de matéria orgânica), gerando então, a glicose (C6H12O6) e o oxigênio (O2), utilizados na **respiração celular** (quebra de substâncias gerando energia).
>
> Daniel: Para gerar seu próprio alimento a planta faz a chamada **fotossíntese**, o produto da mesma é a glicose e o gás oxigênio (O2). Caso o ambiente em que a planta se encontre esteja fechado, por meio da **respiração celular**, ela poderá com o uso da glicose mais o oxigênio (O2) gerar gás carbônico (CO2) e água H2O, gerando assim um ciclo, que a faz sobreviver e crescer normalmente. No caso das gotas de água encontrada na garrafa, podemos considerar que o ambiente estava fechado e quente, com isso a água ali presente evaporou, e no contato com as paredes da garrafa tornou-se ao estado líquido, em forma de gotas. Ilustração do ciclo energia luminosa+CO2+H2O=C6H12O6+O2 C6H12O6+O2=CO2+H2O.
>
> Raquel: Porque a planta realizou a **fotossíntese,** que para ocorrer é preciso energia da luz, água, gás carbônico... Assim a planta consegue viver, pois ela produz seu próprio alimento, e respira através da **respiração celular** que utiliza a glicose que a planta produz, a água e o CO2. As gotinhas de água que ficam é pelo oxigênio que fica na garrafa por tempo indeterminado, é a água que evapora da plantinha...

Os estudantes também partem dos fatores/elementos necessários para a planta sobreviver, que são os conceitos subordinados de água, gás carbônico, luz e clorofila, em direção aos conceitos subordinados de glicose e oxigênio, formando assim o conceito superior de fotossíntese. A partir do conceito de fotossíntese, o estudante forma o conceito de respiração celular quando compreende que a planta utiliza a glicose e o oxigênio para produzir energia.

Aprofundando a análise da perspectiva interativa que se estabelece na aula, poderia apontar aqui que ao se apropriar das palavras da professora, os alunos também se apropriam, aos poucos, de um modo de olhar para os fenômenos naturais mediado pela ciência, tal como é abordada na escola; várias vozes de certa forma perpassam os enunciados dos alunos.

O enunciado do aluno Vitor evidencia indícios de um alto grau de generalização com relação à compreensão do conceito de fotossíntese, mas não explica a formação do conceito de respiração celular de forma articulada ao de fotossíntese, de modo a evidenciar por que a planta sobreviveu no ambiente fechado, conforme segue:

> Vitor: Como sabemos todos os seres vivos necessitam de água, luz e oxigênio para sobreviver, entre eles as plantas, que por serem seres autótrofos necessitam de luz+H2O+CO2 para que possam produzir C6H12O6+O2 para transformar em fotossíntese produzindo assim o seu alimento e se mantendo forte e hidratada. E em questão das gotas de água nas bordas internas aonde há água ela evapora e por não ter por onde passar acaba voltando ao mesmo lugar criando um ciclo.

O estudante Vitor elabora seu enunciado partindo dos elementos necessários para a planta sobreviver e que são os conceitos subordinados (água, luz, gás carbônico) necessários para a formação do conceito de fotossíntese. O aluno demonstra indícios de compreensão do processo de fotossíntese (conceito superior), ao mencionar que a partir dos conceitos subordinados – água, luz e gás carbônico – a planta produz glicose e gás oxigênio (conceitos subordinados), de forma que ela produza seu alimento. No diálogo estabelecido com as palavras da professora, o aluno também menciona um termo científico relacionado ao conteúdo de ecologia, dizendo que as plantas são "seres autótrofos", ou seja, seres que produzem seu próprio alimento por meio da fotossíntese. Na resposta quanto às gotas de água nas bordas da garrafa, o estudante demonstra compreender que aconteceu um ciclo dentro da garrafa, que é o ciclo da água. O enunciado do estudante evidencia que o mesmo ainda está elaborando o conceito de respiração celular, assim, esse conceito ainda está em processo de formação.

Wertsch (1999) nos diz que a introdução de novas ferramentas culturais altera a ação mediada e promove mudanças no agente e em outros elementos da ação mediada em geral. A introdução das atividades experimentais como nova ferramenta cultural, articulada a um modo de proceder da professora (agente), que é baseado em uma ação mediada dialógica e por isso compreensiva, para ajudar na explicação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular, parece ter tido um efeito positivo na compreensão desses conceitos por esses alunos.

No entanto, entendemos que os enunciados dos alunos tratam de uma situação do experimento, mas ainda não se generalizam para outras situações, até porque a pergunta da prova não permite essa abordagem. Assim, é preciso fazer uma ressalva no intuito de apontar que um próximo passo da análise seria verificar como o diálogo com as palavras da professora, apropriadas pelos alunos, permitiriam a eles ampliar a análise a partir de novas situações problematizadoras. Dessa forma,

entendemos que o contexto em que a generalização ocorre precisa ser explicitado, no intuito de delimitarmos até que ponto nossas análises podem chegar.

5.3.2 Nível intermediário de generalização dos conceitos de fotossíntese e respiração celular

Entendemos que um nível intermediário de generalização dos conceitos de fotossíntese e respiração celular estaria baseado em enunciados dos estudantes que explicassem de forma parcialmente articulada como esses conceitos foram construídos, partindo de conceitos subordinados de baixo nível de generalidade – como gás carbônico, água, gás oxigênio e glicose – em direção à formação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular, que são ditos conceitos superiores com alto grau de generalidade.

No caso dos enunciados dos três alunos selecionados para esse grupo, notamos que a resposta à questão ainda é cercada de indícios de concepções alternativas (ou seja, concepções que não correspondem ao conhecimento científico) e da falta de compreensão dos fenômenos de forma integrada e articulada, revelando que nesse nível os conceitos ainda estão em processo de formação, ainda estão ganhando vida, e que apesar de a aprendizagem ter ocorrido, o processo de desenvolvimento do aluno e a apropriação dos conceitos ainda não aconteceram completamente.

No enunciado a seguir, podemos observar que o aluno Tomás constrói a resposta à questão mencionando os conceitos subordinados – como água, gás oxigênio, gás carbônico –, que são fundamentais para a formação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular. No entanto, o discurso aparece ora de maneira coerente com a teoria científica, ora de maneira incoerente, revelando o nível intermediário na formação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular.

> Tomás: Mesmo o recipiente fechado, a planta conseguiu sobreviver, ela fazia a fotossíntese perfeitamente. **Com o pouco de oxigênio que ainda sobrava na garrafa pet, ela produzia seu alimento**. **Os principais alimentos para a planta sobreviver**, que no caso são: água, gás oxigênio, terra e CO2 ela possuía no recipiente, então não há motivos para a planta não sobreviver. Na respiração celular a mesma coisa, ela pegava o produto da fotossíntese e transformava como reagente na respiração celular, com isso o produto liberava CO2, energia e água em vapor, por conta disso vimos as gotas de

> água nas bordas internas da garrafa. A planta sobreviveu, pois fazia perfeitamente a fotossíntese e a respiração celular.

Num primeiro momento, ocorre uma confusão acerca de o que é fotossíntese, porque o aluno associa a produção do alimento, ou seja, a fotossíntese, com a presença do gás oxigênio. Na realidade, o gás envolvido seria o gás carbônico. De fato, podemos observar na literatura sobre concepções alternativas dos estudantes sobre fotossíntese que existe um discurso produzido socialmente que relaciona a fotossíntese como sendo a própria respiração da planta. Segundo Driver e outros (1994), essa confusão ocorre porque a palavra respiração é geralmente associada a um processo de entrada de O2 e saída de CO2, que é a inspiração e a expiração feita pelos animais. No caso específico tratado, a planta faz respiração celular, que tanto é realizada por animais como pelas plantas. A mudança do contexto da palavra respiração, que vem acompanhada da palavra "celular", como um processo intracelular, no qual o alimento (glicose) é "queimado" pelo oxigênio numa reação química, produzindo energia e CO2, muda o sentido do termo. Dessa forma, "as palavras mudam de sentido ao passarem de uma formação discursiva para outra. Assim, não são somente as intenções que determinam o dizer. Há uma articulação entre intenção e convenções sociais" (ORLANDI, 2006, p. 27).

Nesse mesmo enunciado, podemos observar que Tomás, ao mesmo tempo em que diz que a planta produziu seu alimento, menciona: **"os principais alimentos para a planta sobreviver**, que no caso são: água, gás oxigênio, terra e CO2 [...]"; notamos que ainda há uma confusão acerca da produção do alimento (glicose) pela própria planta por meio da fotossíntese e de outras substâncias que não são caracterizadas como alimento dela, como gás oxigênio, terra e CO2.

Segundo Driver e outros (1994), as palavras "alimento" e "comida" remetem a uma dificuldade de entendimento do aluno no que diz respeito à nutrição da planta. Para os autores, essas palavras possuem diferentes significados em contextos do dia a dia e no contexto científico. Em muitos casos, essa compreensão leva o aluno a considerar que a planta produz o alimento, mas para outros seres vivos, em uma cadeia alimentar, e não para ela mesma. Como dito por Tomás, em seu enunciado, a planta produz seu próprio alimento pela fotossíntese, mas o entendimento do que seja este alimento é parcial, porque, segundo Driver e outros (1994), existe uma associação da palavra alimento com ingestão, com o ato de comer algum alimento. Driver e outros

(1994) afirmam que a palavra alimento é, muitas vezes, associada a algo útil, que é levado ao corpo de um organismo, e isso inclui água, sais minerais e, no caso de plantas, gás carbônico e até mesmo a luz solar como fonte de alimento.

Se as plantas não "comem", ou ingerem o alimento, automaticamente os alunos associam que o alimento produzido pela planta, isto é, a glicose, servirá para outros seres vivos, em um processo que envolve produtores na base de uma cadeia alimentar. Assim, mesmo que o discurso dos alunos seja na direção de uma resposta dita "correta", ou seja, as plantas produzem seu próprio alimento (glicose) pela fotossíntese, a ideia do que seja esse alimento dificulta a compreensão do estudante de que esse alimento da planta entra em um processo bioquímico, celular, que produz energia, chamado respiração celular.

Essa situação pode estar relacionada ao fato de que em sala de aula, apesar de a professora ter o "controle do discurso", de controlar o significado das palavras, ela não controla o movimento dos sentidos que as perpassa. Então, no jogo interpretativo que acontece na sala de aula a partir da interação verbal, ocorre o que Smolka (1991) chama de indeterminação do discurso, ou seja, ocorre o controle do significado, mas não dos sentidos. Assim, podemos perceber como os sentidos são negociados a partir da plasticidade sonora e semântica da língua, conforme nos mostra Smolka (1991).

Novamente, podemos ver no enunciado do estudante Júlio que este também atribui à água a função de alimentar a planta para que ela faça a fotossíntese, quando, ao se referir ao experimento, diz que a água cairia novamente e alimentaria a planta.

> Julio: A água, que na garrafa pet era retornável, ou seja, ela sofreria um ciclo vicioso. A água evaporava por causa do calor do sol e se depositaria nas bordas da garrafa. Essas gotículas de água caíam e alimentavam novamente a planta, tornando a possibilidade de desenvolver a fotossíntese.

Em seus estudos, Driver e outros (1994) já haviam diagnosticado que muitas crianças compreendem que se as plantas absorvem CO2, H2O e sais minerais, estes são alimentos das plantas. Assim, podemos notar, por meio da análise dos enunciados desses alunos, que os sentidos vão emergindo a partir do diálogo com as palavras da professora. Entretanto, o que orienta a resposta desses alunos é a interpretação que fazem das palavras da professora, principalmente a partir da estória científica contada por ela, e não propriamente do que ela tinha a intenção de dizer. A significação,

conforme compreendido por Bakhtin (2011), vai acontecendo nesse jogo de (in)compreensão.

Por outro lado, aprofundando a discussão sobre a cena em que ocorre a relação dialógica, torna-se relevante mencionar Vigotski (2009, p. 318), quando este aponta que "a escrita é um processo inteiramente diverso da fala porque é uma forma mais difícil e complexa de linguagem intencional e consciente". Essa citação nos ajuda a pensar também que, como estamos analisando os enunciados escritos dos estudantes, é interessante considerar a especificidade dessa modalidade de linguagem, pois Vigotski (2009, p. 318) aponta que, pelo fato de ser uma forma complexa de linguagem, o aluno pode apresentar uma significativa "divergência entre a sua linguagem falada e a linguagem escrita". Embora a escrita represente a fala, ela não é uma transcrição da fala; há regras especificas que orientam o discurso escrito. No caso da atividade proposta pela prova, para redigir a resposta escrita, os alunos necessitam construir um percurso de elaboração dos conceitos de fotossíntese e de respiração celular e também organizar esse processo por meio de um texto escrito, e esse não é um movimento simples.

O enunciado a seguir evidencia essa dificuldade do aluno Flávio no momento da avaliação da prova escrita:

> Flávio: A planta sobreviveu porque a terra estava úmida, com isso a luz solar fez com que a água evapora-se e ficando nas bordas da garrafa, e assim foi criando um ciclo e molhando a terra e criando a glicose que é sua fonte de alimento (C6 H12 O6), para acontecer a fotossíntese precisa de luz, água e gás carbono - CO2.

Vigotski nos ajuda a compreender por que no processo avaliativo proposto alguns alunos apresentaram dificuldade em expressar por escrito aquilo que foi ensinado em sala de aula. O aluno Flávio em seu enunciado evidencia essa dificuldade, já que não consegue explicar o fenômeno, apesar de ter elementos para isso. E assim, compreendemos por que a ação mediada é baseada em uma tensão irredutível entre seus elementos (agentes e instrumentos mediacionais ou ferramentas culturais).

> "A tensão irredutível existente entre a ferramenta cultural e o agente que define a ação mediada significa que quando se considera como melhorar ou mudar um curso de desenvolvimento, a chave pode estar em mudar a ferramenta cultural em vez de melhorar as habilidades para utilizar esta ferramenta" (WERTSCH, 1999, p. 70).

Dessa forma, a avaliação escrita, ou seja, a prova, que é um ritual fortemente estabelecido nas escolas como uma ferramenta cultural, não pode ser a única maneira de avaliar os alunos. Diante disso, outras ferramentas culturais foram utilizadas com os alunos, como debates em sala, relatórios dos experimentos e mostra cultural. No entanto, em muitas escolas a prova escrita configura-se como única ferramenta cultural proposta como atividade avaliativa. Wertsch nos diz que apesar de muitas vezes admitir-se que uma ferramenta cultural não funciona mais, existe uma resistência muito grande em mudá-la, e que esse processo é geralmente difícil. Além disso, esse autor nos leva a problematizar sobre: "por que se utilizam certas ferramentas culturais e não outras e quem decide que ferramentas culturais devem ser usadas?" (WERTSCH, 1999, p. 76).

Segundo o próprio Wertsch (1999, p. 76): "O emprego de um modo de mediação peculiar geralmente depende de outros fatores, relacionados com os antecedentes históricos e o poder e a autoridade culturais e institucionais".

Nesse nível intermediário de generalização dos conceitos de fotossíntese e respiração celular, identificamos um movimento dos sentidos das palavras relacionadas a alimento, energia, respiração, que pode nos auxiliar a compreender como as palavras adquirem novos sentidos durante o seu processo de apropriação pelos sujeitos; nesse movimento, a cena e os agentes – com suas singularidades – têm um papel fundamental.

5.3.3 Baixo nível de generalização dos conceitos de fotossíntese e respiração celular

A análise nos levou a entender que um baixo nível de generalização dos conceitos de fotossíntese e respiração celular estaria baseado em enunciados dos estudantes que explicassem de forma muito limitada como esses conceitos foram construídos ou nem mencionassem esses conceitos. Nesse nível, as respostas estariam limitadas somente a alguns conceitos subordinados de baixo nível de generalidade, como gás carbônico, água, gás oxigênio e glicose, de forma desarticulada e não propiciando a construção dos conceitos de fotossíntese e respiração celular, que são ditos conceitos superiores com alto grau de generalidade.

No enunciado a seguir, podemos observar que a aluna constrói a resposta à questão de forma a mencionar apenas alguns conceitos subordinados que influenciam no crescimento e sobrevivência da planta, como a água e a luz, mas sem explicar os fenômenos da fotossíntese e respiração celular a partir deles.

> Lara: Ela tinha luz para realizar a fotossíntese, assim produzia o seu próprio alimento e tinha água para não secar. Realizando a fotossíntese ela sempre tinha o oxigênio e o gás carbônico.

Nesse outro enunciado, a estudante Lara menciona a palavra fotossíntese, dizendo que para que esta ocorresse, a planta precisaria de luz e, dessa forma, produziria seu próprio alimento. No entanto, a água foi mencionada de forma desarticulada do processo à medida que sua função seria não deixar a terra secar. Depois ela menciona que, fazendo a fotossíntese, a planta sempre teria o oxigênio, que é uma informação correta. Porém, ela diz também que, fazendo a fotossíntese, a planta também teria o gás carbônico, o que não está de acordo com a teoria científica explicada na sala de aula. Nesse sentido, percebe-se um baixo nível de generalidade do conceito de fotossíntese. E a respiração celular nem mesmo foi mencionada no enunciado da aluna. Assim, percebemos que os conceitos ainda estão em formação, porque os conceitos subordinados mencionados pela aluna, como oxigênio, gás carbônico e água, estão ainda desarticulados dentro do sistema de conceitos, portanto, os conceitos de fotossíntese e respiração celular como conceitos científicos superiores ainda estão em processo de formação.

A estudante Dani, em seu enunciado, apresenta somente alguns fatores relacionados à sobrevivência da planta, como água e luz, o que demonstra um baixo grau de generalidade dos conceitos.

> Dani: A planta teve o que precisa para o crescimento e sua sobrevivência: terra, água e luz solar independente de estar com a garrafa fechada.

Nesse enunciado, Dani nos fala de alguns conceitos subordinados que são necessários para a formação do conceito de fotossíntese, como a água e a luz. No entanto, esses conceitos não são colocados pela aluna dentro de um sistema de conceitos para que se possa formar o conceito científico de fotossíntese. A estudante menciona a luz e a água, mas a articulação desses conceitos subordinados não vem sistematizada

dentro de um sistema de conceitos que levaria à formação do conceito de fotossíntese. E isso é um indício de que a aluna ainda está desenvolvendo esse conceito, ou seja, como nos diz Vigotski (2009), o processo de aprendizagem está a frente do processo de desenvolvimento e este não acompanha exatamente o curso do programa escolar.

6 O PROCESSO DE FORMAÇÃO DA PROFESSORA: ENUNCIADOS E SENTIDOS PRODUZIDOS DURANTE A PESQUISA

> "O destino quis que a gente se achasse, na mesma estrofe
> e na mesma classe, no mesmo verso e na mesma frase."
>
> (LEMINSKI)

Nesta sessão procuramos, a partir de alguns dos enunciados e sentidos produzidos pela professora durante o processo de pesquisa, chamar a atenção para a necessidade de se promover na escola um ensino fecundo, conforme aponta Góes (2008), quando discute essa ideia a partir de Vigotski. Segundo Góes (2008, p. 1), Vigotski

> usa a expressão ensino "fecundo" ao discutir a elaboração de conceitos e aponta para um dos principais critérios dessa qualificação, que é propiciar aprendizagens que transformam modos de pensamento, elevando os níveis de generalidade e de sistematicidade dos conhecimentos.

Assim, no âmbito escolar, esse ensino fecundo nos indica que o professor possui um papel muito relevante como mediador do processo de ensino e aprendizagem, porque atua auxiliando os alunos na construção do conhecimento sistematizado.

Com a intenção de compreender esse processo, realizamos no final do processo formativo uma avaliação geral do processo vivido, por meio de uma entrevista reflexiva conduzida pela pesquisadora (Anexo F). Dentre as considerações mencionadas pela professora durante o processo de pesquisa, elencamos as seguintes: (i) a importância do professor no processo de mediação pedagógica; (ii) iniciar o conteúdo de forma diferente; (iii) iniciar a abordagem de conceitos científicos por meio do experimento; (iv) considerar as hipóteses dos estudantes; (v) aprender a ouvir o aluno; (vi) aprender a planejar juntos, pensar juntos, refletir juntos.

Dessa forma, passamos agora a fazer uma análise compreensiva dessas seis considerações, de modo a entendermos como o processo de pesquisa-ação desenvolvido contribuiu para a formação continuada da professora e para a ressignificação de sua prática pedagógica.

6.1 A importância do professor no processo de mediação pedagógica

Em seu depoimento, a professora Andréia reforça a relevância das estratégias de ensino desenvolvidas durante a pesquisa, dizendo que a prática visou a reflexão, a indagação e a investigação. Nesse processo, o professor ocupa um lugar central, atuando como mediador antes, durante e depois da atividade, "amarrando" os conceitos, contextualizando-os e ajudando os alunos a darem sentido para a atividade.

> Não foi a prática pela prática, eles realmente investigaram, levantaram hipóteses, observaram o que aconteceu. Foi uma investigação. O professor é muito importante nesse processo, trabalhando o antes e o depois. Amarrando os conceitos. Senão fica tudo solto e você não tem resultado.

Assim, Andréia compreende que é a responsável por desenvolver a estória científica junto com os alunos. Ela sabe de sua responsabilidade em ensinar os conteúdos aos alunos, pois entende que sem a sua mediação a aprendizagem não acontecerá. Segundo Mortimer e Scott (2002), o professor precisa intervir, introduzir novos termos e novas ideias para auxiliar os estudantes no entendimento do conteúdo que está sendo ensinado. Faz parte do trabalho do professor realizar sínteses, retomar conceitos, promover reflexões de questões fundamentais, realizar fechamentos, ou seja, atuar como mediador do processo de aprendizagem dos alunos na qualidade de um membro mais experiente que está na função de auxiliar a aprendizagem desses estudantes.

E nesse sentido, Góes (2008, p. 4) aponta relevância da abordagem histórico-cultural, porque ela coloca no centro os sujeitos em interação, ou seja, professor e alunos, numa situação em que ambos participam "necessariamente do domínio de conhecimentos sistematizados" durante o processo de ensino e aprendizagem. Assim, o foco não é só no professor e nem só no aluno, mas no processo de mediação que visa o estabelecimento de um ensino fecundo.

6.2 Iniciar o conteúdo de forma diferente

Iniciar o conteúdo de forma diferente, isto é, pelo conteúdo de metabolismo energético (fotossíntese e respiração celular), foi considerado pela professora Andréia

como facilitador da conexão entre os conteúdos determinados pelo Currículo Básico da Rede Estadual para a 1ª série do ensino médio. Segundo depoimento da professora:

> Eu sempre trabalhei seguindo o CBC (Conteúdo Básico Comum) que começa com o conteúdo de ecologia. Fotossíntese e respiração celular no currículo está só no terceiro trimestre. Então nós pegamos o conteúdo de fotossíntese e respiração celular e começamos por eles em 2013 e agora em 2014[30] eu continuo fazendo isso. [...] amarrou tudo direitinho. Como é que eu vou falar de ecologia iniciando a questão de cadeia alimentar, falar dos produtores, do por que eles iniciarem uma cadeia alimentar, que sem eles não existe cadeia alimentar, sem falar como os produtores fazem isso, ou seja, sem falar de fotossíntese e respiração celular? [...] Eu nunca tinha pensado dessa forma. Facilitou o aprendizado dos alunos.

Segundo a professora Andréia, iniciar o ano e o conteúdo pelos assuntos de fotossíntese e respiração celular trouxe maior organicidade ao conteúdo e uma construção de sentido que facilitou o aprendizado dos alunos. Romper com a linearidade imposta pelo currículo foi importante na compreensão de que não só os assuntos estão todos interligados, mas que também, dependendo de como são desenvolvidos, podem trazer uma melhor compreensão dos mesmos.

De acordo com Andréia, a atividade experimental investigativa ajudou não só a desenvolver os conteúdos de fotossíntese e respiração celular, mas todos os outros conteúdos daquela série que envolviam o tema ecologia, como os ciclos biogeoquímicos (da água, do oxigênio e do carbono). Nas palavras da professora:

> O nosso experimento ajudou então a desenvolver não só o conteúdo de fotossíntese e respiração celular, ajudou a entender todo o resto. Ajudou a tratar de muito assunto difícil, como os ciclos biogeoquímicos (ciclo do carbono, oxigênio e da água), que sempre são cobrados nas provas discursivas de vestibulares e também no Enem. Os alunos conseguiram entender este assunto. E isso é muito difícil de passar para eles. Aprenderam os três ciclos de uma vez só. Todos a partir do experimento daquela garrafa PET fechadinha com água e que tava no sol. Eles viram acontecer aquelas gotículas de água dentro da garrafa (ciclo da água) e entenderam por que a planta não morreu.

Refletindo sobre a contextualização e a problematização dos conceitos abordados nas aulas, a professora Andréia relata como é importante a articulação entre os conceitos trabalhados com os alunos para a apropriação dos conhecimentos por eles. A articulação entre os conteúdos foi uma das propostas desta pesquisa e a ideia de

[30] Como trabalhamos com entrevistas reflexivas, retornamos a escola no início do período letivo de 2014 para mais uma entrevista com a professora.

iniciar o ano letivo com os conteúdos de fotossíntese e respiração para articulá-los aos de ecologia e citologia foi considerado muito positivo pela professora. Ao mencionar o experimento, Andreia entende que esta ferramenta cultural atuou fornecendo uma materialidade ao conteúdo de fotossíntese e respiração celular impregnando estes conceitos científicos abstratos de certa "concretude". Segundo a professora, não somente o conteúdo de ecologia, mas também o de citologia (célula) foi favorecido pelo estudo inicial dos conceitos de fotossíntese e respiração celular:

> Se você não entender o que é fotossíntese e respiração celular você não consegue entender um monte de coisa da ecologia, da célula: para que serve uma mitocôndria e um cloroplasto. Quer dizer, você amarra os conteúdos. Se eu fosse uma professora que fosse desenvolver o CBC (Conteúdo Básico Comum), a primeira coisa que eu faria hoje é trazer fotossíntese e respiração celular para o primeiro assunto do 1º trimestre.

A professora compreende os conteúdos de fotossíntese e respiração celular como conteúdos integradores para o ensino de biologia, confirmando o que autores como Kawasaki (1987), Waheed e Lucas, (1992), Eisen e Stavy (1993) apontam em seus estudos, quando afirmam que esse é um tema integrador, pois promove a inter-relação com aspectos ecológicos, bioquímicos, celulares, fisiológicos e outros. Além disso, o depoimento da professora reforça os estudos de Millar (2003, p. 85), nos quais ele afirma que

> [...] é importante explicitar a ideia de reações químicas em processos biológicos de modo que o estudante possa perceber [...] que plantas aumentem seu volume por meio de reações químicas usando materiais de seu ambiente. O ciclo de alguns materiais chave (por exemplo, o oxigênio e o gás carbônico da atmosfera) é também uma ideia importante, que depende de um certo nível de compreensão dos processos moleculares/atômicos dentro de (eco)sistemas fechados.

Nessa citação, Millar delimita a fotossíntese, a respiração celular e os ciclos do carbono e do oxigênio como processos bioquímicos estruturantes para o ensino de ciências, os quais todos os estudantes devem aprender.

Assim, esses depoimentos da professora apontam para a ideia de que é necessário o desenvolvimento de um ensino fecundo, porque o mesmo se caracteriza por promover uma elevação de níveis de generalidade e sistematização de conhecimentos. Quando a professora demonstra compreender que o desenvolvimento dos conceitos de fotossíntese e respiração celular envolve outros conceitos subordinados

que se situam dentro de um sistema de conceitos, ela parece explicitar uma compreensão da importância desse ensino fecundo, uma vez que um conceito científico só se forma dentro de um sistema de conceitos que envolvem diferentes níveis de generalidade.

6.3 Iniciar abordagem de conceitos científicos por meio do experimento

A ideia de que é possível trabalhar atividades experimentais partindo de uma prática investigativa foi vista pela professora Andréia como uma forma de trabalho desafiadora, a princípio, porque rompeu com uma maneira historicamente construída de proceder com atividades experimentais, que sempre partiram da definição de conceitos (teoria) para se chegar à prática (GALIAZZI et al, 2001). Essa apreensão foi mencionada pela professora Andréia neste depoimento:

> Num primeiro momento eu fiquei muito apreensiva. Será que partir da prática para a teoria vai dar certo? Será que vai ser bom para os alunos? Será que não vai atrapalhar o andamento das aulas? Fiquei me questionando porque o comum nosso que a gente vivencia na universidade e que a gente faz normalmente aqui é teoria e depois prática daquilo que você já viu em sala de aula. A minha preocupação era saber se isso ia dar resultado.

A preocupação inicial era se esse procedimento daria resultados positivos para a aprendizagem dos alunos. Nesse sentido, parece haver um questionamento se essa forma de proceder traria resultados para o desenvolvimento de um ensino fecundo. E isso parece estar relacionado ao fato de que romper com modos de fazer que são historicamente e socialmente construídos é desafiador, ainda mais quando a vivência, ou seja, a experiência do indivíduo, se baseou somente nessas práticas. Com o apoio do grupo de participantes envolvidos na pesquisa, a professora Andréia se dispôs a realizar esse novo modo de operar em sala de aula e revelou ter se surpreendido com os resultados da ação, conforme depoimento:

> Incrivelmente eu achei que foi assim para mim, observando notas de provas, perguntas em sala de aula, trabalhos que foram desenvolvidos a partir dessa experiência que nós fizemos - a prática primeiro para depois a teoria -, eu fiquei incrivelmente apaixonada por essa forma de trabalhar. Eu vi que os alunos ficaram mais interessados em saber o que iria acontecer. Eles

> levantaram hipóteses do que poderia acontecer, que no caso foi o questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes. E ficaram querendo saber se o que eles pensaram ia realmente acontecer ou não. Então eles observaram as plantas nos experimentos e se surpreenderam com alguns resultados.

A concepção do ensino por investigação (MUNFORD; LIMA, 2007; SÁ, 2009, 2011; BORGES, 2002) utilizada com os alunos, que é baseada na execução de estratégias de ensino que envolvem o contexto de realização da atividade, a postura da professora como mediadora, a problematização, o levantamento de hipótese, as explicações, a argumentação e o debate, se configurou como relevante, na visão da professora, no que diz respeito ao aprendizado dos alunos e a sua prática pedagógica. E nesse sentido, a professora revelou que essa estratégia se mostrou eficaz no desenvolvimento do ensino fecundo quando ela menciona sobre os resultados positivos de avaliações e também sobre os resultados observados por ela durante o processo de interação verbal na sala de aula.

6.4 Considerar as hipóteses dos estudantes

A abordagem utilizada sobre levantamento das hipóteses dos estudantes foi considerada, pela professora Andréia, muito importante para o planejamento do que, para nós, é um ensino fecundo, conforme mencionado no depoimento abaixo:

> Foi muito interessante trabalhar o questionário de levantamento das hipóteses dos alunos pra gente ter uma ideia do que esse aluno está trazendo com ele do Ensino Fundamental. Do que ele traz com ele de sua vivência, porque muitos deles sabiam o que era fotossíntese, a gente viu isso aqui, alguns deles sabiam que a planta fazia fotossíntese, mas não sabiam o que era. Outros não tinham nem ideia de que a planta fabricava seu próprio alimento, se fabricava o próprio alimento (...). Então, a partir desse levantamento das hipóteses dos estudantes, do questionário, deu para ter uma ideia de qual público a gente tava trabalhando, para saber como lidar com isso.

Segundo Andréia, alguns alunos já haviam ouvido falar de fotossíntese, mas não sabiam o que era de fato, e outros nem sequer tinham ouvido falar do fenômeno. Assim, saber o que os alunos já traziam de sua vivência em anos anteriores de sua escolaridade e de seu dia a dia ajudou a planejar o ensino e a traçar estratégias para as aulas, o que confirma as ideias trazidas por Mortimer e Scott (2003), quando os mesmos

nos dizem da importância de diagnosticar as hipóteses dos estudantes sobre determinado conteúdo para planejar melhor o ensino.

Uma ideia importante na aprendizagem de ciências é, segundo Mortimer (2014), que as pessoas partem daquilo que elas já sabem. Muitas vezes, o que elas já sabem ou conhecem acerca do mundo natural diverge do conhecimento científico que é ensinado na sala de aula. Por isso, é importante o professor partir das concepções que os alunos têm sobre o tema para, a partir delas, planejar melhor o processo de ensino e aprendizagem. E esse processo de diagnóstico implica ouvir o aluno, no sentido de compreender o que ele já traz de conhecimento de sua vivência escolar e não escolar.

Nessa mesma direção, Góes (2008, p. 3-4) chama a atenção para a necessária vinculação entre conhecimentos sistematizados e conhecimentos espontâneos:

> Para a abordagem histórico-cultural, esses dois tipos de conhecimento constituem-se mutuamente de maneira complexa. O trabalho de significação no espaço escolar parte dos conhecimentos constituídos nas vivências, que se tornam eles mesmos passíveis de sistematização ou que sustentam a formação de novos conhecimentos. Entretanto, as vivências não podem ser vistas como característica apenas do conceito cotidiano, como se elas fossem antítese do conceito científico. [...] os níveis de alta generalidade ou abstratos precisam ganhar impregnação das vivências, ou ficarão apenas "abstratos". Assim, a sistematicidade é acompanhada da dinamicidade no funcionamento conceitual. E essas duas dimensões fazem parte do pensamento do aluno porque igualmente fazem parte dos encontros de sujeitos na situação educativa, isto é, elas se configuram individualmente porque emergem e se transformam nas relações sociais que são vividas principalmente na escola. Nas interações em sala de aula, o trabalho de significação é orientado para a sistematização (que está no horizonte do professor) e também alimentado pela dinâmica de processos e conteúdos expressos nos dizeres e ações dos participantes da situação (professor e alunos). É um trabalho que, sem dúvida, se caracteriza por tensões: entre o vivenciado e o sistematizado, entre a divergência e a convergência, entre o racional e o sensível.

Assim, a autora aponta a inexorável articulação entre os conhecimentos cotidianos e os conhecimentos científicos, porque os conceitos de alta generalidade, como os conceitos científicos, precisam da impregnação dos conhecimentos cotidianos ou vivenciais para que não fiquem somente na ordem do "abstrato". E nessa dinâmica, professor e alunos atuam em interação contribuindo no trabalho de significação, que é caracterizado pela produção de sentidos e significados acerca dos conceitos – trabalho este que se constitui na tensão entre o vivenciado e o sistematizado.

6.5 Aprender a ouvir o aluno

Segundo Andréia, aprender a ouvir o seu aluno foi uma aprendizagem muito importante para ela, na medida em que observou o desenvolvimento dos alunos. "[...] ouvir seu aluno respondendo e entendendo algo de verdade sem decorar. Isso é incrível para o professor".

Para Bakhtin (2011), o processo de apropriação do conhecimento é alcançado quando as palavras, o discurso, do outro (professor) são apropriadas pelas próprias palavras do sujeito (aluno). Mortimer e Scott (2003), apoiados no referencial bakhtiniano, nos dizem que o processo de apropriação é progressivo. Segundo os autores, esse processo começa com novas ideias que vão sendo introduzidas no plano social, como: a colocação de problemas, o mapeamento das hipóteses dos estudantes e o desenvolvimento da estória científica.

Mortimer e Scott (2003) apontam que: no primeiro momento, os alunos percebem essas ideias como sendo do outro e não deles próprios; no segundo momento, quando o professor vai ajudando os alunos a darem sentido ao conteúdo, a partir do desenvolvimento da estória científica, o aluno começa a ver as ideias como sendo metade sua e metade do outro, pois os alunos começam a usar as ideias científicas, mas ainda têm dificuldades; no terceiro momento, acontece a apropriação integral pelo indivíduo. Esse momento acontece quando o professor orienta os alunos a aplicarem o ponto de vista científico, desenvolvendo, para isso, sua responsabilidade.

Esse terceiro momento foi considerado pela professora Andréia como a culminância do trabalho, que foi a mostra cultural em que os alunos puderam realizar apresentações envolvendo temas ambientais e que relacionavam os conteúdos de fotossíntese e respiração celular aos conteúdos de ecologia e educação ambiental. Segundo Andréia:

> Na mostra cultural[31], que foi a culminância desse trabalho, você viu como os alunos fizeram apresentações perfeitas? Tudo decorrente de uma boa aula, de um bom trabalho.

[31] A mostra cultural foi uma atividade desenvolvida com os alunos no final do segundo trimestre, na qual os estudantes tiveram a oportunidade de apresentar trabalhos envolvendo conteúdos de ecologia

No entanto, esta pesquisa não apresenta elementos suficientes para afirmar que esse terceiro momento de fato aconteceu, ou seja, que houve uma apropriação integral dos conteúdos de fotossíntese e respiração celular pelos alunos.

A mostra cultural foi um momento em que os alunos puderam de fato elaborar, preparar, explicar, argumentar, isto é, falar sobre os assuntos estudados, atuando realmente como protagonistas do processo. A mostra cultural, então, foi a culminância do trabalho desenvolvido com os alunos e o fechamento de um ciclo que envolveu os conteúdos de metabolismo energético e ecologia. Assim, partindo de uma concepção em que os alunos estão em trajetória de desenvolvimento, a mostra cultural foi a última atividade avaliativa proposta pela professora, porque partiu das ideias-chave de Vigotski de que: a aprendizagem está a frente do desenvolvimento; quando um conceito científico é introduzido pela primeira vez em um processo de instrução formal, ele começa a ganhar vida e não está formado, precisando para isso de tempo para ser apropriado pelos alunos.

6.6 Aprender a planejar juntos, pensar juntos, refletir juntos

Na condução da prática educativa visando a esse ensino fecundo, a professora atuou ajudando os alunos no processo de elaboração conceitual, que implica a elevação de níveis de generalidade e sistematização dos conceitos. Nesse processo, Andréia reconhece a importância do aprender a planejar junto, pensar junto e refletir junto, e nesse ponto podemos ver como a voz dela se entremeia com outras vozes que fazem ou fizeram parte de sua história.

A colaboração entre a pesquisadora, a professora Andréia, a estagiária do Estágio Supervisionado e as bolsistas do Pibid aconteceu por meio de encontros formativos em que as atividades eram planejadas, executadas e avaliadas em conjunto. Nos encontros de planejamento, os envolvidos dialogavam a todo instante em busca das

articulados a questões ambientais. Nessa mostra, os alunos puderam falar e apresentar os trabalhos para a comunidade escolar, pais e outros familiares e convidados. Os conteúdos de fotossíntese e respiração celular puderam ser trabalhados de forma articulada com os conteúdos de ecologia e meio ambiente, de forma problematizadora e contextualizada.

melhores estratégias de ação e de referenciais que pudessem embasar a prática. Durante a execução das atividades, os envolvidos participavam de forma a acompanhar o trabalho desenvolvido pela professora e a contribuir à medida que esta solicitasse. Nos encontros de avaliação do processo, os participantes colocavam suas considerações, dúvidas e possíveis alternativas de ação.

A consciência da importância de uma formação compartilhada foi sentida como valiosa pela professora Andréia.

> Nesse processo em que nós trabalhamos juntos, pensamos juntos, aprendemos juntos, refletimos juntos, vocês me ajudaram a pensar, raciocinar, planejar as aulas como fizemos. Nossa, foi um trabalho incrível que deu resultados. Não foi um trabalho que poderia dar resultados, o trabalho deu resultado.

Assim, a importância de receber pesquisadores da universidade e alunos universitários para aprender juntos e compartilhar conhecimentos foi sentida pela professora Andréia como fundamental em seu processo de formação continuada, trazendo novas ideias e novas formas de pensar e sentir a profissão docente. E essa troca de conhecimento, esse sentido de pertencimento, trouxe a vontade e a necessidade de incrementar sua formação em Educação por meio de um curso de mestrado.

> A presença de vocês da Universidade aqui na escola (pesquisadora e alunos bolsistas do Pibid e estagiários do estágio supervisionado da Ufes) me despertou: "por que não voltar a estudar e algo na educação já que eu gosto tanto de sala de aula?" Esse interesse em conhecer os teóricos, o que eles falam. Por exemplo: essa questão da prática antes da teoria, eu nunca tinha parado para pensar nisso. É sempre teoria e depois prática.

Os comentários da professora Andréia sobre a "formação compartilhada" apontam para a presença de diferentes interlocutores em seu processo de formação, e consequentemente, no delineamento de sua prática educativa. Desses interlocutores, emergem diferentes vozes que tratam do ensino e que participam da construção de sua prática. Nessa direção, nos remetemos a Oliveira (2007, p. 258), quando ela nos diz que:

> Na área educacional, os conceitos de polifonia e dialogia têm sido utilizados para remeter às múltiplas vozes – aos diferentes pontos de vista e/ou outros – que sobressaem nos enunciados do sujeito que enuncia e às formas de interação entre essas vozes.

Assim, a polifonia e a dialogia configuram-se como importantes conceitos para pensarmos como os enunciados do sujeito que enuncia, no caso a professora Andréia, estão repletos de vozes de interlocutores, como das bolsistas do Pibid, da aluna do Estágio Supervisionado, da pesquisadora, de cientistas e outros. E nesse sentido, a professora demonstra reconhecer que essa dialogia se mostra altamente propícia para o seu desenvolvimento profissional e pessoal e para o desenvolvimento de um ensino fecundo.

Aqui podemos ver a importância de estreitar os laços entre universidade e escola na formação continuada de professores em serviço (COHEN; MANION; MORRISON, 2007; FRANCO, 2008). Merece destaque neste item a colaboração das bolsistas do Pibid e da aluna do Estágio Supervisionado.

Durante toda a pesquisa, desde a concepção até a culminância do trabalho, que foi a mostra cultural, o apoio das estudantes foi fundamental. As estudantes apoiaram todas as atividades e relataram que a experiência foi muito importante porque conseguiram ver na prática como diversas teorias educacionais aprendidas na universidade se aplicavam no contexto escolar. Outro relato interessante foi como conseguiram perceber e usar resultados de pesquisas na área da Educação em Ciências em sala de aula, como no caso do uso do ensino por investigação e da importância da linguagem nos processos de ensino e aprendizagem em Ciências. A professora Andréia foi considerada por elas como uma inspiração para a continuidade na carreira docente da educação básica.

Por outro lado, a professora Andréia mencionou diversas vezes a importância da participação das estudantes de graduação durante a pesquisa, dizendo que estar em interação com elas proporcionava a cada dia um processo formativo, porque elas traziam sempre novidades, novos conhecimentos e atualizações sobre os conteúdos.

Durante o desenvolvimento das atividades, as vozes das bolsistas do Pibid ecoaram na voz da professora de diversas formas. A cada aula que elas participavam e dialogavam, a professora se apropriava de passagens de seus comentários em aulas seguintes. Um exemplo disso foi em uma aula sobre a explicação do experimento, quando a professora falou aos alunos sobre a clorofila: “[...] mas nem toda planta é

verde, né gente? [...]". Esse enunciado foi apropriado a partir de uma das falas de uma bolsista, quando questionou isso durante um dos momentos de planejamento.

A minha voz, como pesquisadora, também esteve entremeada com a voz da professora e das bolsistas em diversos momentos. Um exemplo disso foi um episódio do planejamento de uma aula em que a professora precisou se ausentar em um momento e eu e as bolsistas discutimos sobre a estratégia de explicação dos experimentos. Quando a professora voltou, eu precisei me ausentar e quem explicou a estratégia para ela foram as bolsistas. No dia combinado das explicações em sala de aula, foi muito interessante observar como a minha voz, a voz das bolsistas e outras vozes (de cientistas, das vivências da professora) se entremeavam à voz da professora e também dos alunos, em um processo polifônico e dialógico.

É evidente que a postura aberta e generosa da professora proporcionou uma mediação que envolveu as estudantes no processo, pois as trocas que ocorreram foram fruto do processo de ação mediada da professora e das estudantes, que se baseou numa ação dialógica, compreensiva, interativa e organizada que, para nós, proporcionou indícios de um ensino fecundo, não só para os alunos da escola, mas para todos os participantes da pesquisa.

Nessa direção, a ação mediada, que ocorreu no contexto desta pesquisa, potencializou o desenvolvimento do ensino fecundo, à medida que essa ação promoveu um movimento no processo de aprendizagem que implicou a elevação de níveis de generalidade e sistematização dos conceitos pelos envolvidos no processo. E com isso podemos entender que o ensino fecundo, propiciado pela ação mediada, poderá levar também a um movimento no processo de desenvolvimento e apropriação dos conceitos trabalhados.

E todo esse movimento traz a necessidade de reforçar processos de formação no interior da escola que contemplem uma ação mediada que leve a esse ensino fecundo, por meio de processos de colaboração, como a pesquisa-ação crítico-colaborativa, já que infelizmente o que vemos na maioria das escolas são professores trabalhando sozinhos e sem possibilidade de dialogar e analisar seu próprio trabalho. E nesse sentido, Fontana (2000, p. 146) nos faz refletir sobre isso quando diz:

> Quem, na escola, acompanha as buscas das professoras? Quem escuta delas o relato de suas dúvidas e tomada de consciência de seu não-saber, assumindo a continuidade de seu processo de formação pelo/no trabalho? Quem discute e faz com elas a análise do seu próprio trabalho, mediatizando o desenvolvimento profissional emergente, procurando fazê-lo avançar e consolidar-se? Como responder a essas indagações, quando nas escolas (pré)domina a suposição de que quem não sabe alguma coisa e está ali para a aprender são apenas os alunos? As escolas não costumam funcionar como um lugar de aprendizado pelo trabalho [...] Nesse contexto o papel social de professor [...] compete muito mais garantir a repetição daquelas formas de interpretação especificamente escolares do que participar de sua elaboração.

A citação de Fontana nos coloca a pensar sobre o processo vivido no interior da escola, um processo formativo colaborativo, dialógico e compreensivo que chama os envolvidos a elaborar juntos uma proposta formativa. Esse "aprender a planejar juntos, pensar juntos e refletir juntos", que a professora Andréia menciona em seu depoimento, nos mostra que o professor precisa e quer uma formação colaborativa, uma formação interativa, dialógica e compreensiva, porque entende que o professor não sai "pronto" e "apto" da universidade para o cumprimento de sua tarefa docente, ele precisa do outro para se constituir em um processo que é necessariamente intersubjetivo.

Por isso a importância de programas de formação, como o Pibid, que podem contribuir nessa direção, uma vez que promovem a formação inicial e a formação continuada de professores, partindo de uma concepção colaborativa e crítica. E este trabalho nos mostra que esse programa pode ser potencializado por meio de uma ação mediada qualificada que promova o ensino fecundo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

"Tenho a impressão que já disse tudo. E tudo foi tão de repente."
(LEMINSKI)

Esta pesquisa teve como objetivo geral investigar o papel da ação mediada na configuração dos sentidos que perpassam um processo de interação discursiva em uma sala de aula de Biologia, na 1ª série do ensino médio, de uma escola pública estadual, durante aulas que visavam abordar os conceitos de fotossíntese e respiração celular. Partiu da tese de que a ação mediada intencional estabelecida na interação da professora com os alunos, por meio da utilização de ferramentas culturais apropriadas, favorece a formação de conceitos científicos por alunos do ensino médio. Ação mediada esta que é qualificada como intencional, que busca o diálogo e a compreensão no processo interativo, de maneira a favorecer a obtenção de um nível maior de generalidade dos conceitos por esses alunos, como a que é exigida na formação dos conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular.

Consideramos que o processo de intervenção baseado na pesquisa-ação crítico-colaborativa feito nesta pesquisa teve efeitos positivos: (i) no que concerne à formação continuada da professora de Biologia, consideramos que os sentidos produzidos durante as interações discursivas entre os participantes da pesquisa (professora, pesquisadora, estagiárias, bolsistas e alunos) foram reconhecidos por ela como valiosas contribuições: importância de ouvir o aluno e considerar suas hipóteses; importância de desenvolvimento de trabalho coletivo de formação continuada, envolvendo a parceria escola e universidade; compreensão da não linearidade do conhecimento e a importância de promover uma desfragmentação do mesmo, contextualizando e articulando conteúdos; (ii) com relação aos alunos, consideramos que o processo interativo ocorrido entre os participantes teve impactos positivos no processo de elaboração conceitual; (iii) no que tange ao ensino, acreditamos que esta pesquisa proporcionou um novo olhar sobre a prática pedagógica e o ensino dos conteúdos trabalhados, já que foi baseada em uma ação mediada intencional, organizada, dialógica e compreensiva.

É importante compreendermos que esta pesquisa foi um recorte de todo o processo da prática pedagógica da professora e por isso reflete um fragmento da

realidade. A abordagem dos conceitos de fotossíntese e respiração celular nas aulas de biologia para a turma investigada foi muito mais ampla do que foi possível dizer neste trabalho.

Aprendizagem é um processo de mudança contínua. Os estudantes estão em trajetória de desenvolvimento. A professora está em trajetória de desenvolvimento. Nós estamos em trajetória de desenvolvimento. A compreensão desse fato é primordial para o entendimento de que nem sempre "dominamos" determinado assunto naquele momento em que é ensinado. O fato de não "dominarmos naquele momento" não pode ser condição de rótulos em que se determina a capacidade ou incapacidade de alguém de aprender.

Quando os estudantes perguntam: "por que devo eu aprender isso ou aquilo em ciências?", no fundo, querem saber como esse conhecimento irá ajudá-los a melhorar sua vida no mundo, como esse conhecimento irá expandir seu poder de agir no mundo (ROTH, 2009).

Quando a professora diz em seu depoimento como os alunos aprenderam a partir da culminância do nosso trabalho, que foi a mostra cultural, ela quis dizer que dentro da trajetória de desenvolvimento da aprendizagem dos alunos, eles alcançaram os objetivos de aprendizagem propostos em outro momento do processo e não naquele momento específico da avaliação formal. Aprenderam a partir de um momento de socialização do conhecimento, um momento de contextualização, um momento coletivo.

Como os conceitos de fotossíntese e respiração celular são conceitos com alto grau de abstração e de difícil entendimento, por serem bastante complexos, são considerados conceitos científicos superiores, os quais possuem vários outros conceitos científicos subordinados. Dessa maneira, devido a sua complexidade, são encontradas grandes lacunas entre as formas cotidianas de pensar dos alunos e esses conceitos científicos, como é o caso da fotossíntese e da respiração celular, e por isso a aprendizagem se configura como processo desafiador para o aluno (MORTIMER; SCOTT, 2003). Assim, é papel do professor organizar a ação mediada de forma a auxiliar o estudante a entender como os conceitos se relacionam dentro de um sistema, ou seja, como os conceitos se inter-relacionam com outros conceitos.

Se considerarmos que no momento da apropriação do conceito científico o

desenvolvimento desse conceito não termina, mas apenas começa, entendemos que quando o professor introduz um novo conceito, este começa a ganhar vida e é preciso tempo para que o aluno se aproprie dele. Compreendemos também por que a curva do desenvolvimento do aluno não coincide com a curva de seu aprendizado do programa escolar, uma vez que o aluno possui internamente processos que são desencadeados e se movimentam no curso de sua aprendizagem escolar, que possuem a sua própria lógica de desenvolvimento.

Assim, fotossíntese e respiração celular, devido à complexidade desses processos, não são conceitos que se aprendem somente em um momento de instrução formal. É preciso que se tornem temas recorrentes no ensino. E neste sentido, pensar o processo de apropriação de conceitos científicos no ensino médio, significa pensar também este processo no ensino fundamental porque os conceitos abordados na disciplina Ciências são fundamentais para que o aluno tenha um desenvolvimento satisfatório a partir dos processos de ensino e de aprendizagem que ocorrerão no ensino médio.

O estudo indica que é importante ouvir os alunos, diagnosticar suas hipóteses sobre o assunto, ensiná-los, e a partir disso, compreender suas dificuldades, retomar o assunto. Quando o professor conhece as formas de pensar do estudante, pode ajudá-lo a compreender o assunto dentro de um viés científico. Isso não quer dizer que o aluno irá abandonar suas concepções, mas é papel do professor ensinar o conhecimento científico sistematicamente organizado. O que se questiona é quando o professor, ou o sistema, quer considerar somente o sistema científico, desconsiderando o pensamento dos alunos. Pensamento este que, muitas vezes, faz muito mais sentido para ele do que o conhecimento científico.

Talvez nos falte uma atitude mais compreensiva para com o aluno e sua cultura cotidiana; nas palavras de Roth, promover uma hibridização de culturas e saberes que considere a experiência de vida não só dos alunos, mas também as experiências de outras pessoas comuns e também de cientistas. Quando partimos da experiência, o discurso se torna muito mais inteligível. Quando se parte de um discurso da experiência viva, do pessoal, da história de vida, daquilo que nos toca, entramos em outra base de saber, que nos coloca como seres humanos, como seres de sentido.

Então, compreender o sentido das palavras, situando esses sentidos em um

determinado contexto, é muito importante no processo, pois os sentidos, como nos diz Bakhtin, não podem ser aprisionados em conceitos. Eles são infinitos e estão sempre se atualizando conforme interagimos com o outro. À medida que vivemos, nossos sentidos se atualizam na experiência. Aquilo que em certo tempo não fez sentido algum pode ser atualizado no contato com o outro e produzir novos sentidos. Então, aquilo que não fez sentido para o aluno em determinado tempo, pode se atualizar em outro. Não temos como ter domínio sobre os sentidos. Como nos diz Roth, os alunos são sempre mais do que aquilo que disseram ou fizeram em determinado momento, em determinado contexto. Promover uma cultura do insucesso é promover uma cultura da injustiça.

Nas interações discursivas que ocorrem na sala de aula, diversos discursos estão circulando: o discurso do professor, o discurso do material didático, dos fatos experimentais, do senso comum, dos colegas e da mídia (MORTIMER, 2014); e nesse contexto, os sentidos vão se atualizando enquanto os estudantes vão atribuindo sentido ao que é ensinado de forma articulada ao conhecimento que eles já traziam sobre o tema.

Considerando a implementação de um ensino fecundo nas aulas de Biologia no ensino médio, observamos que existem alguns desafios para a aprendizagem dos conceitos de fotossíntese e respiração celular, porque:

(i) são conceitos complexos que possuem formas espontâneas de pensar (levantamento das hipóteses dos estudantes) muito arraigadas, que foram construídas historicamente e socialmente ao longo de séculos e que se constituem como obstáculos à aprendizagem;

(ii) o espaço tempo de aprendizagem na escola dificulta a apropriação desses conceitos complexos, pois os mesmos necessitam de tempo para serem apropriados pelos alunos. Assim, quando o professor introduz novos conceitos, estes somente iniciam seu processo de apropriação pelos alunos, ou seja, começam a ganhar vida, nesse momento. O professor precisa dar tempo para que os alunos falem desses conceitos e ideias. Os alunos precisam de tempo porque a aprendizagem está à frente do desenvolvimento e o processo de apropriação do conhecimento é progressivo;

(iii) fotossíntese e respiração celular, devido à complexidade desses processos, não são conceitos que se aprendem somente em um momento de instrução formal. É preciso que se tornem temas recorrentes, que sempre devem ser retomados. No entanto, a dinâmica das escolas trabalha com uma ideia de conhecimentos estanque e o mais importante é a

quantidade de conteúdos e não a qualidade do processo. Então, um conteúdo sucede o outro sem ter sido de fato apropriado pelos alunos;

(iv) sabemos que existem dificuldades nos processos de aprendizagem relacionadas aos contextos sociais, econômicos e culturais dos estudantes[32].

Esses desafios, muitas vezes, propiciam um ambiente que mais exclui do que inclui os estudantes que não se encaixam nos padrões hegemônicos, gerando um discurso de culpabilidade dos alunos pelos processos de "não aprendizagem". O quarto desafio é um dos mais difíceis de enfrentar, porque implica questionar todo o processo educativo e o próprio paradigma capitalista da sociedade moderna, em vez de colocar a culpa somente nos alunos e em suas condições de vida.

Assim, se a ação mediada, qualificada como intencional, dialógica, compreensiva, interativa e organizada, pode nos levar a um ensino fecundo, entendemos que é necessário o investimento em programas de formação de professores que articule formação inicial e continuada; escola e universidade e que realmente possa contribuir na formação dos professores promovendo um ensino fecundo.

"Não fosse isso e era menos. Não fosse tanto e era quase."
(LEMINSKI)

[32] De maneira alguma queremos dizer que os estudantes em situação desfavorecida não podem ou não querem ou não tem que aprender o conhecimento científico. A culpa da "não aprendizagem" ou do "*deficit* de aprendizagem" na área científica não pode ser e nem deve ser só do aluno. Devemos questionar como podemos aprender esse conhecimento de forma mais efetiva.

REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G. S. **Educação científica para todos.** Tradução de Maria Teresa Oliveira. Lisboa: Edições Pedago, 2009.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências**: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

BAKHTIN. M. **Estética da criação verbal**. ed. 6. São Paulo: Martins Fontes, 2011.

BAKHTIN. M. **Marxismo e filosofia da linguagem**. São Paulo: Hucitec, 2009.

BARBIER, R. **A pesquisa-ação**. Brasília: Plano, 2002.

BARBIER, R. O conceito de implicação na pesquisa ação em Ciências Humanas. In: BARBIER, R. **A pesquisa-ação na instituição educativa.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1985. p. 105-128.

BARKER, M. 'A plant is an animal standing on its head'. **Journal of Biological Education**, New York, v. 29, n. 3, p.201-208, 1995.

BARKER, M.; CARR, M. Teaching and learning about photosynthesis. Part 1: An assessment in terms of students' prior knowledge**. International Journal of Science Education,** London, v. 11, n. 1, p. 49-56, 1989.

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

BRASIL. **Lei nº 9.394 – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB, de 20 de dezembro de 1996**. Brasília, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm>. Acesso em: 23 ago. 2014.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Livro Azul da 4ª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: MCT, CGES, 2010. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0214/214646.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2013.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Secretaria de C&T para Inclusão Social. Departamento de Popularização e Difusão de Ciência e Tecnologia. **Percepção pública da Ciência e Tecnologia.** Brasília: DEPDI/Secis/MCT, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: MEC/SEB/Dicei, 2013.

CACHAPUZ A. et al. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CAÑAL, P. Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception? **International Journal of Science Education**, London, v. 21, n. 4, p. 363-371, 1999.

CARLSSON, B. Ecological understanding 1: ways of experiencing photosynthesis. **International Journal of Science Education**, London, v. 24, n. 7, p. 681-699, 2002.

CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o ensino das ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências**: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

CASSIANI, S. Aprendendo a conversar ciências no Ensino Fundamental. In: FLORES, C. R; CASSIANI, S. (Orgs.). **Tendências contemporâneas nas pesquisas em Educação Matemática e Científica:** sobre linguagens e práticas culturais. Campinas: Mercado das Letras, 2014.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** Tradução de Raul Filker. São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHASSOT, A. Ensino de ciências no começo da segunda metade do século da tecnologia. In: LOPES, A. C.; MACEDO, E. (Orgs.). **Currículo de ciências em debate**. Campinas, São Paulo: Papirus, 2004.

COHEN, L.; MANION, L; MORRISON, K. **Research methods in education**. Sixth Edition. London, New York: Routledge, 2007.

DRIVER, R. et al. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química nova na escola**, São Paulo, n. 9, p. 31-40, maio 1999.

DRIVER, R. et al. **Making sense of secondary science**: research into children's ideas. London, New York: Routledge, 1994.

EISEN, Y.; STAVY, R. How to make the learning of photosynthesis more relevant. **International Journal of Science Education**, London, v. 15, n. 2, p. 117-125, 1993.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado da Educação. **Ensino médio**: área de ciências da natureza (currículo básico da escola estadual) – v. 2. Vitória: Sedu, 2009. 128p.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado da Educação. Paebes – 2011. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. Faculdade de Educação. CAEd, v. 1, jan./dez. 2011. Anual.

FONTANA, R. A. C. **Como nos tornamos professoras?** Belo Horizonte: Autêntica, 2000.

FRANCO, M. A. R. S. **Pedagogia e prática docente.** São Paulo: Cortez, 2012.

FRANCO, M. A. S. Pesquisa-ação e prática docente: articulações possíveis. In: PIMENTA, S. G.; FRANCO, M. A. S. (Orgs.). **Pesquisa em Educação**: possibilidades investigativas/formativas da pesquisa-ação. Vol. 2. São Paulo: Edições Loyola, 2008, p.103-138.

GALIAZZI, M. C. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino Médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GIOLO, J. Bernard Charlot: a educação mobilizadora. In: REGO, T. C. (Org.). **Educação, escola e desigualdade.** Petrópolis: Vozes, 2011.

GÓES, M. C. R. A aprendizagem e o ensino fecundo: apontamentos na perspectiva da abordagem histórico-cultural. In: PERES, E. et al (Orgs.). **Trajetórias e processos de ensinar e aprender**: sujeitos, currículo e cultura. Anais do XIV ENDIPE, 2008. Porto Alegre: EdiPUC-RS, 2008, p. 414-426.

HALLIDAY, M. A. K. **The language of science.** Edição de Jonathan J. Webster. London, New York: Continuum, 2004.

HODSON, D. Exploring and developing personal understanding through practical work. In: HODSON, D. **Teaching and learning science:** towards a personalized approach. Buckingham: Open University Press, 1998.

JESUS, D. M. O que nos impulsiona a pensar a pesquisa-ação colaborativo-crítica como possibilidade de instituição de práticas educacionais mais inclusivas? In: BATISTA, C. R.; CAIADO, K. R. M.; JESUS, D. M. (Orgs.). **Educação especial**: diálogo e pluralidade. Porto Alegre: Mediação, 2008.

KAWASAKI, C. S. Nutrição vegetal: um verdadeiro campo de estudos para a educação científica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 1., 1987, Águas de Lindóia. **Anais…** Águas de Lindóia, 1987.

LEMINSKI, P. **Toda poesia**. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.

LEMKE, J. L. **Talking science:** language, learning and values. Westport, Connecticut, London: Ablex Publishing Corporation, 1990.

LIMA, M. E. C. C; AGUIAR JUNIOR, O.; CARO, C. M. A formação de conceitos científicos: reflexões a partir da produção de livros didáticos. **Ciência & Educação**. v. 17, n. 4, p. 855-871, 2011.

MACHADO, A. H. **Aula de química**: discurso e conhecimento. Ijuí: Unijuí, 1999.

MAHEUX, J. F.; ROTH, W. M.; THOM, J. Looking at the observer: challenges to the study of conceptions and conceptual change. In: ROTH, W. M. (Ed.). **Re/Structuring science education**: Reuniting sociological and psychological perspectives. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2010.

MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. **Ensino de Biologia**: histórias e práticas em diferentes espaços educativos. São Paulo: Cortez, 2009.

MARMAROTI, P.; GALANOPOULOU, D. Pupils' understanding of photosynthesis: a questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. **International Journal of Science Education**, London, v. 28, n. 4, p. 383-403, 2006.

MEDEIROS, S. C. S.; COSTA, M. F. B.; LEMOS, E. S. O ensino e a aprendizagem dos temas fotossíntese e respiração: práticas pedagógicas baseadas na aprendizagem significativa. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**.v. 8, n. 3, p. 923-935, 2009.

MILLAR, R. Bending the evidence: the relationship between theory and experiment in science education. In: MILLAR, R. (Ed). **Doing Science**: images of science in science education. London, New York, Philadelphia: Falmer Press, 1989.

MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 5, n. 2, p. 73-91, 2003.

MORTIMER, E. F. Aprender ciências: tensões e diálogos entre a linguagem comum e a linguagem científica. In: FLORES, C. R; CASSIANI, S. (Orgs.). **Tendências contemporâneas nas pesquisas em Educação Matemática e Científica:** sobre linguagens e práticas culturais. Campinas: Mercado das Letras, 2014.

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. Entre chamas e cristais: a linguagem cotidiana, a linguagem científica e o ensino de ciências. In: CHASSOT, A.; OLIVEIRA, R. J. (Orgs). **Ciência, ética e cultura na educação**. São Leopoldo: Unisinos, 1998.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Elaboração de conflitos e anomalias na sala de aula. In: MORTIMER, E.; SMOLKA, A. L. B. (Orgs). **Linguagem, cultura e cognição**: reflexões para o ensino e a sala de aula. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

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.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. **Meaning making in secondary science classrooms**. Maidenhead, Philadelphia: Open University Press, 2003.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Revista Ensaio:** Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 72-89, 2007.

OECD and Pisa tests are damaging education worldwide – academics. **The Guardian**, 6 May 2014. Disponível em: <http://www.theguardian.com/education/2014/may/06/oecd-pisa-tests-damaging-education-academics>. Acesso em: 15 jul. 2014.

OGBORN, J. et al. **Explaining science in the classroom**. Buckingham, Philadelphia: Open University Press, 1996.

OLIVEIRA, I. M. A narrativa como possibilidade de abordagem dos conhecimentos produzidos pelo professor sobre sua prática. In: JESUS, D. M. et al (Orgs.). **Inclusão, práticas pedagógicas e trajetórias de pesquisa**. Porto Alegre: Mediação, 2007.

ORLANDI, E. P. **A linguagem e seu funcionamento**: as formas do discurso. Campinas: Pontes, 2006.

OZAY, E.; OZTAS, H. Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. **Journal of Biological Education**, New York, v. 37, n. 2, p. 68-70, 2003.

PAULA, H. F. Experimentos e experiências. **Presença pedagógica**. v. 10, n. 60, p. 74-76, 2004.

PINO, A. O social e o cultural na obra de Vigotski. **Educação & Sociedade**, v. 21, n. 71, p. 45-78, 2000.

REGO, C. T. (Org.). **Educação, escola e desigualdade.** Petrópolis: Vozes, 2011.

ROTH, W. M. **Establishing scientific classroom discourse communities**: multiple voices of teaching and learning research. Edited by Randy Yerrick, Wolff-Michael Roth. Mahwah, London: Lawrence Erlbaum Associates, 2005.

ROTH, W. M. **Language, learning and context:** talking the talk. London, New York: Routledge, 2010a.

ROTH, W. M. **Passibility:** at the limits of the constructivist metaphor. London, New York: Springer, 2011.

ROTH, W. M. Reuniting sociological and psychological perspectives in/for science education: an introduction. In: ROTH, W. M. (Ed.). **Re/Structuring science education**: Reuniting sociological and psychological perspectives. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2010b.

ROTH, W. M. Taking a stand (point): introduction to a science (education) from people for people. In: ROTH, W.M. (Ed.). **Science education from people for people**: taking a stand (point). London, New York: Routledge, 2009.

ROTH, W. M.; BARTON, A. C. **Rethinking scientific literacy**. New York: Routledge, 2004.

SÁ, E. F. **Discursos de professores sobre ensino de ciências por investigação**. 2009. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JUNIOR, O. A construção de sentidos para o termo Ensino por Investigação no contexto de um curso de formação. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 16, n. 1, p. 79-102, 2011.

SANTOS, W. L. P; MÓL. G. S. (Coords.). **Química e sociedade: manual do professor**. São Paulo: Editora Nova Geração, 2010.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. **Educação em química**: compromisso com a cidadania. ed. 4. Ijuí: Unijuí, 2010.

SARMENTO, A. C. H. et al. Investigando princípios de design de uma sequência didática sobre metabolismo energético. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 3, p. 573-598, 2013.

SESSA, P. S.; TRIVELATO, S. L. F. A ação mediada no ensino de biologia e argumentação: tensões permanentes. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VIII, 2011, Campinas, SP. **Atas...** Campinas, 2011.

SETTON, M. G. J. Bernard Lahire: a multiplicidade das condições de socialização e a cultura escolar. In: REGO, T. C. (Org.). **Educação, escola e desigualdade**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

SEYMOUR, J.; LONGDEN, B. Respiration – that's breathing isn't it? **Journal of Biological Education**, New York, v. 25, n. 3, p. 177-183, 1991.

SMOLKA, A. L. B. A prática discursiva em sala de aula: uma perspectiva teórica e um esboço de análise. **Cadernos Cedes**, Campinas, v. 1, n. 24, p. 51-65, 1991.

SOARES, M. Diversidade linguística e pensamento. In: MORTIMER, E.; SMOLKA, A. L. B. (Orgs). **Linguagem, cultura e cognição**: reflexões para o ensino e a sala de aula. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

SOUZA, S. C. Supletivo individualizado: possibilidades, equívocos e limites no ensino de ciências. **Trajetos**, v. 2, n. 3, jun 1995.

SOUZA, S. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. A fotossíntese no ensino fundamental: compreendendo as interpretações dos alunos. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 1, p. 97-111, 2002.

STAVY, R.; EISEN, Y.; YAAKOBI, D. How students aged 13-15 understand photosynthesis. **International Journal of Science Education**, London, v. 9, n. 1, p.105-115, 1987.

SUTTON, C. **Words, science and learning**. Buckingham, Philadelphia: Open University Press, 1992.

SZYMANSKI, H. (Org.). **A entrevista na pesquisa em educação**: a prática reflexiva. Brasília: Líber Livro, 2004.

TRAZZI, P. S. S.; FREGUGLIA, J.; JONIS, M. Ensinar e aprender em Ciências e Biologia: a experimentação em foco. In: LEITE, S. Q. (Org). **Práticas experimentais investigativas em ensino de ciências**: cadernos de experimentos... Vitória: Ifes, p. 31-35, 2012.

UNESCO. **A ciência para o século XXI**: uma nova visão e uma base de ação. Brasília: Unesco, Abipti, 2003. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001315/131550por.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2013.

UNESCO. **Ciência na escola**: um direito de todos. Brasília/DF, Brasil, 2005.

UNESCO. **Ensino de ciências**: o futuro em risco. Brasília: Unesco, 2005. Série Debates, v. VI. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001399/139948por.pdf>. Acesso em: 29 maio 2013.

VIANNA, H. M. **Pesquisa em educação**: a observação. Brasília: Plano, 2003.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Martins Fontes: São Paulo, 2009.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente:** o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. ed. 4. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

WAHEED, T.; LUCAS, A. M. Understanding interrelated topics: photosynthesis at age 14, **Journal of Biological Education**, New York, v. 26, n. 3, p. 193-199**,** 1992.

WAISELFISZ, J. J. **O ensino de ciências no Brasil e o Pisa**. São Paulo: Sangari Brasil, 2009.

WERTSCH, J. V. **La mente en acción**. Buenos Aires: Aique, 1999.

WERTSCH, J. V. **Voices of the mind**: a sociocultural approach to mediated action. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1993.

YERRICK, E.; ROTH, W. M. Introduction: the role of language in science learning and teaching. In YERRICK, E.; ROTH, W. M. (Eds.): **Establishing scientific classroom discourse communities:** multiple voices of teaching and learning research. Mahwah, London: Lawrence Erlbaum Associates, 2005.

YPI, D. Y. Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning. **International Journal of Science Education**, London, v. 20, n. 4, p. 461-477, 1998.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Implementação de atividades investigativas na disciplina de ciências em escola pública: uma experiência didática. **Investigações em Ensino de Ciências.** v. 17, n. 3, p. 675-684, 2012.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Significados de fotossíntese apropriados por alunos do Ensino Fundamental a partir de uma atividade investigativa mediada por multimodos de representação. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 179-199, 2011.

ANEXOS

ANEXO A – Carta-convite para a direção da escola

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

Vitória, de xx de xxx 201x.
À Diretora da Escola:
EEEFM XXXXX

Prezada Diretora,

Como parte do Projeto de Pesquisa de Doutorado intitulado **"EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**: **UM ESTUDO EXPLORATÓRIO EM SALAS DE AULA DE BIOLOGIA A PARTIR DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS**[33]" convidamos a Professora xxxxxxx para participar da pesquisa e do processo formativo promovido pelo Labec/PPGE/CE UFES.
O referido projeto de pesquisa pretende contribuir com a formação continuada de professores e consequentemente a melhoria da aprendizagem dos alunos.

Certos da atenção e colaboração, colocamo-nos à disposição.
Atenciosamente,

Profª Patrícia Silveira da Silva Trazzi
Pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Educação - UFES

[33] Título provisório do projeto de pesquisa apresentado à escola.

ANEXO B – Currículo Básico de Biologia da Escola Estadual do Espírito Santo		
CURRÍCULO BÁSICO COMUM- BIOLOGIA- ENSINO MÉDIO- 1º ANO		
COMPETENCIAS	**HABILIDADES**	**CONTEÚDOS**
1-Expressão e comunicação -Dominar os instrumentos básicos da linguagem científica, entre outros: percepção, categorização, identificação, diferenciação, descrição, observação, comparação, explicação, argumentação, conceitos, pensamento lógico e crítico. -Interpretar esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas. -Identificar e utilizar adequadamente símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica. -Consultar, analisar e interpretar textos de enfoque sociocultural e tecnológicos veiculados nos diferentes meios de comunicação. -Elaborar textos para relatar eventos, fenômenos, experimentos, questões problema, visitas, etc. -Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas da ciência, cultura, tecnologia e meio ambiente.	-Reconhecer as ciências biológicas como uma produção humana sócio-histórica e, portanto, resultado das conjunções de fatores sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos. -conhecer os modelos explicativos culturais sobre os fenômenos biológicos -Utilizar modelos explicativos da área de biologia para interpretar e sistematizar fenômenos sócio-culturais e socioambientais da vida cotidiana. -Inter-relacionar causa e efeito nos processos naturais, considerando inclusive, aspectos éticos, sociais e étnico-culturais. -Identificar s relações entre o conhecimento científico e não científico e o desenvolvimento tecnológico, considerando a vida, as condições de vida e as concepções de desenvolvimento socioculturais. -Identificar e avaliar, com visão integrador a e crítica, alterações ambientais e suas relações com os processos produtivos socioculturais e socioambientais. -Avaliar com ética e responsabilidade socioambiental ações científicas-tecnológicas globais e locais. -Identificar métodos ou procedimentos próprios das ciências naturais que contribuem para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, cultural, econômica e ambiental. -Diferenciar as substâncias orgânicas e inorgânicas e compreender que tais substancias constituem a matéria viva. -Reconhecer a célula como unidade estrutural e funcional da vida;-compreender princípios gerais de organização celular, associando-os a existência de uma ancestralidade comum;caracterizar a célula como unidade morfofisiológica dos seres vivos, refletindo sobre seu funcionamento integrado para os processos vitais -Conhecer os conceitos básicos de bioquímica celular e citologia; conhecer funções vitais celular; -Identificar nos alimentos cotidianos os elementos bioquímicos; avaliar hábitos alimentares que contribuam para o desenvolvimento de uma boa saúde.	**EIXO INTEGRAÇÃO DA VIDA, OS SERES VIVOS E SUAS INTERAÇÕES** 1-Ação humana e conseqüências ambientais; 2-Introdução ao estudo da biologia:-Primórdios da biologia: Abordagem histórico-social. 3-Níveis de organização da vida. 4-Ecologia -Fatores ecológicos -Cadeia alimentar -Ecologia das populações (pirâmides ecológicas) e das comunidades (relações ecológicas) -Os ciclos biogeoquímicos **EIXO COMPOSIÇÃO E IDENTIDADE DOS SERES VIVOS, ORGANIZAÇÃO CELULAR E FUNÇÕES VITAIS BÁSICAS** 1-Bioquímica celular- noções básicas:-Água, sais minerais, carboidratos, lipídeos, proteínas, vitaminas, ácidos nucléicos 2-Citologia -Histórico, microscopia e métodos de estudo -Revestimentos celulares -Organização citoplasmática -Metabolismo energético: respiração e fotossíntese -síntese protéica -divisão celular
2- Investigação e compreensão -Identificar situações-problemas do cotidiano (sociocultural e socioambiental), elaborar hipóteses, interpretar, avaliar e planejar intervenções socioculturais e tecnológicas. -Organizar os conhecimentos adquiridos, entender, contextualizar e refletir as informações surgidas das práticas humanas. -Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro das áreas do conhecimento. -Valorar o trabalho em grupo, sendo capaz de ação crítica e cooperativa para construção coletiva do conhecimento.		
3- Contextualização sociocultural e socioambiental -compreender o conhecimento sociocultural, socioambiental e tecnológico como resultado da construção humana, associado aos aspectos de ordem histórica, cultural, social, econômica e política. -compreender as interações entre conhecimentos culturais, produção de tecnologia e condições de vida, analisando criticamente os limites e possibilidades da intervenção humana na dinâmica do meio ambiente -Compreender a saúde como resultado do bem-estar físico, social, mental e cultural dos indivíduos. -Recorrer aos conhecimentos desenvolvidos para a elaboração de propostas de intervenção solidária, respeitando os valores humanos e a diversidade sociocultural e ambiental. -Compreender a diversidade de informações socioculturais das comunidades, identificando e questionando as ações humanas e suas principais conseqüências em diferentes espaços e tempos, sendo participante ativo, consciente, ético e crítico nas questões socioculturais e socioambientais. -compreender a subjetividade como elemento de realização humana, valorizando a formação de hábito de autocuidado, autoestima e respeito ao outro.		

ANEXO C – Questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes

Questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes a ser aplicado após a montagem das atividades experimentais investigativas

Instruções:
Analise cada uma das situações abaixo e escreva o que você pensa que irá acontecer:

a) Situação "1", recipiente aberto, terra úmida e colocado em ambiente iluminado
Se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente aberto, com terra úmida e em ambiente iluminado, o que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique:

b) Situação "2", recipiente fechado, terra úmida e em ambiente iluminado
E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente fechado, que não desse para entrar ar, com a terra úmida e em ambiente iluminado. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique:

c) Situação "3", recipiente aberto, terra úmida e em ambiente escuro
E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente aberto, com a terra úmida e em ambiente escuro. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique:

d) Situação "4", recipiente fechado, terra úmida e em ambiente escuro
E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente fechado, que não desse para entrar ar, com a terra úmida e em ambiente escuro. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique:

e) Situação "5", recipiente fechado, terra seca e em ambiente iluminado
E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente fechado, que não desse para entrar ar, com a terra seca e em ambiente iluminado. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique:

e) Situação "6", recipiente fechado, terra seca e em ambiente escuro
E se você colocasse uma pequena planta dentro de um recipiente fechado, que não desse para entrar ar, com a terra seca e em ambiente escuro. O que você acha que aconteceria com a planta dentro de alguns dias? Por quê? Explique:

ANEXO D – Relatório de Atividades

RELATÓRIO DE ATIVIDADE PRÁTICAS – BIOLOGIA

ELABORAÇÃO DE RELATÓRIO

Um relatório de aula prática deve apresentar uma linguagem direta, simples e precisa. Deve ser escrito em 3ª pessoa, com verbos em tempo passado, porque descreve um trabalho já realizado. Não devem ser emitidas impressões pessoais no texto, como "eu acho...", e sim deduções relativas aos resultados "de acordo com os resultados, pode se concluir..." e tudo de acordo com a bibliografia. Sabe-se que quando o trabalho experimental envolve seres vivos, é difícil obter resultados uniformes, pois estes têm variações numa mesma população, e porque pode ocorrer que nem todos os fatores envolvidos na experiência estejam sendo bem controlados. O trabalho deve ser escrito utilizando a letra Arial, tamanho 12, com exceção da capa que pode ser utilizado Arial, tamanho 14. As folhas devem ser numeradas no rodapé ao lado direito da folha, com exceção da folha da capa, que não deve ser numerada.

Sugestões de itens para um relatório:

1- Capa
2- Índice
3- Introdução
4- Objetivos
5- Materiais Utilizados
6- Procedimentos experimentais
7- Resultados e Discussão
8- Conclusões
9- Anexos
10- Bibliografia

1. CAPA

É a identificação do relatório e dos autores. Deve conter: nome da escola, disciplina, série, turma e turno, nome dos alunos, título do trabalho, local e data.

Deve ser padronizado e formal, seguindo o exemplo abaixo:

Disciplina: Biologia

Professora:

Turma:

RELATÓRIO DE AULA PRÁTICA:

EXPERIMENTO SOBRE FOTOSSÍNTESE – EXPERIMENTO N°__

Nome dos integrantes

VITÓRIA 2013

2. ÍNDIC

É a identificação das páginas referentes a cada parte do trabalho. *Exemplo dos tópicos e número das páginas:*

ÍNDICE

Introdução ----------1

Objetivos ----------2

Materiais Utilizados ----------2

Procedimentos experimentais --- 2

Resultados e Discussão ----------1

Conclusões ----------1

Anexo 1----------4

Anexo 2----------4

3. INTRODUÇÃO

É a síntese do conteúdo pesquisado e da prática realizada, de forma ampla e objetiva. É o convite à leitura do relatório. Nela deve constar a explicação dos fenômenos estudados durante as aulas: fotossíntese, respiração celular e os ciclos do carbono, do oxigênio e da água.

4. OBJETIVOS

É o motivo/intuito da realização da prática. Deve ser escrito em verbos no infinitivo (conhecer, avaliar, estudar).

Exemplos:

- Descobrir quais são os fatores básicos necessários para a planta realizar a fotossíntese;
- Estudar a equação geral do processo da fotossíntese e realizar uma comparação com a equação geral da respiração celular aeróbica;
- Conhecer as organelas citoplasmáticas responsáveis pelos fenômenos da fotossíntese (cloroplasto) e da respiração celular (mitocôndria);
- Diferenciar o que é respiração celular e respiração pulmonar;
- Compreender os ciclos do carbono, água e oxigênio que ocorrem nos experimentos;
- Entender o motivo de a planta do experimento 4 (muda de planta armazenada dentro de uma garrafa pet fechada, com água e em ambiente iluminado) não ter morrido.

5. MATERIAIS UTILIZADOS

É a listagem de todos os equipamentos, vidrarias, objetos, materiais etc. utilizados durante a realização da prática.

Ex: garrafa pet, papel cartão preto, água, béquer, caneta piloto, fita adesiva, fita crepe, etc.

6. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Explicação detalhada do passo a passo da montagem do experimento e das condições em que foram realizados.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

É uma das partes mais importantes do relatório, pois é onde se **expõe os resultados** obtidos da prática realizada, **questiona o experimento** e **relata as facilidades** e **dificuldades enfrentadas**. Neste momento o aluno deve **relacionar os resultados obtidos** no experimento com os fenômenos biológicos estudados: **fotossíntese, respiração celular e os ciclos do carbono, do oxigênio e da água**.

8. CONCLUSÃO

A partir dos resultados e da discussão, o aluno deverá dizer o que pode ser concluído sobre o experimento.

9. ANEXOS

É a parte onde estão anexados: esquemas (por exemplo, os ciclos do carbono, oxigênio, água), gravuras, tabelas, gráficos, fotocópias, etc. É onde se colocam aditivos que enriquecem o relatório, mas que não são essenciais. Você deve colocar os anexos ao final do trabalho numerados de acordo com sua sequência (anexo 1, anexo 2, anexo 3 , etc)

10. BIBLIOGRAFIA

A bibliografia consultada deve ser citada. A citação dos livros ou trabalhos consultados deve conter nome do autor, título da obra, número da edição, local da publicação, editora, ano da publicação e as páginas:

Autor. Título e subtítulo; Edição (número); local: Editora. Data. Página.

Exemplo:

Imagine que a professora Andréia de Oliveira escreveu um livro chamado: Experimentos de Biologia, no ano de 2013, e este livro foi publicado pela Editora Ática, e a parte do livro que explica sobre a fotossíntese é na página 150 até a página 200 do livro; cita-se assim:

OLIVEIRA, A. Experimentos de Biologia; Vitória: Editora Ática. 2013. 200p.

GONDIM, Maria Eunice R.; GOMES, Rickardo Léo Ramos. Práticas de Biologia; Fortaleza: Edições Demócrito Rocha. 2004. 1-122p.

No caso de páginas da internet, estas devem ser citadas colocando-se a fonte com nome do autor, título, link em que estão disponíveis e a data de acesso. Seguindo o exemplo:

FULANO, João. Exemplo de citações. Disponível em: <http//exemplos.com.br>. Acesso em: 01 janeiro de 2013.

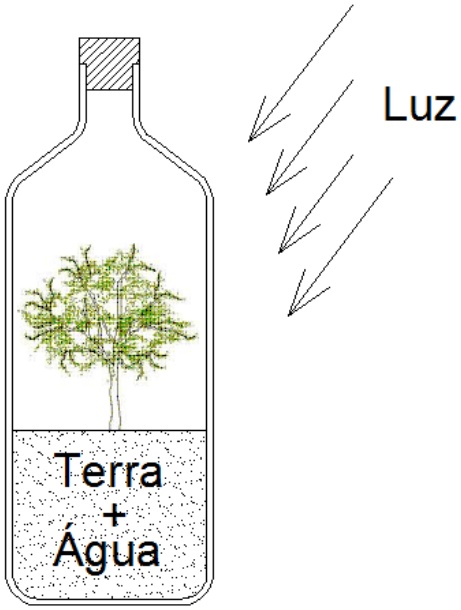
Não use como bibliografia de internet, sites genéricos e pouco confiáveis como, por exemplo: Wikipedia.

ANEXO E – Questões aplicadas aos alunos (prova de Biologia)

Enunciado da questão aplicada aos alunos como parte da prova de Biologia

1 - Descreva o experimento de seu grupo com detalhes, dizendo o que ocorreu e as conclusões encontradas:

Questão 2 - aplicada após a prova



No experimento acima, realizado por um grupo de sua turma, colocamos uma pequena planta dentro de uma garrafa PET com terra e aguamos. Em seguida, lacramos e tampamos a garrafa. Então, colocamos a garrafa sob a luz solar.
Passadas duas semanas, verificamos que a planta estava viva e que até cresceu um pouco! Vimos também muitas gotas de água nas bordas internas da garrafa.
Com suas palavras, explique por que a planta sobreviveu.

ANEXO F – Entrevista reflexiva com a professora

Roteiro de entrevista semiestruturada com a professora de Biologia: uma perspectiva compreensiva e reflexiva

1- Como foi para você conduzir esta atividade iniciando invertendo seu conteúdo?
2- Como foi participar da pesquisa de uma maneira geral?
3- Quais os principais ganhos?
4- Quais os principais obstáculos?
5- Como você avalia a experiência para sua prática pedagógica?