

DO PROCESSO DE APROPRIAÇÃO DOS CONCEITOS DE FOTOSÍNTESE E RESPIRAÇÃO CELULAR POR ALUNOS EM AULAS DE BIOLOGIA

Patricia Silveira da Silva Trazzi*

Ivone Martins de Oliveira**

RESUMO: Esta pesquisa tem como objetivo analisar aspectos do processo de apropriação dos conceitos de “fotossíntese” e “respiração celular” em aulas de Biologia por alunos da 1ª série do Ensino Médio. A matriz teórico-metodológica utilizada é a histórico-cultural. A metodologia foi de cunho qualitativo/colaborativo e apresentou como instrumento de produção dos dados registros em diário de campo das reuniões formativas, do planejamento conjunto das aulas e das observações em sala de aula. Além disso, foram feitas gravações em vídeos das aulas e coleta de registros escritos produzidos pelos alunos. As análises apontaram que, a partir da ação mediada intencional realizada pela professora, emergiram indícios de apropriação de conceitos científicos com níveis distintos de generalização e integração conceitual.

Palavras-chave: Fotossíntese. Conceitos científicos. Mediação.

PHOTOSYNTHESIS AND CELL-BREATHING CONCEPTS' APPROPRIATION PROCESS BY STUDENTS IN BIOLOGY CLASS

ABSTRACT: This research's main goal is to analyze appropriation process aspects of photosynthesis and cell-breathing concepts in biology classes by freshman high school students. The theory-method matrix used is the historic-cultural. Methodology was qualitative/ collaborative and presented as data production instrument the registers done daily by the teachers during the formative meetings, class planning made collectively and classroom observation. Classes' video recordings and written registers made by students were also taken into account. The analysis points that, from intentional mediated action made by the teacher, clues of scientific concepts appropriation emerged with distinct levels of generalization and conceptual integration.

Keywords: Photosynthesis. Scientific concepts. Mediation.

*Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Vitória, ES, Brasil
Doutora em Educação pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Professora do Centro de Educação da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).
E-mail:
patriciatrazzi.ufes@gmail.com.

**Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Vitória, ES, Brasil
Doutora em Educação pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professora pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).
E-mail:
ivone.mo@terra.com.br.

EL PROCESO DE APROPIACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE FOTOSÍNTESIS Y RESPIRACIÓN CELULAR POR ESTUDIANTES EN CLASES DE BIOLOGIA

RESUMEN: Esta investigación tiene como objetivo analizar aspectos del proceso de apropiación de los conceptos fotosíntesis y respiración celular en clases de biología para estudiantes del primer año de la secundaria. La matriz teórica y metodológica utilizada es la histórico-cultural. La metodología fue de carácter cualitativo/colaborativo y se presentó como instrumento de producción de los siguientes datos: registros de los diarios de campo de las reuniones de formación, de la planificación conjunta de las lecciones y observaciones en el aula. Además, fueron hechas grabaciones en video de las clases y recolección de registros escritos hechos por los estudiantes. El análisis mostró que, a partir de la acción mediada intencional realizada por el maestro, surgió la apropiación de las pruebas de los conceptos científicos con diferentes niveles de generalización e integración conceptual.

Palabras clave: La fotosíntesis. Conceptos científicos. Mediación.

INTRODUÇÃO

Este artigo tem como objetivo analisar aspectos do processo de apropriação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular em aulas de Biologia por alunos da primeira série do Ensino Médio de uma escola estadual de Vitória, ES.

Na revisão de literatura sobre o tema aprendizagem dos conceitos científicos de 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; MEDEIROS; COSTA; LEMOS, 2009).

Essa dificuldade se deve, em parte, segundo Waheed e Lucas (1992) e Kawasaki (1987), ao fato de serem temas que inter-relacionam aspectos bioquímicos, ecológicos, anatômicos, fisiológicos e de energia, necessitando de uma visão integradora do assunto. Por se tratar de temas considerados integradores do ensino de Biologia e Ciências, 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, auxiliando os professores no desenvolvimento de estratégias de ensino.

Concordamos com Waheed e Lucas (1992) e Millar (2003) ao mencionarem 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.

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 (CO₂), e um líquido, como a água (H₂O), 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). Por 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).

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 “res-

piração celular é a mesma coisa que a respiração”. Os autores apontam que a imprecisão na linguagem com relação ao ensino dos 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).

Na aprendizagem dos conceitos de fotossíntese e respiração celular, chamamos a atenção para o fato de que muitos dos trabalhos de pesquisa mencionados estão voltados para uma perspectiva individual dos processos de aprendizagem, enfatizando o referencial das concepções alternativas. E, nesta pesquisa, propomos uma abordagem histórico-cultural, uma vez que acreditamos que o foco não deva recair somente sobre o indivíduo, mas deve ser considerado o contexto social em que ele está imerso, porque entendemos que essas concepções alternativas são produzidas socialmente.

REFERENCIAL TEÓRICO

Até o início dos anos 2000, os estudos na área de educação em Ciências ainda estavam centrados numa abordagem individual dos processos de aprendizagem. No entanto, Mortimer e Machado (2001) já apontavam, desde esse período, que alguns estudos indicavam ser essa abordagem “[...] 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 (2003) e Roth (2010) 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.

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 uma vez que 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.

Vigotski (2009) parte de uma hipótese fundamental de que as funções mentais superiores são socialmente formadas e culturalmente produzidas; a linguagem, nesta perspectiva, é extremamente pessoal e, ao mesmo tempo, profundamente social. Nessa perspectiva, há uma relação intrinsecamente dialética 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. A palavra funciona como um signo mediador, possuindo papel crucial no desenvolvimento da consciência e, diante disso, na formação de conceitos. Ao tratar do processo de conceitualização, Vigotski (2009) faz uma distinção entre os conceitos cotidianos, ou espontâneos, e conceitos científicos. Enquanto os primeiros são fruto de atividades práticas vivenciadas em situações cotidianas e 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. Ao passo que os conceitos espontâneos¹ são fortes no campo da experiência, os conceitos científicos apresentam-se inicialmente como signos de processos abstratos, introduzidos de modo arbitrário na consciência do sujeito, e depois continuam adiante, crescendo de cima para baixo no campo da experiência pessoal.

Para Vigotski (2009), todo conceito é uma generalização, e isso implica a possibilidade de situá-lo em um sistema de conceitos mais amplo, o qual envolve relação com outros conceitos, sendo alguns de um nível maior de generalidade. A generalização é ao mesmo tempo tomada de consciência e sistematização de conceitos.

Continuando sua argumentação sobre a formação de conceitos, Vigotski (2009) explica 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?

Primeiramente, é importante ressaltar que os momentos iniciais de formação tanto dos conceitos científicos quanto dos espontâneos são distintos. 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 tomada de consciência do conceito implica uma atividade mental complexa, caracterizada pela possibilidade de generalização dos processos psíquicos envolvidos na formação do conceito, bem como sua inserção num sistema de conceitos, fora do qual ele não pode existir.

Nesse processo, 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). 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.

A partir disso, Vigotski (2009) afirma que a causa da não conscientização dos conceitos científicos está na ausência de sua sistematicidade, pois essa tomada de consciência implica uma ação mediada que permita ao sujeito a compreensão dos processos psíquicos envolvidos na formação desse conceito, bem como a articulação com conteúdos que potencializem essa formação.

A formação dos conceitos científicos, o último estágio do desenvolvi-

mento conceitual, é resultado da interferência direta da escolarização formal no desenvolvimento psicológico da criança; envolve, desde o início, uma ação mediada, organizada e intencional em relação ao objeto. Assim, a instrução escolar pode atuar sobre o pensamento perceptual concreto e descontextualizado da criança, organizando-o em configurações semânticas próprias do pensamento científico.

Vigotski (2009) parte da tese de que os processos de aprendizagem e desenvolvimento não são 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, o autor ressalta que o aprendizado das matérias escolares não começa no momento em que as funções psíquicas estão maduras, mas que a imaturidade delas é lei geral e fundamental. Para o autor, a aprendizagem está sempre adiante do desenvolvimento e há discrepância, e não paralelismo, entre o processo de aprendizagem escolar e o desenvolvimento das funções correspondentes. Nessa perspectiva, é possível dizer que a formação dos conceitos científicos 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.

Discorrendo sobre a importância da escolarização formal e do papel do professor como mediador na construção do conhecimento sistematizado e da elaboração conceitual, Góes (2008) se remete a Vigotski naquilo que este autor chama de *ensino fecundo*. Segundo Góes (2008, p. 415), o autor denomina ensino fecundo como aquele que propicia aprendizagens que “[...] transformam modos de pensamento, elevando os níveis de generalidade e de sistematidade dos conhecimentos”; ou seja, um “bom ensino” é aquele que se adianta ao desenvolvimento do estudante, atuando em sua zona de desenvolvimento eminente, permitindo o desenvolvimento de processos psicológicos emergentes (VIGOTSKI, 1991).

Os estudos de Vigotski acerca da formação de conceitos nos ajudam a compreender o processo de apropriação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular por alunos do Ensino Médio, ao considerarmos que: 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; os alunos vão se apropriando desses conceitos à medida que vão, também, 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 significação e de apropriação das palavras alheias. Bakhtin (2009) compreende que a palavra é o signo ideológico por excelência e, como tal, pode preencher qualquer espécie de função ideológica: estética, científica, moral, religiosa. Como signo ideológico, a palavra só existe em um terreno interindividual, num determinado contexto histórico e cultural, e é nele que devemos buscar os elementos para compreendermos os sentidos que a perpassam.

A palavra configura-se como discurso interior, funcionando, também, como instrumento da consciência: “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, que só pode ser compreendida vinculada a uma situação concreta. O diálogo se configura como uma das formas mais importantes da interação verbal, que, enquanto fenômeno social, se delinea por meio da enunciação. Processo de produção de enunciado, a enunciação 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 (BAKHTIN, 2009).

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 interação verbal levam em conta as atitudes responsivas 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 eles são produzidos.

Além disso, nosso discurso, isto é, todos os nossos enunciados são plenos de palavras do outro, as quais aderimos, questionamos ou das quais discordamos. 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. A significação implica o processo de compreensão ativa e responsiva.

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. A ação mediada é tratada por Wertsch (1999) a partir dos estudos de Vigotski sobre mediação e das ideias de Bakhtin sobre apropriação, discurso de autoridade e interação discursiva. Wertsch (1999) 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.

Ao tratar da ação mediada nas relações de ensino, pretendemos evidenciar que o processo de ensino e de 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 culturais² são meios mediacionais com os quais os agentes (indivíduos) operam

durante a ação. Esses instrumentos ou ferramentas, segundo Wertsch (1999), possuem uma materialidade (um experimento, um documento, um desenho, a linguagem falada, gestos e outros). 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. É possível focar o momento individual da ação, mas tomando como base sua relação com o contexto sociocultural.

Sessa e Trivelato (2011) destacam que, apesar de haver pesquisas na educação científica apontando como os significados são construídos em salas de aula de Ciências, pouco se conhece sobre o contexto dessa construção e sobre como o professor viabiliza esse processo 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.

METODOLOGIA

Neste trabalho, realizamos uma pesquisa, de cunho qualitativo e colaborativo (FRANCO, 2012), em uma escola pública estadual de Ensino Médio de Vitória-ES, na qual trabalhamos junto com uma professora de Biologia e uma turma³ composta por 26⁴ alunos da 1ª série do Ensino Médio, com alunos de idade entre 15 e 18 anos. O processo de produção e registro dos dados se deu a partir de observações (VIANNA, 2003) da sala de aula, das atividades no laboratório de Ciências, reuniões formativas; anotações em diário de campo e filmagens das aulas. Na pesquisa colaborativa, evidencia-se uma preocupação com a perspectiva formativa da investigação, baseada na parceria, no envolvimento e no compromisso ético estabelecido entre pesquisador e sujeitos pesquisados. No caso desta pesquisa, a parceria estabeleceu-se entre a professora de Biologia, a quem daremos o nome fictício de Andréia, e a pesquisadora da Universidade Federal do Espírito Santo. O trabalho colaborativo implicou constante interlocução entre professora e pesquisadora, que ocorreu por meio de diversas reuniões formativas realizadas na escola, nos dois últimos meses de 2012 e ao longo do ano letivo de 2013. Nessas reuniões, a perspectiva formativa se articulava ao planejamento das aulas, que ocorria a partir de frequentes avaliações da prática educativa pela professora e pesquisadora. A seguir, faremos um breve relato do processo de pesquisa.

Descrição do processo de pesquisa

Para a descrição do movimento desta pesquisa, nos baseamos nas fases propostas por Barbier (2002). Nesse processo, diferentes momentos foram se delineando.

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

Este primeiro momento teve início em outubro de 2012, quando a professora foi convidada a participar de uma pesquisa que visava a investigar o processo de formação conceitual em salas de aula de Biologia, por meio de uma pesquisa colaborativa. Com o aceite da professora, foi realizada uma reunião para tratar das demandas da escola, em conjunto com os objetivos da pesquisadora. Essas demandas estavam relacionadas ao interesse da professora em realizar atividades experimentais com os alunos. A partir disso, foi estabelecido um cronograma de estudo e formação, visando discutir propostas de atividades experimentais e os encaminhamentos da pesquisa com os alunos.

b) 2º momento: planejamento e ação 1

Ocorrida a contratualização, iniciamos, ainda em 2012, as reuniões de formação com a professora, a fim de planejarmos as ações. A primeira ação foi uma discussão sobre o plano de trabalho anual da professora, baseado nos conteúdos de Biologia presentes no currículo da escola estadual do Espírito Santo (2009).

Após a análise do plano anual da professora (que se baseava na matriz de referência de Biologia da proposta curricular da escola básica do Espírito Santo), procedemos à definição de conteúdos, de conceitos e da prática experimental.

Baseados na centralidade dos temas “fotossíntese e respiração celular” como temas integradores, foi proposta, pela pesquisadora, uma inversão na abordagem dos conteúdos que compõem a matriz de referência curricular de Biologia da 1ª série do Ensino Médio da rede estadual. Originalmente, a organização dos conteúdos presentes nessa matriz de referência, seguida pela professora, colocava fotossíntese e respiração celular como conteúdos a serem ministrados no 3º trimestre do ano escolar, e o conteúdo de ecologia era previsto para o início do 1º trimestre. A proposta feita pela pesquisadora foi começar o 1º trimestre de 2013 com o conteúdo de fotossíntese e respiração celular, integrando esses conteúdos com o de ecologia. Começar o ano letivo com o assunto “fotossíntese e respiração celular” como tema recorrente a ser abordado em todo conteúdo de ecologia proporcionaria uma revisão constante do tema. Inicialmente, a professora questionou essa proposta de inversão e, a partir disso, foi apontada pela pesquisadora a necessidade de considerar a não linearidade dos conteúdos e a discussão de pesquisas que enfatizam a fotossíntese como tema integrador do ensino de Ciências e Biologia.

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 investigativa se deu no sentido de utilizar a experimentação como mediadora da linguagem dentro de um viés investigativo (SÁ; LIMA; AGUIAR JUNIOR, 2011). Entendemos que 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. De acordo com Mortimer e Scott (2003), 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, pois as atividades práticas não falam por si mesmas.

Escolhidos os conteúdos, pactuamos que iríamos estudar propostas de atividades a serem realizadas com os alunos. Após ampla discussão, definimos que a atividade experimental investigativa seria realizada com materiais simples, como garrafas PET transparente, terra e uma pequena planta.

O planejamento dessa atividade baseou-se em uma proposta contida no artigo de Medeiros, Costa e Lemos (2009). No entanto, foram feitas adaptações, e, no fim desse planejamento, elaboramos um questionário que denominamos “Questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes”, que serviu também como roteiro para que os alunos pudessem montar as atividades posteriormente.

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

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:

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo.

Esse questionário teve o intuito de compreender o que os alunos pensavam que ocorreria em cada uma das situações-problema. Lima, Aguiar

Junior e Caro (2011) afirmam que o processo de formação de conceitos se configura como lento, difícil e inconcluso. Por isso, é interessante articular os conceitos científicos com a compreensão de situações-problema e revê-los recursivamente durante o processo escolar, aprofundando-os de acordo com o contexto e as situações de ensino.

Logo na primeira semana de aulas do ano de 2013, retomamos as reuniões formativas com o intuito de iniciar o ano letivo com a atividade de levantamento das hipóteses dos estudantes sobre as situações-problema contidas no questionário.

Conforme o planejamento feito em conjunto com a professora, a montagem do experimento e a aplicação do questionário de levantamento das hipóteses dos estudantes ocorreram no laboratório de ciências da escola durante uma hora aula. Para responder ao questionário, os estudantes 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 possam contrastar hipóteses, vivenciando a experiência das dificuldades em chegar a um consenso sobre a interpretação de dados científicos.

Durante duas semanas, os alunos observaram o experimento sob a supervisão da professora e realizaram anotações no caderno. Em seguida, os alunos foram solicitados a levar o experimento para a sala de aula e, no transcorrer de duas aulas, foram feitas as discussões dos resultados.

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

Neste momento, pesquisadora e professora fizeram a análise dos questionários de levantamento das hipóteses dos estudantes 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, 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, após discussão em uma das reuniões formativas, estabelecemos como estratégia a explicação das 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, planejamos o momento de discussão dos experimentos com os alunos, considerando as situações previstas e imprevistas. Decidimos que a discussão do experimento com os estudantes não deveria ser baseada em explicações rebuscadas do tema, considerando que o mais importante seria a compreensão do conteúdo abordado. Tendo em vista que os assuntos “fotossíntese e respiração

celular” envolvem uma gama enorme de reações químicas, sendo processos complexos e de difícil entendimento, planejamos a discussão do experimento privilegiando aspectos essenciais para a compreensão do assunto.

A discussão dos experimentos foi conduzida pela professora em sala de aula. Cada grupo de alunos relatou o que aconteceu no experimento que fez e suas expectativas quanto aos resultados. Ao mesmo tempo em que os alunos iam relatando, a professora fazia a mediação, questionando os resultados e abordando teoricamente o conteúdo. Após os relatos dos alunos, a docente sistematizou no quadro a discussão dos fenômenos observados.

No processo interativo entre a professora e os alunos, observamos que a ação mediada realizada seguiu um caminho explicativo e argumentativo no desenvolvimento do conteúdo de fotossíntese e respiração celular:

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

2º - explicações teóricas do fenômeno: a professora constrói com os alunos a explicação para 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.

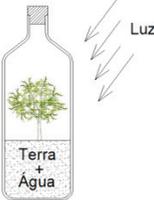
Assim, no primeiro momento, Andréia aborda a situação 1 do experimento para explicar os elementos necessários para que uma planta possa realizar a fotossíntese. Esses elementos são, inicialmente, os conceitos de água, gás carbônico e sais minerais e depois de glicose e oxigênio (conceitos que remetem a uma materialidade e concretude, ou seja, são materiais), e também o conceito de energia luminosa (conceito que remete a processos). No segundo momento, para explicar o conceito de fotossíntese, a professora o situa dentro de um sistema de conceitos e, para isso, constrói com os alunos a equação geral da fotossíntese. No terceiro momento, ela utiliza a situação 2 do experimento (mostrando que na garrafa fechada a planta não morreu) partindo do conceito de fotossíntese, e a sua equação geral, para explicar o conceito de respiração celular. E, para isso, Andréia desenvolve com os alunos a equação geral da respiração celular mostrando que os produtos da fotossíntese, ou seja, glicose e oxigênio passam a ser reagentes na equação da respiração celular, e a água e o gás carbônico passam a ser produtos desse processo. Além disso, a professora mostra aos alunos que ocorre também a produção de energia que vai fazer com que o vegetal possa crescer e se reproduzir. No quarto momento, a professora situa os conceitos de fotossíntese e respiração celular, de maneira integrada e simultânea, no sistema de conceitos, desenvolvendo junto com os alunos os ciclos biogeoquímicos da água, do carbono e do oxigênio. E, dessa maneira, a docente explica aos alunos por que a planta dentro da garrafa fechada não morreu.

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

Neste momento, ocorreu a avaliação do processo realizado e discutimos os encaminhamentos seguintes. Definimos a questão da prova escrita prevista como parte da avaliação conforme se segue.

Quadro 2 – Questão aplicada aos alunos como parte da prova de Biologia

ENUNCIADO DA QUESTÃO APLICADA AOS ALUNOS COMO PARTE DA PROVA DE BIOLOGIA



No experimento acima, realizado por um grupo de sua turma, colocamos uma pequena planta dentro de uma garrafa PET com terra e água. 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.

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo.

f) 6º momento: planejamento e ação 3

Este sexto momento foi dedicado ao planejamento de aplicação da prova escrita e a sua realização.

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

Nesta etapa, realizamos mais uma avaliação das respostas dos alunos com relação às questões da prova. Em seguida, retroagimos sobre o problema da questão da apropriação dos conceitos em foco, de modo a traçar estratégias de avanço no processo até então vivenciado. Processo este que é um “continuum” e extrapola os limites deste artigo.

Assim, a seguir, apresentamos os resultados do processo de apropriação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular tomando como base os enunciados escritos dos alunos na questão da prova de Biologia.

FOTOSSÍNTESE E RESPIRAÇÃO CELULAR: O MOVIMENTO DOS SENTIDOS E A APROPRIAÇÃO DAS PALAVRAS ALHEIAS

Discorrendo sobre o que denomina processo de monologização da consciência, decorrente da interação verbal, Bakhtin (2011, p. 402) chama a atenção para as palavras do outro e destaca que “essas ‘palavras alheias’ são reelaboradas dialogicamente em ‘minhas alheias palavras’ com o auxílio de ‘outras palavras alheias’ [...] e, em seguida, [nas] minhas palavras (por assim dizer, com a perda das aspas), já de índole criadora”. Nesse processo de apropriação das palavras do outro, aos poucos há um esquecimento da relação entre essas palavras e as palavras “dos outros”, de tal forma que estas últimas adquirem apenas um caráter familiar, mas anônimo.

Diante disso, analisamos o movimento dos sentidos e a apropriação das palavras alheias com relação aos conceitos de fotossíntese e respiração celular pelos alunos investigados. Aqui, os estudantes são os agentes focalizados na análise, e seus enunciados escritos são tomados como indícios para a compreensão de como têm se apropriado dos enunciados produzidos na interlocução com a professora e com a pesquisadora a partir da ação mediadora, especialmente, da professora.

Os enunciados analisados nesse momento foram extraídos de provas escritas, as quais foram realizadas individualmente pelos alunos, sem consulta a livros ou a outros materiais e sem discussão com os colegas. É importante mencionar que a professora avaliou os alunos de diversas formas, mas, considerando os objetivos deste trabalho, enfocaremos apenas esse instrumento de avaliação.

A questão da prova escrita tratava da situação-problema 2, do experimento realizado com os alunos, na qual a planta encontrava-se em ambiente fechado, iluminado e aguada. Essa situação-problema foi selecionada por nos permitir identificar indícios da formação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular que estão situados em um sistema de conceitos.

A questão da prova tinha o intuito de problematizar a situação vista no experimento para tentar compreender como o aluno construiu a explicação ou a argumentação sobre os processos de fotossíntese e respiração celular. Nesse sentido, a análise dos enunciados sobre os conceitos de fotossíntese e respiração celular nos levou aos seguintes eixos de análise: enunciados com um alto nível de generalização e integração conceitual; enunciados com um nível intermediário de generalização e integração conceitual; enunciados com um baixo nível de generalização e integração conceitual.

Enunciados com alto nível de generalização e integração conceitual

Entendemos que indícios de um alto nível de generalização e integração conceitual poderiam ser encontrados em enunciados dos estudantes que explicassem, de forma articulada, como esses conceitos foram construídos, partindo de conceitos de baixo nível de generalidade – como gás carbônico, água, gás oxigênio e glicose – em direção à formação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular, com alto grau de generalidade.

No enunciado a seguir, podemos observar que a aluna Ludmila⁵ constrói a resposta à questão partindo dos elementos que compõem o processo de formação do conceito de fotossíntese em termos dos reagentes (gás carbônico e água) e dos produtos (glicose e oxigênio).

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 ($C_6H_{12}O_6$) e O_2 (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 CO_2 será utilizado novamente na fotossíntese e a água (H_2O) em vapor é o que vai fazer o recipiente ficar cheio de gotinhas.

A aluna aborda os elementos necessários para que a planta possa sobreviver, iniciando a explicação pelo fenômeno da fotossíntese e mencionando, primeiro, os conceitos com baixo nível de generalização (reagentes e produtos) 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, destaca os conceitos que se configuram como produtos do processo de fotossíntese, que são a glicose e o oxigênio.

Após explicar o processo de fotossíntese, Ludmila utiliza-o para abordar o conceito de respiração celular e, nesse momento, a aluna demonstra entender que o conceito de fotossíntese é inserido no sistema, de forma integrada e simultânea, na formação do conceito de respiração celular. Em seu enunciado, a aluna compreende 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.

Quando Ludmila menciona que os processos de fotossíntese e respiração celular “formam um ciclo”, ela demonstra compreender que os elementos químicos envolvidos no processo (carbono, oxigênio e hidrogênio) se encontram em um ciclo biológico e que a matéria é cíclica. Nesse percurso, os enunciados da estudante indicam como ela utilizou os conceitos de fotossíntese e respiração celular para o entendimento dos ciclos biogeoquímicos do carbono, do oxigênio e da água de forma integrada e simultânea aos processos de fotossíntese e respiração celular.

Se observarmos o caminho explicativo de Ludmila, veremos que ela segue o mesmo percurso que a professora utilizou para desenvolver a explicação 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 pela aluna conforme evidenciado no 4º momento da metodologia.

Mortimer (2014, p. 187), apoiado nas ideias de Bakhtin sobre o processo de compreensão ativa, 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, implica a apropriação e o diálogo com essas palavras para responder à questão da prova; e os enunciados da prova escrita indicam uma consonância com aqueles produzidos pela professora.

Nas relações de ensino configuradas na sala de aula, poderíamos apontar que, ao se apropriarem das palavras da professora, alguns alunos, de formas variadas, aos poucos também se apropriam de um modo de olhar para os fenômenos naturais mediado pela ciência tal como é abordada na escola.

O enunciado do aluno Vitor apresenta indícios de um alto grau de generalização com relação à compreensão do conceito de fotossíntese, embora não explique a formação do conceito de respiração celular 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, de H_2O+CO_2 para que possam produzir $C_6H_{12}O_6+O_2$ 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 onde há água, ela evapora e por não ter por onde passar, acaba voltando ao mesmo lugar criando um ciclo.

Vitor formula um enunciado partindo dos elementos necessários para a planta sobreviver – os quais se constituem em conceitos necessários à formação do conceito de fotossíntese. O aluno demonstra compreender o processo de fotossíntese, ao mencionar que a partir dos conceitos de água, luz e gás carbônico, a planta produz glicose e gás oxigênio. 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 referente 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 ele ainda está elaborando o conceito de respiração celular.

Wertsch (1999) esclarece 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 ferramenta cultural, articulada a uma ação mediada intencional, auxiliou na explicação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular. E isso parece ter tido um efeito positivo na compreensão desses conceitos por Ludmila e Vitor.

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 a até que ponto nossas análises podem chegar.

Enunciados com um nível intermediário de generalização e integração conceitual

Entendemos que um nível intermediário de generalização e integração conceitual estaria baseado em enunciados dos estudantes que explicassem, de forma parcialmente articulada, como esses conceitos foram construídos, partindo de conceitos de baixo nível de generalidade – como gás carbônico, água, gás oxigênio e glicose – em direção à formação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular, considerados de 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, reve-

lando que, nesse nível, os conceitos ainda estão em processo de formação, e que, apesar de certa aprendizagem ter ocorrido, a apropriação dos conceitos ainda não aconteceu de maneira satisfatória.

No enunciado a seguir, observamos que Tomás constrói a resposta à questão mencionando os conceitos que são fundamentais para a formação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular. No entanto, os enunciados aparecem ora de maneira coerente e ora incoerente com a teoria científica, revelando o nível intermediário na formação desses conceitos.

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 do que é fotossíntese, porque o aluno associa a produção do alimento, ou seja, a fotossíntese, com a presença do gás oxigênio ao invés do gás carbônico. Podemos observar na literatura sobre concepções alternativas dos estudantes que existe um discurso produzido socialmente que entende a fotossíntese como sendo a própria respiração da planta. Segundo Driver et al. (1994), essa confusão ocorre porque a palavra respiração é geralmente associada ao processo de entrada de O₂ e saída de CO₂, que é a inspiração e a expiração feita pelos animais. No entanto, além do processo de respiração mencionado acima, existe o processo de respiração celular que se configura de maneira diferente da respiração como ocorre nos animais. A respiração celular é um processo intracelular no qual o alimento (glicose) é “queimado” pelo oxigênio numa reação química, produzindo energia e CO₂, processo este que ocorre nos animais e vegetais.

Nesse mesmo enunciado, podemos observar que Tomás, ao mesmo tempo 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.

Driver et al. (1994) ressaltam que as palavras “alimento” e “comida” remetem a uma dificuldade de entendimento do aluno no que diz respeito à nutrição da planta. 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 enunciado por Tomás, a planta produz seu próprio alimento pela fotossíntese, mas o entendimento do que seja este alimento é parcial, porque, segundo Driver et al. (1994), existe uma associação da palavra alimento com o ato de comer algum alimento. Os autores 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” 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 do aluno ocorra 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 sua compreensão 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”, do significado das palavras, ela não controla o movimento dos sentidos que as perpassa. Então, na dinâmica discursiva, estabelecida na sala de aula, acontece o que Smolka (1991) chama de indeterminação do discurso: ocorre o controle do significado, mas não dos sentidos. Conforme nos mostra a autora, os sentidos são negociados a partir da plasticidade sonora e semântica da língua.

Podemos observar, nos enunciados dos estudantes Júlio e Flávio, que estes também atribuem à água a função de alimentar a planta para que ela faça a fotossíntese, quando dizem que “a água cairia novamente e alimentaria a planta” ou que “[...] a água evapora-se [...], molhando a terra e criando a glicose, que é sua fonte de alimento [...]”.

Júlio: 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.

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 (C₆H₁₂O₆). Para acontecer a fotossíntese, precisa de luz, água e gás carbono - CO₂.

Em seus estudos, Driver et al. (1994) já haviam diagnosticado que muitas crianças compreendem que se as plantas absorvem CO₂, H₂O e sais minerais, eles são alimentos das plantas. Podemos notar, por meio da análise dos enunciados desses alunos, que os sentidos vão emergindo a partir do diálogo com as palavras da professora. Porém, o que orienta a resposta da prova é a interpretação que fazem das palavras da professora, principalmente da explicação feita 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.

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, o contexto da enunciação (no caso deste estudo, as aulas de Biologia no laboratório de Ciências e na sala de aula, com todas suas especificidades) e os interlocutores (professor e alunos, com suas singularidades) têm um papel fundamental na configuração desses sentidos.

Os enunciados dos alunos Júlio e Flávio evidenciam também uma quase ausência de elementos não observáveis nos experimentos efetuados. Esses alunos parecem construir suas explicações a partir da presença da água e da formação de gotículas no sistema. No caso do recurso mediacional experimento, notamos que os alunos acabam por valorizar em demasia o ciclo da água (importante, sem dúvida) e não consideram as trocas gasosas, que não são, evidentemente, observáveis no experimento proposto. Assim, o recurso mediacional utilizado, o experimento, acaba por reforçar os elementos observáveis. Conceitos associados a processos mais abstratos (oxigênio e gás carbônico, transformações químicas e trocas energéticas envolvidas) não são integrados às explicações desses alunos.

Enunciados com baixo nível de generalização e integração conceitual

A análise nos levou a entender que um baixo nível de generalização e integração conceitual estaria baseado em enunciados dos estudantes que explicassem de forma muito limitada como esses conceitos foram construídos ou nem mesmo os mencionassem. Nesse nível, as respostas estariam limitadas somente a alguns conceitos 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 considerados de 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 que influenciam no crescimento e na sobrevivência da planta, como a água e a luz, mas sem explicar os fenômenos da fotossíntese e da respiração celular a partir deles: “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” (aluna Lara).

Nesse 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 escreve 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. E a respiração celular nem mesmo foi mencionada no enunciado da aluna. Nesse contexto, os conceitos mencionados, como oxigênio, gás carbônico e água ainda estão desarticulados dentro do sistema de conceitos, o que indica que os conceitos de fotossíntese e respiração celular, como os científicos com alto grau de generalidade, 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: “A planta teve o que precisa para o crescimento e sua sobrevivência: terra, água e luz solar independente de estar com a garrafa fechada” (aluna Dani).

Nesse enunciado, Dani resalta alguns conceitos que são necessários para a formação do conceito de fotossíntese, como a água e a luz. No entanto, eles 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 destes termos não vem sistematizada dentro de um sistema de conceitos que levaria à formação do conceito de fotossíntese. 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 à frente do processo de desenvolvimento, e este não acompanha exatamente o curso do programa escolar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os conceitos de “fotossíntese” e “respiração celular” têm alto grau de generalidade e, para se formarem, precisam de uma série de outros que compõem um sistema de conceitos numa relação determinada. Devido à sua complexidade, são encontradas grandes lacunas entre as formas cotidianas de pensar dos alunos e esses conceitos científicos, por isso a aprendizagem se configura como processo desafiador para o aluno. 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 eles 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, os quais 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 esse processo no ensino fundamental, porque os conceitos abordados na disciplina Ciências são essenciais para que o aluno tenha um desenvolvimento satisfatório a partir dos processos de ensino e de aprendizagem que ocorrerão no Ensino Médio.

No caso desta pesquisa, é preciso também avaliar as condições de produção do discurso escrito produzido pelos alunos, ou seja, uma prova individual e sem consulta em que precisam explicar uma situação que exige uma articulação de conceitos e de processos que ocorrem simultaneamente. E discorrer sobre esse processo, por meio de um texto escrito, não é um movimento simples. Dessa forma, é pertinente que a avaliação escrita, ou seja, a prova, que é um ritual for-

temente estabelecido nas escolas como uma ferramenta cultural, não seja a única maneira de avaliar os alunos.

REFERÊNCIAS

- BAKHITIN, M. Estética da criação verbal. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2011.
- _____. Marxismo e filosofia da linguagem. São Paulo: Hucitec, 2009.
- BARBIER, R. A pesquisa-ação. Brasília: Plano, 2002.
- 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.
- CASSIANI, S. Aprendendo a conversar ciências no Ensino Fundamental. In: FLORES, C. R; CASSIANI, S. (Org.). Tendências contemporâneas nas pesquisas em Educação Matemática e Científica: sobre linguagens e práticas culturais. Campinas: Mercado das Letras, 2014. p. 225-258.
- 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. 128 p.
- FRANCO, M. A. R. S. Pedagogia e prática docente. São Paulo: Cortez, 2012.
- GÓES, M. C. R. A aprendizagem e o ensino fecundo: apontamentos na perspectiva da abordagem histórico-cultural. In: ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO – ENDIPE, 14., 2008, Porto Alegre. Anais..., Porto Alegre: EdUPUC-RS, 2008, p. 414-426.
- 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.
- 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*, Belo Horizonte, v. 17, n. 4, p. 855-871, 2011.
- 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*, Vigo, Espanha, 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*, Belo Horizonte, 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. p. 185-202.
- 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. p. 107-138.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Meaning making in secondary science classrooms. Maidenhead, Philadelphia: Open University Press, 2003.
- ROTH, W. M. Language, learning and context: talking the talk. London, New York: Routledge, 2010.
- 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, Porto Alegre, UFRGS, v. 16, n. 1, p. 79-102, 2011.
- 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, 8., 2011, Campinas, SP. Atas... Campinas, 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.
- SOUZA, S. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. A fotossíntese no ensino fundamental: compreendendo as interpretações dos alunos. Ciência & Educação, Bauri-SP, Unesp, 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.
- 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.
- _____. A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 4. ed. 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.
- WERTSCH, J. V. La mente en acción. Buenos Aires: Aique, 1999.
- 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.

Nota: As duas autoras contribuíram na análise dos dados e na elaboração do artigo.

Data de recebimento: 12/08/2015

Data da versão final: 07/04/2016

Data da aprovação: 15/04/2016

Contato:

Patricia Silveira da Silva Trazzi

Endereço de correspondência:

Rua Carlos Martins 915/102 Jardim Camburi, Vitória, ES, Brasil

CEP: 29090-060