

CARACTERIZAÇÃO ONTOLÓGICA DO CONCEITO DE FOTOSSÍNTESE E OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS E ONTOLÓGICOS RELACIONADOS COM O ENSINO DESTE CONCEITO

(Ontological characterization of the photosynthesis concept and epistemological and ontological obstacles related to the teaching this concept)

Luiz Fabio Dimov [fabio_dimov@hotmail.com]

Magda Medhat Pechliye [pechliye@mackenzie.br]

Rosângela Castro de Jesus [rosangelacastrodejesus@yahoo.com.br]

UPM - Universidade Presbiteriana Mackenzie – CCBS – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Rua da Consolação, 896 – Consolação – 01302-907 – São Paulo, SP – Brasil.

Resumo

O presente artigo trata da caracterização ontológica do conceito de fotossíntese e de obstáculos epistemológicos e ontológicos presentes no ensino deste conceito. Consideramos que um indivíduo pode possuir diferentes maneiras de falar e pensar sobre determinado conceito e utilizá-las em diferentes contextos. Com base nas ideias relacionadas a perfil conceitual, analisamos dados obtidos a partir do desenvolvimento de uma sequência de atividades sobre o conceito de fotossíntese que valorizava o interacionismo. Neste estudo tivemos como objetivos: (I) propor a qual subcategoria ontológica de *Processos* o conceito fotossíntese pertence; e (II) identificar e analisar obstáculos epistemológicos e ontológicos presentes no processo de aprendizagem do conceito de fotossíntese. Para atingirmos nosso primeiro objetivo, caracterizamos o conceito de acordo com as propriedades do processo de *Equilibração* e concluímos que fotossíntese trata-se deste tipo de processo. Para contemplarmos nosso segundo objetivo, elaboramos e aplicamos uma sequência de atividade sobre fotossíntese. Esta atividade foi trabalhada por grupos de estudantes e foi gravada em áudio e vídeo. Após selecionarmos um grupo de cinco alunos, transcrevemos as interações discursivas e realizamos uma análise microgenética das influências mútuas destes indivíduos durante as atividades. Desta análise identificamos sete obstáculos que dificultam o processo de ensino-aprendizagem deste conceito. No contexto de limpeza e renovação do ar identificamos quatro obstáculos. O primeiro é de caráter ontológico e diz respeito à atribuição de características de *Eventos* à *Equilibração*. Os outros três são de caráter epistemológico pragmático; da experiência primeira; e do conhecimento geral. No contexto dos gases envolvidos no processo de fotossíntese, discutimos um obstáculo epistemológico verbal e outro do conhecimento geral. O último obstáculo destacado tem como mote a importância da glicose nos seres vivos e também refere-se a um obstáculo epistemológico do conhecimento geral.

Palavras-chave: obstáculos epistemológicos; obstáculos ontológicos; ensino e aprendizagem de biologia; fotossíntese.

Abstract

The present study focus in the ontological characterization of the photosynthesis concept and epistemological and ontological obstacles that are present during the teaching of this concept. We considered that an individual can express himself/herself in different ways of speech and thinking about a particular concept and apply it in many contexts. Based on ideas related to conceptual profile, we analyzed the data that we obtained from the development of a sequence of activities about the concept of photosynthesis that valued interactionism. In this study we had the following objectives: (I) propose in which ontological subcategory of Process the photosynthesis concept belongs; and (II) to identify and to analyze epistemological and ontological obstacles that are present during the learning process of the photosynthesis concept. To achieve our first objective, we characterized the concept according to the properties of the Equilibration process, and we concluded that photosynthesis is this sort of process. To contemplate our second aim, we developed

and applied a sequence of activities about photosynthesis. This activity was applied in different groups of students and it was recorded audio and video. After we selected a group of five students, we transcribed the discursive interactions and we realized a microgenetic analysis of the mutual influences of these individuals during the activities. From this analysis we identified seven obstacles that could difficult the process of teaching and learning of the concept. In the context of cleaning and air renewal, we identified four obstacles. The first one has ontological character and it relates to the attribution of features from Events to Equilibration. The other three were classified as epistemological obstacles: pragmatic; primary experience, and general knowledge. In the context of the gases that are involved in photosynthesis process, we discussed a verbal epistemological obstacle and another one from the general knowledge. The last obstacle has as theme the importance of the glucose for the living beings and it was also related to an epistemological obstacle from the general knowledge.

Keywords: epistemological obstacles; ontological obstacles; teaching and learning of biology; photosynthesis.

Introdução

Muito se tem discutido sobre o processo de ensino-aprendizagem e sua complexidade. É frequente encontrarmos descrições de ensino e aprendizagem que valorizam a memorização de conteúdo de maneira descontextualizada. Segundo Zabala (2002), a fragmentação do conhecimento e sua descontextualização acabam por dificultar este processo.

A motivação desse estudo partiu da necessidade de, como grupo de pesquisa, desenvolvermos, implementarmos e avaliarmos coletivamente atividades de ensino de ciências e de biologia a partir de demandas de uma professora da escola básica.

Acreditamos que atividades de ensino podem ser significativas para o estudante, para isso devem ser planejadas em um contexto que valorize a construção dos conhecimentos pelos discentes e de forma contextualizada. Cabe aqui apontarmos nossa ideia de atividade de ensino. Segundo Moura (2000, p.35):

A atividade é do sujeito, é problema, desencadeia uma busca de solução, permite um avanço do conhecimento desse sujeito por meio do processo de análise e síntese e lhe permite desenvolver a capacidade de lidar com outros conhecimentos a partir dos conhecimentos que vai adquirindo, à medida que desenvolve a sua capacidade de resolver problemas. A atividade é desse modo um elemento de formação do aluno e do professor.

Várias são as possibilidades de referenciais para tratarmos do assunto de melhoria do processo de ensino-aprendizagem. Escolhemos o perfil conceitual e os obstáculos epistemológicos e ontológicos, pois, entendemos que um indivíduo pode conviver com explicações diferentes para um mesmo conceito dependendo do contexto em que está inserido. Consideramos que conhecer os obstáculos pode permitir a tomada de consciência das dificuldades e possibilitar o enriquecimento das ideias do conceito em questão.

Como tema, escolhemos o processo de fotossíntese por ser um conceito fundamental para o entendimento das inter-relações entre os seres vivos e a manutenção da vida na Terra como a conhecemos hoje. Além de sua complexidade, que se dá pelo fato dos inúmeros detalhes para se explicar cientificamente as variáveis e as etapas do processo.

A fim de contribuir com o ensino de fotossíntese, os objetivos deste trabalho são: (I) propor a qual subcategoria ontológica de *Processos* o conceito fotossíntese pertence; e (II)

identificar e analisar obstáculos epistemológicos e ontológicos presentes no processo de aprendizagem do conceito de fotossíntese.

Os referenciais teóricos considerados por nós serão apresentados a seguir e estão subdivididos nos seguintes itens: a noção de perfil conceitual; obstáculos epistemológicos; categorias ontológicas e obstáculos ontológicos; e domínios genéticos.

A noção de perfil conceitual

O perfil conceitual é o conjunto das ideias que um indivíduo possui sobre um conceito (Mortimer, 2006). Esta noção foi desenvolvida por Mortimer (2006) como base teórica e ferramenta metodológica para fundamentar a análise da evolução de conceitos científicos em salas de aulas (Sepúlveda; Mortimer & El-Hani, 2007). Inspirado pelo perfil epistemológico de Bachelard (2009) é baseado na ideia de que um indivíduo pode possuir diferentes maneiras de falar e pensar sobre determinado conceito e utilizá-las em diferentes contextos (Mortimer, 2006, Amaral & Mortimer, 2001). As distintas formas de se compreender a realidade podem ser relacionadas às zonas que compõem o perfil conceitual, sendo que para se determiná-las é necessário levar em consideração suas características epistemológicas e ontológicas (Mortimer, 2006, Amaral & Mortimer, 2001).

Outras características presentes na noção de perfil conceitual são: os conceitos se tornam mais complexos ao longo do processo de ensino e aprendizagem, porém sem a necessidade de que as noções prévias sejam abandonadas pelos estudantes; é importante a tomada de consciência do discente sobre seu perfil conceitual, pois assim, o mesmo pode utilizar ideias em níveis de complexidades diferentes em contextos apropriados; os níveis pré-científicos não são destacados por pensamentos filosóficos e sim por compromissos epistemológicos e ontológicos dos indivíduos (Mortimer, 2006); além de uma ótica com princípios teóricos de pluralidade, complementaridade e heterogeneidade que orientem o modo de acessar e compreender as zonas de um perfil conceitual (Amaral, 2004; Sepúlveda, 2010). E como essas características estão influenciadas pela cultura, pode-se considerar o perfil conceitual dependente das experiências distintas de cada indivíduo (Mortimer, 2006).

Mortimer (2006), além de desenvolver a noção teórica de perfil conceitual, também elaborou o perfil conceitual de átomo e de estados físicos de materiais. Seu trabalho pioneiro serviu como base para diversos outros. Alguns exemplos de propostas de perfis conceituais da área da física e da química são: molécula e estrutura molecular (Mortimer, 1997), calor (Amaral & Mortimer, 2001), luz e visão (Druzian; Radé & Santos, 2007). Para conceitos relacionados à biologia podemos citar: vida (Coutinho; Mortimer & El-Hani, 2007), manguezal (Silva; Amaral & Oliveira, 2007), adaptação (Sepúlveda; Mortimer & El-Hani, 2007; Sepúlveda, 2010) e morte (Nicolli & Mortimer, 2009).

Em todo perfil conceitual devemos considerar que cada zona está relacionada à epistemologia e à ontologia do conceito, sabe-se que há obstáculos destas duas naturezas que dificultam o entendimento do conceito científico durante o processo de ensino e aprendizagem (Mortimer, 2006, Amaral & Mortimer, 2001). Desta forma temos os obstáculos epistemológicos que foram definidos por Bachelard (2007) e os obstáculos ontológicos que foram estudados por Chi (1993) e que servem de base para propostas de perfis conceituais. A seguir apresentaremos brevemente as noções de obstáculos epistemológicos e ontológicos.

Obstáculos epistemológicos

Segundo Bachelard (2007) obstáculos epistemológicos são conflitos e lentidões que causam certa estagnação ou até mesmo regressão do conhecimento durante a ação de se conhecer

algo novo. Para Martins (2006), esses conflitos e lentidões ocorrem tanto no âmbito do sujeito individual, como no âmbito do sujeito coletivo (da ciência) e devem ser superados para que ocorra avanço do conhecimento. São sete os obstáculos definidos por Bachelard (2007), os quais serão apresentados com suas principais características no quadro a seguir:

Quadro I – Os obstáculos epistemológicos e suas características principais segundo Bachelard

| Obstáculos | Características principais |
|---|---|
| Experiência primeira ou Observação primeira | Observação primeira: pitoresca, concreta, natural, fácil e encanta quem a vê. As ideias são substituídas pela imagem, sem experimentação. Empirismo básico sem a necessidade de se perguntar como acontece. |
| Conhecimento geral | O indivíduo acha que compreende tudo sobre determinado assunto. É imobilizado seu pensamento racional e a generalização causa uma abstração científica. |
| Verbal | Imagem e/ou palavra com características marcantes, que são consideradas como toda uma explicação e o indivíduo gera uma generalização apressada. |
| Conhecimento unitário e pragmático | Natureza homogênea. Unitário: unidade desejada de forma simples, referindo-se a uma só natureza. Pragmatismo: teleológico, utilitarista. Intenção de explicar as práticas perante suas funções. |
| Substancialista | É formado após intuições dispersas e até opostas. São atribuídas diversas qualidades à substância. Há substancialização de qualidades permitindo explicações breves e peremptórias. |
| Animista | Atribuições de propriedades de fenômenos biológicos a fenômenos físicos. Confere características de seres vivos a seres inanimados. |
| Quantitativo | Mensurações não precisas são apresentadas como resultados, o conhecimento final é subjetivo. Há casos em que os fenômenos são calculados para que se fuja das explicações, são apresentados apenas números que parecem significar algo para esconder essa fuga. Ocorre ultraprecisão com considerações de leis físicas vagas. |

Categorias ontológicas e obstáculos ontológicos

Antes de trazermos as ideias referentes a categorização ontológica e os obstáculos ontológicos que podem surgir no processo de ensino-aprendizagem de um conceito é necessário apresentarmos o que é ontologia. Ontologia é a parte da filosofia que estuda o ser em geral e suas propriedades, as quais, garantem a sua essência. Ou seja, leva em consideração como é constituído tudo que existe no mundo.

Chi (1993) define as três principais categorias ontológicas, suas subcategorias e apresenta barreiras que dificultam a mudança conceitual na aprendizagem de conceitos da ciência. Porém, optamos por considerar estas barreiras como sendo obstáculos ao processo de ensino e aprendizagem que dificultam a passagem de uma zona mais simples do perfil conceitual para uma mais complexa, ao invés de considerar as ideias referentes à noção de mudança conceitual como a autora faz.

As três principais categorias ontológicas discutidas por Chi (1993) são: *Matéria*, *Estados Mentais* e *Processos*. Tudo que existe no mundo pertence a uma categoria ontológica, sendo que são suas propriedades e características fundamentais que garantem a que categoria esta **coisa** está contida (Chi, 1993).

Pertence à categoria *Matéria* tudo aquilo que ocupa espaço, possui características como cor, forma, tamanho e tem “comportamentos” como murchar, brilhar, vaziar (Chi, 1993; Amaral & Mortimer, 2001). Suas subcategorias possuem conceitos que são próprios da natureza, como os seres vivos e a água, e conceitos artificiais, como o vidro e o lápis.

A categoria *Estados Mentais* se estende a conceitos que são sentidos de forma abstrata, como por exemplo, os sentimentos referindo-se a subcategoria *Emocional* e pensamentos que se referem à subcategoria *Intencional* (Chi, 1993).

Tudo que pertence à categoria *Processos* possui como característica ser um conjunto de ações e/ou alterações que ocorrem e resultam em algo, portanto os processos acontecem e por certo período de tempo. As três subcategorias destacadas por Chi (1993), *Procedimentos*, *Eventos* e *Interação Acausal* serão apresentadas a seguir:

Os *Procedimentos* são realizados por alguém que segue uma sequência de ações predeterminada, como por exemplo, mensurar algo ou fazer um bolo. Os *Eventos* são causados por agentes causais e têm início e fim claros, no entanto, a ordem de como as ações ocorrerá é desconhecida. Como exemplo, temos uma partida de tênis e um beijo.

A *Interação Acausal* apresentada por Chi (1993) foi aprofundada por Ferrari e Chi (1998) e passou a ser chamada de *Equilibração*. As características da *Equilibração* são mais delicadas de entender, principalmente quando aplicadas a processos biológicos, que não são intencionais, já que são selecionados pela evolução biológica.

Ferrari e Chi (1998) compararam as propriedades das subcategorias *Eventos* e *Equilibração*, apresentadas a seguir:

A primeira destaca a uniformidade das ações, em um *Evento* encontramos ações distintas e em uma *Equilibração* ações uniformes, visto que não há variações.

Não ter início e fim demarcados refere-se à segunda propriedade. Em um *Evento* há clareza dos limites do processo, enquanto esses limites não aparecem com clareza em uma *Equilibração*, assim temos um processo permanente.

Como terceira característica, temos a simultaneidade das ações do processo. Tanto em *Eventos* quanto em *Equilibrações* há uma ordem sequencial e as ações dependem do resultado da ação anterior, porém em *Eventos* ocorre uma de cada vez e em *Equilibrações* todas ocorrem simultaneamente.

A quarta característica nos permite concluir que em *Eventos* o processo é contingente, pode ou não acontecer, e causal, tem um motivo para que ocorra. Já em *Equilibração* o processo é independente, pois sua ocorrência é sempre independente de estabelecimento prévio de condições, e aleatório, ocorre de maneira probabilística.

Ter ou não finalidade é o tema da quinta característica. Um *Evento* ocorre com intencionalidade a fim de chegar a um ou vários resultados, já uma *Equilibração* não tem meta a ser atingida, então não podemos utilizar a expressão “serve para”.

A última característica é reflexo das anteriores. Em um *Evento* há começo e fim delimitados, por isso, o fim ocorre quando a meta é atingida, o processo termina. Em uma

Equilíbrio, já que não há começo e fim delimitados, não podemos dizer que o processo termina, ocorrem interações dinâmicas e contínuas.

Para que categorias (*Matéria, Estados Mentais e Processos*) sejam consideradas ontologicamente distintas, atributos de uma mesma categoria não podem ser aplicados aos membros das outras categorias. Assim, obstáculos ontológicos são identificados quando são atribuídas características de um determinado conceito que não correspondem à sua natureza fundamental. Se atributos ontológicos são conferidos a membros pertencentes à outra categoria ontológica, barreiras para o enriquecimento das ideias são geradas (Chi, 1993; Amaral & Mortimer, 2001).

Domínios genéticos

Até o presente momento apresentamos as noções de perfil conceitual, obstáculos epistemológicos e ontológicos. Os obstáculos são fundamentais para o entendimento e aplicação do perfil conceitual para determinado conceito.

Para explorarmos a ontologia e a epistemologia dos conhecimentos individuais devemos investigar os modos de pensar e falar sobre os conceitos. Isso permite propor zonas para a construção de um perfil conceitual. Para tanto, deve-se levar em consideração pelo menos três dos quatro domínios genéticos que foram tratados por Vygotsky em suas investigações das relações entre pensamento, linguagem e formação de conceitos (Mortimer; Scott & El-Hani, 2009).

Os três domínios genéticos importantes de serem analisados para se identificar obstáculos, que dificultam a aprendizagem de determinado conceito, e propor zonas de seu perfil conceitual são: o **sócio-cultural** que considera fontes secundárias sobre a história da ciência e análises epistemológicas sobre o conceito em estudo (Coutinho; Mortimer & El-Hani, 2007); o **ontogenético** diz respeito à história do desenvolvimento cognitivo de um indivíduo, envolvendo a intervenção simultânea e inter-relacionada de forças naturais e sociais de desenvolvimento das funções mentais (Sepúlveda, 2010). Uma das maneiras de ser obtido é a partir de trabalhos sobre concepções alternativas (Mortimer; Scott & El-Hani, 2009); e o **microgenético** que se refere à história de um fenômeno psicológico (Sepúlveda, 2010), obtido a partir de uma análise minuciosa de interações discursivas (entrevistas, questionários e/ou filmagens). O quarto domínio genético tratado por Vygotsky é o filogenético, porém não é utilizado nos estudos de perfis conceituais.

Metodologia

Nossa metodologia será dividida em duas partes, a primeira diz respeito ao grupo de pesquisa do qual os autores fazem parte, com o objetivo de contextualizar o presente artigo, e a segunda, relaciona-se com a metodologia propriamente dita.

Grupo de pesquisa

Este trabalho é resultado de demandas de um grupo de pesquisa formado por professores-pesquisadores e alunos de um curso de Ciências Biológicas de uma universidade particular da cidade de São Paulo. Este grupo tem como objetivo desenvolver, implementar e avaliar coletivamente atividades de ensino de ciências e biologia, a partir de demandas da escola básica através de uma parceria com uma professora da rede pública.

Sugerido pela professora parceira, o tema trabalhado pelo grupo foi fotossíntese. Sua escolha devia-se a sua alta complexidade e conseqüentemente por gerar muitas dificuldades no ensino e na aprendizagem deste conceito.

Tomada a decisão em relação ao tema, traçamos uma linha histórica de publicações sobre o processo de fotossíntese e definimos o conceito. A seguir elaboramos um instrumento de coleta de dados, o pré-teste, com o objetivo de levantarmos as concepções do nosso público alvo. O breve histórico e o levantamento bibliográfico de concepções alternativas sobre o conceito de fotossíntese foi formalizado em um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de uma das integrantes do grupo (Bandeira, 2011).

A partir da análise do pré-teste foram identificadas as principais dificuldades dos alunos em relação ao conceito de fotossíntese e o grupo então elaborou atividades de intervenção que permitissem o enriquecimento das ideias sobre o tema. A sequência de atividades foi realizada em quatro turmas de primeiro ano do ensino médio (cada sala foi dividida em oito grupos) em quatro aulas.

Em uma primeira etapa os alunos analisaram, reescreveram e explicaram os erros contidos em cinco frases incorretas¹ sobre fotossíntese. Em uma segunda aula, cada grupo elaborou um desenho que representasse a ideia corrigida de uma das frases discutidas na aula anterior e apresentou o desenho em um cartaz aos demais alunos da sala. Nas duas últimas aulas desta sequência os alunos elaboraram um roteiro teatral e apresentaram uma cena que representasse a diferença entre os processos de fotossíntese e respiração.

As respostas, explicações, cartazes e roteiro foram entregues ao grupo de pesquisa e as atividades foram gravadas em áudio e vídeo. Para subsidiar as atividades propostas, o texto *Metabolismo Vegetal*² foi entregue aos alunos. O grupo de pesquisa adaptou este texto a partir de *Os Caminhos da Vida* (Frota-Pessoa, 2001).

A partir dos dados coletados com a aplicação destas atividades, integrantes do grupo de pesquisa realizaram seus trabalhos de conclusão de curso (TCC). Utilizando dados do pré-teste, Pozzuto e Micheletti (2011) propuseram em seu TCC uma proposta de perfil conceitual de fotossíntese. Atualmente um artigo científico está sendo elaborado para futura publicação desta proposta. Outros dois componentes do grupo, Dimov e Jesus³ (2012), analisaram episódios de ensino retirados das transcrições literais de atividades de ensino em sala de aula para identificar obstáculos epistemológicos e ontológicos provenientes das discussões em grupo. Este último trabalho deu origem a esse artigo científico.

Nossa metodologia

Como já mencionamos os objetivos desse artigo são: (I) propor a qual subcategoria ontológica de *Processos* o conceito fotossíntese pertence; e (II) identificar e analisar obstáculos epistemológicos e ontológicos presentes no processo de aprendizagem do conceito de fotossíntese.

Para contemplarmos o primeiro objetivo tomamos como base teórica os artigos de Chi (1993), Chi (1997) e Ferrari e Chi (1998). Nesse último, os autores apresentam a diferenciação ontológica de Eventos e de Equilibração de acordo com seis propriedades e propuseram que o conceito moderno de evolução trata-se de uma Equilibração. A caracterização deste conceito foi realizada de acordo com a comparação de suas características com as seguintes propriedades de

¹ As cinco frases incorretas utilizadas foram: (I) A fotossíntese é o processo de respiração das plantas; (II) Na fotossíntese as plantas pegam o oxigênio e soltam gás carbônico; (III) A fotossíntese é o processo que limpa e renova o ar; (IV) A glicose produzida na fotossíntese não é importante para os seres vivos; (V) A fotossíntese é o contrário da respiração, porque elas inalam CO₂ e exalam O₂.

² O texto *Metabolismo Vegetal* foi adaptado por nós e nunca foi publicado. É possível encontrá-lo, online, nos anexos do trabalho de Dimov e Jesus (2012), vide referências bibliográficas.

³ No trabalho de Dimov e Jesus (2012) há em anexo as transcrições literais e na íntegra de todas as gravações das atividades realizadas pelo grupo de alunos selecionados como sujeitos desta pesquisa, vide referências bibliográficas.

Equilíbrio: (i) ações uniformes, (ii) sem delimitação, (iii) simultaneidade, (iv) independente e aleatório, (v) resultado final, (vi) contínuo. Da mesma maneira, comparamos estas propriedades com o conceito de fotossíntese e apresentamos em nossos resultados o quadro III: Processo de fotossíntese sob o olhar das características do processo de Equilíbrio. Neste quadro também foram apresentados exemplos, como forma de elucidar nossa proposta de caracterização ontológica do processo de fotossíntese.

A fim de atingirmos nosso segundo objetivo, selecionamos alguns obstáculos presentes originalmente no trabalho de Dimov e Jesus (2012). Dentre os áudios e vídeos gravados durante a aplicação da atividade, escolhemos um grupo de cinco alunos, o qual apresentou maior interação entre seus componentes. As interações entre estes alunos durante a análise e explicação dos erros contidos em cinco frases incorretas sobre fotossíntese foram transcritas literalmente e na íntegra. Os dados desta transcrição foram analisados a partir de um exame minucioso das interações discursivas (domínio microgenético), permitindo a identificação de obstáculos epistemológicos e ontológicos. Além disso, para a identificação dos obstáculos, também foram utilizados como fonte de dados (i) as explicações das correções das frases incorretas; (ii) e a transcrição das falas dos alunos na apresentação do desenho que explicava a correção de uma destas frases.

Para a apresentação dos obstáculos identificados no presente estudo, inicialmente foram feitas breves introduções nos resultados, seguidas da exposição dos dados. Posteriormente, estes dados foram discutidos sob o olhar da proposta de obstáculos epistemológicos (Bachelard, 2009) e ontológicos (Chi, 1993; Ferrari e Chi, 1998). A apresentação dos resultados necessitou de símbolos para identificar, nas transcrições das discussões, ações dos alunos. Segue o quadro II com as conversões dos símbolos utilizados:

Quadro II – Conversões dos símbolos utilizados nas transcrições

| | |
|--|--|
| [xxxx] | Parte da discussão suprimida por conter elementos irrelevantes |
| [...] | Pausa |
| [texto] | Refere-se a comentários que indicam ações |
| Obs.: Os trechos de diálogos foram apresentados com a designação de números (<i>1, 2, 3, 4 e 5</i>) indicando as falas dos alunos e <i>Professora A</i> e <i>Professora B</i> para as mediadoras das atividades. | |

Resultados e discussão

A identificação e análise de obstáculos epistemológicos e ontológicos são importantes, pois podem contribuir na formulação de instrumentos eficientes para um ensino contextualizado e significativo. Para identificarmos obstáculos ontológicos presentes no ensino de fotossíntese, há necessidade de clareza na ontologia do próprio conceito.

Por isso, optamos por apresentar nossos resultados e análise na ordem a seguir: (1) caracterização ontológica do processo da fotossíntese e (2) identificação dos obstáculos epistemológicos e ontológicos no processo de ensino-aprendizagem da fotossíntese.

1. Caracterização ontológica do processo da fotossíntese

Neste item, caracterizaremos ontologicamente o conceito de fotossíntese a fim de atingirmos o primeiro objetivo deste trabalho. Neste momento vale lembrarmos este objetivo: (I) propor a qual categoria ontológica de *Processos* o conceito fotossíntese pertence.

Sabemos que a fotossíntese é um processo biológico. Desta maneira, cabe apresentarmos as características ontológicas de *Processos* para justificar se o conceito de fotossíntese pode ser caracterizado ontologicamente deste modo. Para Chi (1993) tudo que pertence à categoria *Processos* possui como característica ser um conjunto de ações e/ou alterações que ocorrem e resultam em algo, portanto os processos acontecem, e por certo período de tempo. Desta maneira, consideramos a fotossíntese um *Processo*, haja vista que possui atributos desta categoria.

Para indicarmos mais especificamente a ontologia do conceito estudado faz necessário relacionar suas características com as propriedades de uma das subcategorias de *Processos*. Dentre *Eventos* e *Equilibração*, escolhemos caracterizar a partir da relação com as propriedades de *Equilibração*. Esta relação será apresentada no quadro a seguir:

Quadro III – Processo de fotossíntese sob o olhar das características do processo de *Equilibração*.

| Propriedades de <i>Equilibração</i> | Propriedades do processo de <i>Equilibração</i> para o conceito de fotossíntese | Exemplos |
|-------------------------------------|--|--|
| Ações uniformes | A fotossíntese apresenta ações uniformes, não há variação nas ações dos componentes de suas reações. | Durante o processo de fotossíntese ocorre fotólise da água. A energia luminosa decompõe moléculas de água e libera oxigênio, elétrons e prótons. O oxigênio sempre é liberado para a atmosfera e o elétron proveniente do átomo de hidrogênio sempre repõe os perdidos pela clorofila na sua excitação. |
| Sem delimitação | A fotossíntese não tem começo e fim bem delimitados. | A princípio a excitação das moléculas de clorofila pela luz poderia indicar início do processo de fotossíntese, porém ele é contínuo, ocorre o tempo todo. Aparentemente a produção de glicose delimitaria o fim do processo fotossintético, no entanto, há produção de diversas outras moléculas que podem ser estruturais, de reserva, energéticas, etc. que formam várias estruturas ou dão continuidade a vários processos bioquímicos. |
| Simultaneidade | A fotossíntese é caracterizada por apresentar ordem seqüencial e reações concomitantes. | Na fase fotoquímica os fotossistemas I e II são fundamentais para a produção de moléculas de ATP e NAPH que são utilizadas na fase química da fotossíntese. Há, portanto, uma ordem seqüencial. Apesar disso, as diversas reações destas duas fases ocorrem ao mesmo tempo. |
| Independente e aleatório | Na fotossíntese o processo é aleatório, apesar da necessidade de algumas condições prévias. | Não estamos falando das condições como quantidade de água, luz, CO ₂ , etc. e sim em relação aos átomos que formam as moléculas, por exemplo: não há pré-determinação se um átomo específico de carbono que entrou no ciclo de |

| | | |
|-----------------|---|---|
| | | Calvin formará amido, celulose, lipídeos, etc. |
| Resultado final | A fotossíntese não possui meta a ser atingida, então não podemos utilizar a expressão “serve para”. | O oxigênio produzido na fotossíntese é utilizado pelos seres vivos na respiração, no entanto, não podemos dizer que a fotossíntese ocorre com a finalidade de fornecer oxigênio aos seres vivos. Não há intenção. |
| Contínuo | Visto que a fotossíntese não possui começo e fim óbvios, o processo é caracterizado por interações contínuas e dinâmicas. | Ao mesmo tempo em que os fótons excitam a molécula de clorofila, os fotossistemas I e II produzem moléculas de ATP e NAPH que são utilizadas na fase química da fotossíntese, além disso, há a produção de diversas moléculas como carboidratos, lipídeos, proteínas, etc. Todas as reações acima citadas ocorrem o tempo todo, mesmo que em velocidades diferenciadas dependendo do metabolismo do ser fotossintetizante. A dinâmica do processo nunca cessa. |

A partir do quadro exposto, notamos que o processo de fotossíntese é caracterizado por: apresentar ações uniformes e ordem \square equencial com reações concomitantes; não possuir meta a ser atingida, nem começo e fim bem delimitados; ser um processo aleatório, contínuo e dinâmico. Deste modo, propomos que este conceito é um processo de *Equilíbrio*, haja vista que são as propriedades encontradas neste tipo de processo.

Vale lembrar que se identifica um obstáculo ontológico relacionado com o processo de fotossíntese quando características de uma categoria ontológica é atribuída a outra categoria. Isto pode ocorrer tanto entre as categorias propriamente ditas (*Matéria, Estados Mentais e Processos*), quanto entre equívocos ontológicos envolvidos com as subcategorias de *Processos (Procedimentos, Eventos e Interação Acausal/Equilíbrio)*.

2. Identificação dos obstáculos epistemológicos e ontológicos no processo de ensino-aprendizagem da fotossíntese.

Este item tem a intenção de contemplar o segundo objetivo deste estudo. Antes de apresentarmos os resultados e as discussões pertinentes, cabe retomarmos este objetivo: (II) identificar e analisar obstáculos epistemológicos e ontológicos presentes no processo de aprendizagem do conceito de fotossíntese.

2.1 Obstáculo ontológico

O primeiro obstáculo identificado é de caráter ontológico. Considerando que as frases incorretas presentes nas atividades aplicadas foram propostas pelo grupo de pesquisa a partir das respostas equivocadas dos alunos no pré-teste, entendemos que a frase: *A fotossíntese é o processo que limpa e renova o ar* um dia foi considerada correta pelos alunos. Deste modo, podemos identificar um obstáculo ontológico que dificulta a aprendizagem dos alunos, pois é dada uma finalidade ao processo de fotossíntese.

Para analisar as interações em que se discutiram a correção desta frase é necessário antes apresentar uma discussão sobre a natureza do erro contido nessa frase. Nela podemos observar uma visão teleológica, isto é, uma visão em que a origem e a existência de um caráter são esclarecidas em termos de seu propósito, meta ou função que deve cumprir, ou seja, a partir de uma filosofia que estuda através dos fins as causalidades dos processos a qual compreende um estudo filosófico dos fins (Sepúlveda; Mortimer & El-Hani, 2007). No caso específico da frase em questão, temos o *fim* de limpar e renovar o ar.

Como se observa, a frase apresentada aos alunos continha um obstáculo ontológico de que o processo de fotossíntese seria responsável pela limpeza e/ou renovação do ar, pois há a consideração de uma finalidade para a fotossíntese o que não cabe aos processos de *Equilibração*.

Para entender o obstáculo ontológico que aparece nessa intenção de atribuir uma finalidade ao processo de fotossíntese, primeiro temos de lembrar que *Equilibração* e *Eventos* são subcategorias ontológicas pertencentes à categoria *Processos* (Chi, 1993; Ferrari & Chi, 1998). E recordar também que qualquer propriedade pertencente a uma subcategoria não pode ser atribuída à outra ontologicamente distante, pois com isso se observa incoerência entre as relações e um obstáculo ontológico é identificado (Chi, 1993).

Dessa forma podemos perceber que atribuir uma finalidade ao processo de fotossíntese é inadequado, já que este atributo é característico de *Eventos*, além de ser um processo biológico selecionado evolutivamente e não ser intencional, pois a seleção natural não é motivada por escolhas propositais.

Existem alguns produtos gerados pela fotossíntese, como: moléculas de gás oxigênio e moléculas intermediárias utilizadas, pela própria planta, em outros processos bioquímicos, as quais podem compor estruturas do organismo, serem armazenados como fonte de reserva ou moléculas energéticas. Considerando essas características, é esclarecedor que condensar as ideias de fotossíntese a um processo que limpa e renova o ar é errôneo, já que além de atribuir uma função ao processo, não são consideradas várias vias da fotossíntese que são fundamentais para a vida da planta.

Após discutir o obstáculo ontológico, cabe apresentar uma tentativa de superação deste obstáculo. Conforme apresentado na metodologia, durante a primeira aula da atividade aplicada os alunos corrigiram cinco frases equivocadas. Em uma segunda etapa os sujeitos desta pesquisa elaboraram um desenho, em uma cartolina, que tivesse as ideias da discussão da frase *A fotossíntese é o processo que limpa e renova o ar*. Assim, consideramos que as discussões referentes à ideia de limpeza e renovação do ar poderiam contribuir com a superação do obstáculo ontológico envolvido com a finalidade do processo.

Deste modo, apresentamos a seguir o texto literal da apresentação do cartaz, aos colegas de classe, para que possamos discutir as conclusões do grupo.

Transcrição da explicação do cartaz:

2: A nossa frase é a “A fotossíntese é o processo que limpa e renova o ar”. Nós não conseguimos acabar nosso desenho, mas nós vamos explicar. É, as pessoas dizem que a fotossíntese limpa e renova o ar, porque ela utiliza o CO_2 e por uma série de reações químicas ela libera o O_2 . Só que as pessoas esquecem que a planta, para a respiração ela também utiliza o O_2 , então esse processo não é simplesmente para jogar no ar, ela também utiliza de volta. E a gente também tem que lembrar que o O_2 que a planta libera não vem do CO_2 , vem da água, que ela utiliza o hidrogênio.

Considerando o conteúdo da explicação dos alunos, percebe-se que eles interpretam que as pessoas entendem a fotossíntese como purificadora do ar, pois: *ela (fotossíntese) utiliza o CO_2 e*

libera o O_2 , ou seja, os alunos se preocupam com os gases envolvidos pela fotossíntese e não citam incoerência em dar finalidade ao processo.

Quando os alunos consideram que *não é simplesmente para jogar no ar* parece que as plantas continuam renovando o ar, no entanto, eles admitem que essa renovação não é só para os outros seres vivos, mas também para a própria planta. O que acaba indicando que tem finalidade. Deste modo observamos que os alunos não superaram o obstáculo.

Em relação à última frase da explicação: *E a gente também tem que lembrar que o O_2 que a planta libera não vem do CO_2 , vem da água, que ela utiliza o hidrogênio*, notamos que para os alunos a renovação do ar implica na quebra do CO_2 . Como o oxigênio vem da água, eles concluem que essa quebra não é necessária, logo, o ar não é renovado. Nas discussões em grupo essa ideia pode ser vista no seguinte trecho:

Trecho da discussão:

5: *Três: A fotossíntese é o processo que limpa e renova o ar.*

Professora B: *E aí como é que vocês vão representar o correto disso?*

1: *É que a fotossíntese não limpa e renova o ar, porque ela não quebra o CO_2 , ela quebra a água para formar o oxigênio.*

Após apresentar o obstáculo ontológico relacionado com a frase *A fotossíntese é o processo que limpa e renova o ar*, cabe lembrar que as discussões dos três próximos são de caráter epistemológico e referem-se a este mesmo contexto.

2.2 Obstáculo epistemológico pragmático

Identificamos duas perspectivas para a ideia geral de limpeza e renovação do ar, sendo uma delas a ideia do oxigênio ser produzido para a respiração do homem; e a outra, a de a própria planta utilizar o oxigênio produzido por ela.

A seguir temos um trecho da mediação da professora na discussão em aula para podermos analisar o obstáculo epistemológico pragmático identificado.

Trecho da discussão:

Professora A: *[...] porque as pessoas dizem, em geral, que a fotossíntese renova o ar?*

1: *Porque ela libera O_2 .*

Professora A: *Beleza, por que ela libera O_2 ?*

2: *Porque é útil para a respiração dessas pessoas.*

Professora A: *[...] Ela libera O_2 , as pessoas dizem que purifica porque libera O_2 ?*

2: *Sim.*

Professora A: *Então, talvez, o problema é, será que dá para dizer que renovar o ar é sinônimo de liberar O_2 ? A frase tá dizendo que não. Eu não posso dizer que por ela, ela liberar O_2 , porque ela libera O_2 ela renova.*

A finalidade dada para o processo de fotossíntese no trecho apresentado tem caráter utilitário que especula os efeitos práticos do processo. Assim, podemos relacioná-lo com a ideia de obstáculo do conhecimento pragmático desenvolvido por Bachelard (2007). Ao dizer que o ar liberado pela planta é um ar renovado ou limpo pelo fato dele liberar oxigênio para ser utilizado pelo ser humano traz uma visão antropocêntrica que generaliza a ideia à procura pela utilidade.

Quando esse tipo de generalização ocorre, há uma apresentação pragmática do conceito e a experimentação e/ou as ideias explicativas não são mais necessárias (Bachelard, 2007). Entretanto, uma possível interpretação desta afirmação requer a elucidação do sentido do termo “utilidade”. É verdade que o oxigênio é utilizado na respiração dos seres vivos, no entanto, os seres fotossintetizantes, na prática, não produzem esse gás com essa finalidade.

A mediação feita pela Professora A permitiu que este significado fosse discutido pelos estudantes. Notamos que, durante a mediação, os discentes destrincharam o conhecimento e perceberam que as plantas também utilizam O_2 e por esse motivo ele não é produzido propositalmente para nós. O que pode ser verificado no seguinte trecho:

Trecho da discussão:

Professora A: *Quem usa O_2 ?*

5: *Nós usamos O_2 .*

Professora A: *Nós usamos O_2 , só nós?*

1: *As plantas, também.*

2: *Os animais, as plantas, os seres vivos. Não, nem todos.*

Professora A: *Então, o que a planta tá fazendo? Por que ela usa O_2 ?*

2: *Para respirar.*

Professora A: *O que é respirar?*

5: *É viver ué!*

2: *Ela usa o ar para produzir energia para ela.*

1: *Espera aí, eu acho que ela não renova, porque ela não produz para os outros, ela produz para ela.*

A valorização da utilidade, no caso produzir um ar bom para a nossa respiração, é vantajosa para o ser humano, que acaba por satisfazer-se com esse nível de explicação (Bachelard, 2007) até o momento em que é submetido a uma contradição. Os dados de nossa sequência indicam que a contradição apareceu quando a Professora A perguntou: *Nós usamos O_2 , só nós?* E abriu espaço para que o conhecimento fosse visto por outro olhar.

Neste momento cabe retomarmos a questão de finalidade para o obstáculo ontológico e compará-la com a questão de utilidade presente no obstáculo epistemológico pragmatista discutido. Podemos ponderar que finalidade é diferente de utilidade no contexto de nossa pesquisa para o tema fotossíntese. Haja vista, que considerar uma finalidade é dizer que algo tem fim determinado, e não necessariamente que esse fim tem como meta servir para alguém. Desta maneira, percebemos que enquanto equívocos ontológicos podem dar finalidades ao processo, equívocos epistemológicos pragmáticos dão utilidade a ele.

2.3 Obstáculo epistemológico da experiência primeira

Um obstáculo epistemológico com características da experiência primeira estudado por Bachelard (2007) foi identificado quando um estudante fez uma analogia entre a planta e um filtro, elaborando uma hipótese para a explicação da correção da frase estudada, levando em consideração apenas uma observação ingênua.

Trecho da discussão:

2: *Eu acho que não limpa o ar, tipo... não é o processo da fotossíntese que limpa o ar, é a planta, porque tipo... o ar vem com detritos.*

4: *A planta?*

2: *É porque tipo... ela só usa o gás carbônico.*

1: *Será que esse gravador ouve até quando eu cochicho?*

2: *Não sei. Daí tipo, esse detritos acaba ficando na planta, tipo como se fosse um filtro. Pode ver que umas plantas na rua aí, são meio cinza. É, sério, eu já vi isso.*

4: *Eu não.*

1: *Só você que viu isso.*

4: *Só você, desculpa.*

2: *a bom então.*

1: *Pode ver, ninguém sabe, para mim a planta é verde.*

4: *É verde.*

2: *Não é cinza, mas tem tipo um pouco, um pouco de poeira em cima dela.*

1: *Em cima da minha estante também tem poeira. É normal.*

Neste trecho percebemos que os alunos 1 e 4 não concordaram com a explicação dada pelo aluno 2. Eles disseram que as plantas são verdes e não cinzas e que apenas ele via as plantas como filtros de poeira. Posteriormente, o aluno 2 insistiu com sua ideia e comentou sobre a poeira que há sobre algumas plantas na rua.

Entendemos a frase: *Em cima da minha estante também tem poeira. É normal*, como sendo uma resposta que indica que o fato de ter poeira em cima de uma folha não implica em que ela esteja renovando ou limpando o ar. Dessa forma, podemos concluir que a visão do aluno 1 nega o realismo ingênuo (Bachelard, 2009), pois ele não resumiu os conceitos à generalizações derivadas da simples observação, como fez o aluno 2. Ao contrário, o aluno 1 compreende que há uma explicação mais racional e que aquela tida apenas pela observação é insuficiente.

Dessa forma, a generalização do Aluno 2 aproxima a ideia ao obstáculo experiência primeira, pois o conhecimento genérico foi caracterizado pela apresentação de ideias a partir apenas de imagem, sem experimentação e/ou razão (Bachelard, 2007).

2.4 Obstáculo epistemológico do conhecimento geral: para discutirmos este obstáculo utilizaremos dois dados de naturezas distintas: o primeiro é a explicação da correção da

frase: *A fotossíntese é o processo que limpa e renova o ar* e o segundo é um trecho das discussões entre professora e estudantes.

Explicação da frase dada pelos alunos:

No processo da fotossíntese as células vegetais utilizam a clorofila, o CO_2 e a luz absorvida para produzir O_2 que é liberado na atmosfera e a glicose que é armazenada na planta é utilizada na respiração celular. Esse O_2 é proveniente da quebra do H_2O , portanto o CO_2 não é transformado em O_2 , este O_2 é resultado desta reação.

Trecho da discussão:

I: *É que a fotossíntese não limpa e renova o ar, porque ela não quebra o CO_2 , ela quebra água para formar o oxigênio.*

Professora B: *Ahn [...] E vocês vão representar isso como?*

I: *A gente começou pela planta prô, agora que a gente a pensando. É, eu acho que a gente vai desenhar as raízes para falar de onde vem a água, vai falar que ela pega o CO_2 .*

2: *Aqui vai ter um Sol também.*

I: *Mais energia que produz*

Professora B: *Ela pega [...]*

I: *O CO_2 e eu acho que o hidrogênio, a?*

5: *Energia [...]*

I: *Não, não ela usa o hidrogênio na reação química e vem e quebra e como o O_2 não é necessário ela dispensa.*

Professora B: *Ela libera o O_2 , e por que as pessoas têm essa ideia de limpeza e renovação do ar?*

I: *Porque ela absorve o CO_2 .*

Professora B: *É esse o caminho. Então, precisa demonstrar isso e explicar como essa absorção do CO_2 tem a ver com essa limpeza do ar, porque isso é tido como verdadeiro. a bom?*

Na visão dos alunos essas ideias garantem a explicação do **por quê** a fotossíntese não renova e limpa o ar, pois segundo eles não renova, pois o CO_2 não é transformado em O_2 . Se fosse, o ar seria renovado. No entanto, estas ideias não garantem o porquê a fotossíntese não renova e limpa o ar de fato. Elas simplesmente indicam que o oxigênio não vem do gás carbônico.

Com esses dados podemos supor que os alunos entendiam que não ocorre renovação do ar porque a fotossíntese não transforma um gás em outro, ou seja, a origem do O_2 não é da quebra de CO_2 e sim da quebra da H_2O .

De fato a explicação é coerente, desde que renovar fosse interpretado como uma ação que torna algo considerado velho em algo novo. No caso, o algo velho é a água. Essa água não está no ar e sim no solo, de modo que a renovação do ar não ocorre, já que o O_2 não tem origem de outra

molécula do ar. Porém, com uma forma de pensar dessa há o problema de que se o O_2 tivesse origem do CO_2 o ar poderia ser considerado como renovado após a fotossíntese, e isso é inadequado.

A mediação da Professora B é interessante, pois quando ela diz: *Ela libera o O_2 , e por que as pessoas têm essa ideia de limpeza e renovação do ar?* Acaba por indicar aos alunos que eles ainda não resolveram o problema dado. Porém, não foi suficiente para desestruturar a ideia quanto à origem do O_2 , já que eles não discutiram novamente o problema.

Sendo que o mesmo ocorreu na última fala da Professora B antes de ir embora: *Então precisa demonstrar isso e explicar como essa absorção do CO_2 tem a ver com essa limpeza do ar, porque isso é tido como verdadeiro. a bom?* Ela foi até mais enfática por questionar por que aquilo era tido como verdadeiro. Mas também não foi eficiente para garantir que houvesse mais discussões.

Dessa forma, entendemos essa situação como tendo um obstáculo epistemológico que dificultou um enriquecimento mais racional das ideias. Essas ideias não puderam alcançar discussões referentes à forma de pensar do racionalismo clássico que Bachelard (2009) estudou. Assim, podemos considerar que o obstáculo do conhecimento geral pode ser identificado, já que uma suspensão da experiência ocorreu. Os alunos não explanaram mais as ideias em questão.

Para Bachelard (2007) uma generalização de causas garante uma abstração de novas respostas e impede que novas explicações racionais sejam desenvolvidas, gerando conhecimentos vagos e imprecisos.

De modo geral, podemos perceber que nas discussões os estudantes usaram o raciocínio para explicar a questão de uma forma lógica. Talvez os discentes, a priori, pensassem que quando uma planta libera oxigênio para o ambiente ela estaria renovando o ar, portanto quanto mais oxigênio, mais puro o ar seria. Com a aplicação de nossa atividade, nós dissemos a eles que essa ideia estava equivocada e que eles deveriam corrigi-la. Após analisarmos os dados de suas conclusões notamos que estudantes tentaram elaborar uma explicação e concluíram, influenciados pelo texto entregue, que o gás carbônico não originava o oxigênio, ou seja, para eles esta explicação lógica estava correta.

2.5 Obstáculo epistemológico do conhecimento geral e obstáculo epistemológico verbal

O contexto de origem da identificação destes dois obstáculos é a discussão da frase: *Na fotossíntese as plantas pegam o oxigênio e soltam gás carbônico*. Considerando quais gases estão envolvidos no processo de fotossíntese, a seguir apresentaremos o trecho da discussão que possibilitou esta duas identificações:

Trecho da discussão:

4: *Na fotossíntese a planta pega o oxigênio e libera o gás carbônico, não é isso?*

5: *Não, ela absorve o gás carbônico e libera o oxigênio.*

4: *o, escreve ai.*

2: *Na fotossíntese, isso? Ela absorve o gás carbônico e libera o oxigênio. O resultado dessa [...]*

4: *A fotossíntese faz o processo inverso.*

1: Não.

4: O processo inverso do que diz a frase.

5: Não, tem que corrigir a frase.

4: Então, você o corrigindo a frase. Ah, eu o explicando o? A fotossíntese faz a absorção [...]

5: Absorção de CO₂ e [...] i o copiando.

[xxxx]

5: Na fotossíntese as plantas pegam o gás carbônico e liberam oxigênio, soltam oxigênio.

2: Isso, daí na explicação a gente pode dizer que o resultado desse processo é [...] a produção de energia.

[xxxx]

4: Então na explicação a gente fala que faz o processo inverso.

5: Mas por que?

4: Então, a gente começa falando que faz o processo inverso, ai depois a gente continua.

2: Faz o processo inverso da respiração celular.

4: Não.

5: Faz o processo inverso.

[xxxx]

[A aluna “4” lê no texto Metabolismo Vegetal]

4: “Pois quando expostos ao Sol” [...] espera.

2: Faz o processo inverso que está escrito na frase, pois “quando está exposto no Sol” [...]

4: “Os vegetais absorvem gás carbônico e liberam oxigênio”.

[xxxx]

1: Eu acho que as palavras pegam e soltam não é muito adequado.

5: Então, mas é que está na frase.

1: Ah, tem que modificar a frase.

2: Se você quiser mudar, deixar mais bonitinho você coloca absorve e libera

1: Não, já ta bom.

Nessas discussões os alunos tentaram explicar o porquê a frase: *Na fotossíntese as plantas pegam o oxigênio e soltam gás carbônico* estava incorreta. E a seguinte explicação foi apresentada: *...pois quando está exposto ao Sol, o vegetal absorve gás carbônico e libera oxigênio.*

Nota-se que a frase é corrigida, mas a tarefa de explicar a frase correta não foi realizada. Os alunos consideraram que trocar as palavras *pegam* e *soltam* por *absorvem* e *liberam*, respectivamente, e inverter a ordem dos gases seria o suficiente para considerar que a frase fosse corrigida e explicada.

Contudo, para que houvesse uma explicação deveria conter na justificativa o porquê é absorvido o gás carbônico e o porquê é liberado oxigênio. Assim, podemos entender que nessa situação houve dificuldades que se referem ao obstáculo epistemológico do conhecimento geral que Bachelard (2007) explorou. Haja vista que a explicação dada não contempla uma justificativa a partir de conceitos científicos, pois ela apenas generaliza em uma afirmação correta o que deveria ter sido elucidado. Parece que o grupo se satisfaz com sua justificativa como se já tivesse atingido a explicação de fato, sendo o bloqueio que o obstáculo causa a fonte de satisfação de explicação alcançada.

Antes de discutirmos o obstáculo verbal identificado, vale chamar atenção que ao utilizarmos a frase: *Na fotossíntese as plantas pegam o oxigênio e soltam gás carbônico* nós reduzimos a fotossíntese como mera troca de gases, porém consideramos que há a possibilidade dos estudantes inverterem os gases e justificarem o porquê isso acontece. No entanto, essa inversão nos parece apenas mecânica, visto que a complexidade do processo fotossintético, muitas vezes, não é levado em conta.

O obstáculo verbal identificado corresponde a palavras marcantes serem entendidas como toda uma explicação (Bachelard, 2007). Parece que quando o ensino do processo da fotossíntese é trabalhado a partir da fórmula geral básica $[12\text{H}_2\text{O} (\text{l}) + 6\text{CO}_2 (\text{g}) \rightarrow 6\text{O}_2 (\text{g}) + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (\text{aq}) + 6\text{H}_2\text{O} (\text{l})]$ acaba sendo reduzido a troca de gases. Nesse contexto os termos *absorver* e *liberar* tornam-se marcantes.

Com isso, os alunos acabam por valorizar apenas dois pontos para a “explicação” da correção da frase. Primeiro, são valorizadas os usos das palavras *absorve* e *liberam*. Segundo, são valorizadas suas posições na afirmativa pouco explicativa: *o vegetal absorve gás carbônico e libera oxigênio*. Deste modo, após considerar a correção destes dois pontos valorizados a suposta explicação foi dada, porém a elucidação do porquê isto acontece não foi mencionado, o qual seria o objetivo desta parte da atividade proposta.

Para ilustrar o momento em que foi discutida a alteração das palavras retomamos o trecho das discussões:

Trecho das discussões:

1: Eu acho que as palavras pegam e soltam não é muito adequado.

5: Então, mas é que está na frase.

1: Ah, tem que modificar a frase.

2: Se você quiser mudar, deixar mais bonitinho você coloca absorve e libera

1: Não, já tá bom.

2.6 Obstáculo epistemológico do conhecimento geral

Como último obstáculo apresentado neste trabalho, temos um identificado em discussões sobre a importância da glicose para os seres vivos.

Trecho da discussão:

2: “A glicose produzida na fotossíntese não é importante nos seres vivos”.

4: Lógico que é.

2: Os seres vivos praticamente, acho que eles só comem a planta por causa da glicose que ela produziu, porque é a matéria orgânica que eles precisam para a respiração celular deles.

[xxxx]

1: A glicose produzida na fotossíntese não é importante para os seres vivos?

4: É importante sim.

2: Ela é importante.

[Os alunos leem o texto *Metabolismo Vegetal*]

5: A glicose é matéria orgânica. Olha bem no finalzinho (do primeiro parágrafo): “Em outras palavras, usamos matéria orgânica acumulada no corpo de vegetais, fungos e outros animais para construirmos nosso corpo, crescermos e nos mantermos vivos”. Ó, essa matéria orgânica é a glicose, por isso ela é importante. A glicose é importante para os seres vivos, pois é a matéria orgânica que nós utilizamos para crescer.

4: Ele tá escrevendo, a glicose o quê?

2: A glicose produzida na fotossíntese é utilizada pelos seres vivos na respiração celular.

Em um primeiro momento observam-se duas generalizações do conhecimento na seguinte frase do aluno 2:

2: Os seres vivos praticamente, acho que eles só comem a planta por causa da glicose que ela produziu, porque é a matéria orgânica que eles precisam para a respiração celular deles.

Primeira generalização: os seres vivos foram generalizados para os que “comem planta”, sendo que fungos, microrganismo e as próprias plantas não foram inclusos a esse grupo. Segunda generalização: quem se alimenta de planta, o faz por causa da glicose, ou seja, são deixadas de lado moléculas como proteínas e vitaminas, que também são importantes na alimentação.

Podemos entender essas generalizações, exemplificando como ocorre a percepção dos componentes da explicação. Por exemplo, os alunos não veem um fungo decompondo matéria orgânica morta de uma planta no chão de uma floresta, mas veem uma vaca comendo capim em um pasto. Assim, identificamos um olhar que está próximo a uma visão ligada ao realismo ingênuo. As generalizações ocorreram, pois o olhar do aluno está carregado de senso comum e todas as explicações do que está sendo estudado se resumem **àquilo** que se vê. Isso causa um bloqueio no desenvolvimento do conhecimento para o assunto e não resume verdadeiramente a situação (Bachelard, 2009). Ou seja, os alunos veem uma vaca comer capim, então eles dizem que a glicose produzida pelas plantas é importante para os animais. E o bloqueio se dá porque outras situações são esquecidas, conseqüentemente a explicação se torna generalizada e vaga.

Portanto, podemos relacionar essas generalizações ao obstáculo do conhecimento geral proposto por Bachelard (2007). Essas considerações podem ser caracterizadas como superficiais e

poderiam ser desenvolvidas de forma mais ampla e contextualizada se houvesse uma mediação que indicasse que há outros seres vivos, além dos que comem plantas.

Se houvesse uma mediação em que se perguntasse: “Mas e as plantas, que também são seres vivos, onde entram nessa história? A glicose não é importante para ela?”, poderíamos supor que as discussões abrangeriam a uma visão racional, já que poderiam surgir relações que indicassem a glicose como fonte de energia para o desenvolvimento de uma flor ou o crescimento da própria planta.

Considerações finais

Antes das últimas ponderações deste trabalho, cabe retomarmos os nossos objetivos iniciais:

- *Relacionar as propriedades ontológicas de Processos com a fotossíntese;*
- *Identificar e analisar obstáculos epistemológicos e ontológicos presentes no processo de aprendizagem do conceito de fotossíntese.*

Em uma primeira etapa, relacionamos as características do processo de fotossíntese com as seguintes propriedades dos *Processos de Equilíbrio*: ações uniformes; sem delimitação; simultaneidade; independente e aleatório; resultado final; e contínuo. Após relacionarmos, nós exemplificamos de acordo com características da fotossíntese e pudemos propor que este processo trata-se de *Equilíbrio*.

Para contemplarmos nosso segundo objetivo, realizamos uma análise microgenética das interações discursivas de um grupo de estudantes e identificamos e analisamos sete obstáculos que dificultam o processo de ensino-aprendizagem do conceito de fotossíntese. No contexto de limpeza e renovação do ar identificamos quatro obstáculos. O primeiro é de caráter ontológico e diz respeito à atribuição de características de *Eventos à Equilíbrio*. Os outros três são de caráter epistemológico pragmático; da experiência primeira; e do conhecimento geral. No contexto dos gases envolvidos no processo de fotossíntese discutimos um obstáculo epistemológico verbal e outro do conhecimento geral. O último obstáculo destacado tem como mote a importância da glicose nos seres vivos e também se refere a um obstáculo epistemológico do conhecimento geral.

No contexto da aplicação das atividades propostos aos sujeitos desta pesquisa, os nossos objetivos pedagógicos com os educandos eram que através de uma sequência de aulas que valorizassem o interacionismo, os discentes pudessem aprender significativamente conceitos e relações que estão envolvidos com o processo de fotossíntese. Durante a elaboração deste trabalho percebemos que os alunos, por vezes, conseguiram destrinchar o conhecimento e chegaram a conclusões que consideramos satisfatórias, como por exemplo: os estudantes perceberam que as plantas também utilizam O_2 e por esse motivo ele não é produzido propositalmente para nós. Por outro lado, notamos também que diversas generalizações puderam ser feitas e o conhecimento não foi muito explorado em alguns casos, como exemplo podemos citar: os estudantes citaram que *o vegetal absorve gás carbônico e libera oxigênio*, mas não explicaram o porquê os seres autótrofos absorvem e liberam esses gases específicos em uma das etapas da atividade que essa explicação era necessária.

Contudo, vale chamar atenção que ao transcrevermos os áudios da atividade para utilizarmos os dados, percebemos que os estudantes discutiram as ideias propostas por quase todo o tempo disponível e que muitas lacunas, dúvidas e equívocos não puderam ser esclarecidos. Desta forma, consideramos que mesmo identificando os obstáculos em questão e que alguns deles não puderam ser superados pelos alunos, as discussões foram valiosas para o processo de ensino-

aprendizagem dos alunos e que o tempo disponível é um fator limitante para o desenvolvimento de atividades de ensino.

Referências

Amaral, E.M.R., & Mortimer, E. F. (2001). Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1(3), 05-18.

Amaral, E.M.R. (2004). *Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada às transformações físicas e químicas e dinâmica discursiva em uma sala de aula de química do ensino médio*. Tese (Doutorado em Educação) - Belo Horizonte: Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais.

Bachelard, G. (2009). *A Filosofia do Não - Filosofia do novo espírito científico*. Lisboa: Editorial Presença.

Bachelard, G. (2007). *A formação do espírito científico – Contribuições para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto.

Bandeira, C.M.S. (2011). *A fotossíntese: estudo das concepções alternativas*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie. Disponível em: http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCBS/Cursos/Ciencias_Biologicas/1o_2012/Biblioteca_TCC_Lic/2011/1o_2011/Camila_Bandeira.pdf

Chi, M.T.H. (1993). Barriers to Conceptual Change in Learning Science Concepts: A Theoretical Conjecture. *Proceedings of the Fifteenth Annual Cognitive Science Society Conference, single volume*, 312-317.

Chi, M.T.H. (1997) Creativity: Shifting across ontological categories flexibly. *Creative Thought: An investigation of conceptual structures and processes, single volume*, 209-234.

Coutinho, F.A., Mortimer, E.F., & El-Hani, C.N. (2007). Construção de um perfil para o conceito biológico de vida. In: *Revista Investigações em Ensino de Ciências*. Acesso em: 12 dez., 2012, http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID164/v12_n1_a2007.pdf

Dimov, L.F. & Jesus, R.C. de (2012). *Uma sequência de atividades sobre fotossíntese em uma escola estadual na cidade de São Paulo*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo. Disponível em: http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCBS/Cursos/Ciencias_Biologicas/1o_2012/Biblioteca_TCC_Lic/2012/1o_SEM.12/LUIS_FABIO_DIMOV_e_ROSANGELA_CASTRO_DE_JESUS.pdf

Druzian, A., Radé, T., & Santos, R.P. (2007). *Uma proposta de perfil conceitual para os conceitos de luz e visão*. In: Anais VI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências - SC, Florianópolis: 2007. Atas... Bauru: ABRAPEC - Associação Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências. Disponível em: <http://www.fisica-interessante.com/perfil-conceitual-luz.html>

Ferrari, M., & Chi, M.T.H. (1998). The nature of naive explanations of nature selection. *International Journal of Science Educations*, 86(10), 1231-1256.

Frota-Pessoa, O. (2001). *Os caminhos da vida*. In O. Frota-Pessoa (Ed.) *Biologia no Ensino Médio: Estrutura e Ação* (pp. 201). São Paulo: Ed. Scipione.

Martins, A.F.P. (2004). *Concepções de estudantes acerca do conceito de tempo: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard*. Tese (Doutorado em Educação) – São Paulo: Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

Mortimer, E. F. (1997). Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química. *Química Nova*, 20(2), 200-207.

Mortimer, E.F. (2006). *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG.

Mortimer, E.F., Scott, P.H., & El-Hani, C.N. (2009). *Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais*. In: Anais VII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – SC, Florianópolis: 2009. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/22.pdf>

Moura, M.O. (1996). A atividade de ensino como unidade formadora. *Bolema – Boletim de Educação Matemática*, 12(v. único), 29–43.

Nicolli, A.A., & Mortimer E. F. (2009) *Construção de Um Perfil para o Conceito de Morte*. In: Anais VII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – SC, Florianópolis: 2009. Disponível em: <http://www.foco.fae.ufmg.br/viiienpec/index.php/enpec/viiienpec/paper/view/755> Acesso em 25 de maio de 2010.

Pozzuto, L. & Micheletti, T.B. (2011). *Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de fotossíntese*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie. Disponível em: http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCBS/Cursos/Ciencias_Biologicas/1o_2012/Biblioteca_TCC_Lic/2011/2o_2011/Leticia_Pozzuto_e_Taciana_Borba_.pdf

Sepúlveda, C.A.S. (2010). *Perfil conceitual de adaptação: uma ferramenta para a análise de discurso de salas de aula de biologia em contextos de ensino de evolução*. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Salvador: Universidade Federal da Bahia.

Sepúlveda, C.A.S., Mortimer, E. F., & El-Hani, C.N. (2007). *Construção de um perfil para o conceito de adaptação evolutiva*. In: Anais VI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – SC, Florianópolis 2007.

Silva, K.M.E., Amaral, E.M.R., & Oliveira, M.A.B. (2007). *Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de manguezal: primeiras caracterizações de zonas de perfil*. In: Anais VI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – SC, Florianópolis: 2007.

Zabala, A. (2002). *Organização dos conteúdos de aprendizagem*. In Zabala, A. *Enfoque Globalizador e pensamento complexo - uma proposta para o currículo escolar*. Porto Alegre: ARTMED, p. 15-41.

Recebido em: 03.03.13

Aceito em: 02.09.14