



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANDRÉIA DE FREITAS ZÔMPERO

**SIGNIFICADOS DE FOTOSSÍNTESE ELABORADOS POR
ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL A PARTIR DE
ATIVIDADES INVESTIGATIVAS MEDIADAS POR
MULTIMODOS DE REPRESENTAÇÃO**

ANDRÉIA DE FREITAS ZÔMPERO

**SIGNIFICADOS DE FOTOSSÍNTESE ELABORADOS POR
ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL A PARTIR DE
ATIVIDADES INVESTIGATIVAS MEDIADAS POR
MULTIMODOS DE REPRESENTAÇÃO**

Tese apresentada ao Curso de Pós Graduação do Programa de Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial para obtenção do título de doutora.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú

Londrina
2012

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Z86s Zômpero, Andréia de Freitas.

Significados de fotossíntese elaborados por alunos do ensino fundamental a partir de atividades investigativas mediadas por multimodos de representação / Andréia de Freitas Zômpero. – Londrina, 2012.
228 f. : il.

Orientador: Carlos Eduardo Laburú.

Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, 2012.

Inclui bibliografia.

1. Ciência – Estudo e ensino – Teses. 2. Fotossíntese – Formação de conceitos – Teses. 3. Ciência – Métodos de ensino – Teses. 4. Psicologia da aprendizagem – Teses. 5. Abordagem interdisciplinar do conhecimento – Teses. I. Laburú, Carlos Eduardo. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. III. Título.

CDU 50:37.02

ANDRÉIA DE FREITAS ZÔMPERO

**SIGNIFICADOS DE FOTOSSÍNTESE ELABORADOS POR ALUNOS
DO ENSINO FUNDAMENTAL A PARTIR DE ATIVIDADES
INVESTIGATIVAS MEDIADAS POR MULTIMODOS DE
REPRESENTAÇÃO**

Tese apresentada ao Curso de Pós Graduação do Programa de Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial para obtenção do título de doutora.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú
Orientador

Prof. Dr. Álvaro Lorencini Júnior

Profa Dra Anna Maria Pessoa de Carvalho

Prof. Dr. José Antonio Pimenta

Prof. Dr. Marco Antonio Moreira

Londrina, 18 de abril de 2012.

ZÔMPERO, Andréia de Freitas. **Significados de fotossíntese elaborados por alunos do ensino fundamental a partir de atividades investigativas mediadas por multimodos de representação**. 2012. 226 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, 2012

RESUMO

Esta tese apresenta uma pesquisa descritiva realizada com alunos do Ensino Fundamental da quinta série, atual sexto ano. Sabemos como professora da disciplina de Ciências e Biologia, das dificuldades dos alunos em compreenderem conceitos muito abstratos relacionados a esta área de conhecimento. Dentre esses conceitos, a fotossíntese e respiração vegetal chamou-nos particular atenção pelo fato de ser um conteúdo ministrado desde as Séries Iniciais, conforme consta na proposta curricular dos documentos oficiais de ensino, e que se prolonga até o Ensino Médio. Apesar de serem conteúdos ministrados durante muitos anos de escolaridade, os alunos ao chegarem no Ensino Médio apresentam incompreensões que comprometem o entendimento de outros conteúdos relacionados à fotossíntese, como por exemplo, a cadeia alimentar, bem como o fluxo de energia no ecossistema, os quais são conhecimentos fundamentais para a compreensão das relações que se estabelecem entre seres bióticos e fatores abióticos para a manutenção da vida no planeta. Sendo assim, saber quais significados os estudantes desenvolvem para os conteúdos de ensino e aprendizagem que fazem parte deste conteúdo tornou-se para nós uma questão de considerável interesse particular para uma investigação e motivou-nos a desenvolver esta pesquisa. Buscamos a base para o entendimento dessas questões em teorias provenientes da Psicologia Cognitiva, com base na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, devido a esse autor tratar com profundidade questões referentes às relações que se estabelecem nas situações de ensino e aprendizagem em sala de aula quanto à elaboração de significados pelos alunos. Diversos autores que pesquisam concepções prévias de alunos a respeito da fotossíntese enfatizam que essa incompreensão do conteúdo se deve, entre outros fatores, à metodologia puramente expositiva que não proporciona a reflexão do aluno. Neste estudo, desenvolvemos com os alunos atividades investigativas mediadas por multimodos de representação, e assim tivemos por objetivo investigar os significados que os alunos vão construindo enquanto desenvolvem as atividades de investigação mediadas por multimodos de representação, além de verificar as conexões que os estudantes desenvolvem entre os modos representacionais utilizados com as atividades multimodais. Sabemos que não há um consenso na literatura quanto à abordagem das atividades investigativas. Neste estudo, utilizamos a abordagem do NRC (apud BYBEE, 2006) e as representações multimodos para favorecer aos alunos a conexão das evidências aos conhecimentos científicos. Por meio da análise dos dados obtidos, foi possível verificar que muitos dos significados que os alunos elaboram durante as atividades de ensino, provêm da interpretação equivocada dos diferentes modos de representação utilizados e que os significados discordantes do conhecimento científico elaborados pelos alunos ocorrem devido à incompreensão dos conceitos implicados nos processos de fotossíntese e respiração. Além disso, esta pesquisa foi possível organizar os significados produzidos pelos alunos de acordo com as formas de aprendizagem significativa em sobreordenados, subordinados e combinatórios, tanto para as atividades investigativas como para as avaliativas.

Palavras-Chave: Ensino de ciências. Atividades investigativas. Aprendizagem significativa. Multimodos de representação. Fotossíntese.

ZÔMPERO, Andréia de Freitas. **The meaning of photosynthesis constructed by primary school students from an investigative activity using multimodal representation**. 2012. 226 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina. Universidade Estadual de Londrina. 2012

ABSTRACT

This thesis shows a piece of descriptive research carried out with 5th grade Elementary School Students, currently at 6th grade. We know, as a Science and Biology teacher, the difficulties the students have to understand some abstract concepts related to this knowledge area. Among these concepts, the photosynthesis and the vegetal breathing grabbed our attention by the fact of being a school content taught since the initial grades, as it is set in the official teaching curricular documents and that also follows during the next grades. Despite the fact of being taught contents during many school years, the students, when arriving at High School show some incomprehension that harm the understanding of other contents related to photosynthesis, as for example, the food chain, and also the energy flow in the ecosystem which are considered basic knowledge for the comprehension of the established relations between the biotic and non biotic beings in the life of the planet maintenance. So, knowing which meanings the students develop for these contents for the learning that is part of the subject became a considerable question of interest for an investigation and motivated us to develop this research. We searched the basis for the understanding of these questions in theories from the Cognitive Psychology, mainly followed by Ausubel's Meaningful Learning because this author works with deep questions which relate the relationship between teaching situations and classroom learning when the students are elaborating the meaning of the concepts. Several authors who research the previous conceptions of students about the photosynthesis emphasize that these content incomprehension is, among many factors, to the expositive methodology that does not allow the student's reflexion. In this paper, we developed investigative activities using representational multi-modals, and so, our goal was to investigate the meanings the students build while they perform the investigative activities, besides checking the connections the students do between the representational ways. We know that there is a consensus in the literature about the investigative activities approach. Here, we used the NRC (apud BYBEE, 2006) and the multi-modals to improve the students' connection of the evidences of the scientific knowledge. Through the analysis of the collected data, it was possible to verify that many of the meanings the students elaborated during the activities came from the mistaken interpretation of different representational modals used and also the incompatible meanings of the scientific knowledge that the students elaborates occur due to the incomprehension of the concepts attributed to photosynthesis and the vegetable breathing.

Keywords: Science teaching. Investigative activities. Meaningful learning. Multimodal representations. Photosynthesis.

A você José Henrique, meu marido:
“Onde quer que eu vá, o que quer que eu faça, sem você não tem graça.”

A Rafael Henrique, Marcus Vinícius e Gabriela Maria, filhos queridos que dão
significado à minha vida.

À mãe Idília e meu pai Nelson que sempre me incentivaram em minha trajetória
profissional

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Carlos Eduardo Laburú, pela competência com que me ajudou a conduzir a pesquisa. Por me incentivar sempre à produção científica, por sua amizade, seriedade, dedicação, paciência e empenho em suas orientações.

Ao professor Marco Antonio Moreira, pelos materiais que me disponibilizou para realização desta pesquisa, por sua disposição a me atender nas dúvidas e em participar da banca de defesa.

À professora Anna Maria, por sua simpatia, competência e atenção com que me atendeu quando precisei de suas orientações.

Ao professor Álvaro que fez parte da minha trajetória acadêmica desde o mestrado.

Ao professor Pimenta pela competência nas informações prestadas para o desenvolvimento desta pesquisa.

À minha amiga e companheira de trabalho Cenira Andrade pela amizade e apoio durante a realização do trabalho.

À Paola Camargo, amiga e professora que me acompanhou nas traduções durante os anos de elaboração deste estudo.

Meu marido José Henrique e meus filhos Marcus Vinícius e Rafael Henrique pelo apoio nos momentos de dificuldades

À Adriana Quimentão Passos, pela amizade de muitos anos.

Aos meus amigos psicólogos e colegas de trabalho Carlos Eduardo S. Gonçalves e Amélia Menck pelas proveitosas discussões sobre aprendizagem.

Aos meus colegas de trabalho Ewerton Pires, Zuleika Piassa e Melina Klaus pelo incentivo e ajuda nas dificuldades.

À direção e aos alunos participantes desta pesquisa do Colégio Estadual Barão do Rio Branco.

O SENHOR é o meu rochedo,
o meu lugar forte, o meu libertador;
o meu Deus, em quem confio; o meu escudo,
a força da minha salvação, e o meu alto refúgio.

Salmos 18:2

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo analítico de pressupostos do ensino por investigação	26
Quadro 2 - Graus de liberdade professor (P)/aluno(A) na aula de laboratório	30
Quadro 3 - Diferenças entre mecanicismo e organicismo	41
Quadro 4 - Anotações das observações do terrário	91
Quadro 5 - Síntese das ideias estabelecidas na estrutura cognitiva dos alunos.....	101
Quadro 6 - Hipóteses dos alunos na atividade investigativa 1	102
Quadro 7 - Hipóteses dos alunos na atividade investigativa 2	114
Quadro 8 - Conexões estabelecidas entre significados produzidos após modo de representação por leitura de texto e por observação da figura expressos nas representações dos alunos (desenhos).....	122
Quadro 9 - Hipóteses dos alunos na atividade investigativa 3	127

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12	
 CAPÍTULO 1 - O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: ASPECTOS		
HISTÓRICOS E DIFERENTES ABORDAGENS	18	
1.1 A PEDAGOGIA DE DEWEY E O ENSINO DE CIÊNCIAS	18	
1.2 A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E A PERSPECTIVA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO	20	
1.3 DIFERENTES ABORDAGENS DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO	25	
1.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A NATUREZA DO PROBLEMA NAS ATIVIDADES DE INVESTIGAÇÃO	33	
1.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A UTILIZAÇÃO DAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS EM NOSSA PESQUISA.....	37	
 CAPÍTULO 2 - APRENDIZAGEM E PRODUÇÃO DE SIGNIFICADOS		40
2.1 A AQUISIÇÃO DE SIGNIFICADOS NA VISÃO DE DIFERENTES AUTORES	42	
2.2 O DESENVOLVIMENTO DE CONCEITOS	46	
2.3 PRESSUPOSTOS DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	50	
2.3.1 Considerações sobre os tipos de Aprendizagem Significativa	52	
2.3.2 Formas Hierárquicas de Aprendizagem Significativa	54	
2.3.3 A Organização do Conhecimento em Redes Hierárquicas Semânticas.....	57	
 CAPÍTULO 3 - AS REPRESENTAÇÕES NAS ATIVIDADES DE ENSINO E		
APRENDIZAGEM	59	
3.1 MULTIMODOS E MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES	60	
3.2 A MULTIMODALIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS	65	
 CAPÍTULO 4 - RELAÇÕES ENTRE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS,		
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E REPRESENTAÇÕES MULTIMODAIS	67	
 CAPÍTULO 5 - ASPECTOS GERAIS SOBRE FOTOSSÍNTESE E		
RESPIRAÇÃO	76	
5.1 FOTOSSÍNTESE	76	
5.1.1 Origem dos Produtos da Fotossíntese	77	

5.2 A RESPIRAÇÃO AERÓBIA	77
5.3 A FOTOSSÍNTESE NA ABORDAGEM DOS DOCUMENTOS OFICIAIS DE ENSINO.....	79
CAPÍTULO 6 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	84
6.1 AMOSTRA.....	85
6.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE ENSINO E APRENDIZAGEM.....	85
6.2.1 Atividades Investigativas	86
6.2.1.1 Atividade investigativa 1	88
6.2.1.2 Atividade investigativa 2.....	89
6.2.1.3 Atividade investigativa 3.....	90
6.2.2 Atividades Avaliativas.....	92
6.2.3 Entrevista	95
6.3 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DOS SIGNIFICADOS.....	96
CAPÍTULO 7 - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS.....	98
7.1 RESULTADOS DAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS.....	98
7.1.1 Atividade Investigativa 1.....	98
7.1.2 Atividade Investigativa 2.....	112
7.1.3 Atividade Investigativa 3.....	126
7.2 RESULTADOS INDIVIDUAIS POR ALUNO DAS ATIVIDADES AVALIATIVAS, DA ENTREVISTA E FORMAS HIERÁRQUICAS DE SIGNIFICADOS ESTABELECIDAS NA ESTRUTURA COGNITIVA	140
7.2.1 Análise dos Resultados do Aluno 1	143
7.2.1.1 Atividades avaliativas	143
7.2.1.2 Entrevista	145
7.2.1.3 Organização hierárquica dos significados.....	147
7.2.2 Análise dos Resultados do Aluno 2.....	155
7.2.2.1 Atividades avaliativas	155
7.2.2.2 Entrevista	157
7.2.2.3 Organização hierárquica dos significados.....	158
7.2.3 Análise dos Resultados do Aluno 3.....	165
7.2.3.1 Atividades avaliativas	165
7.2.3.2 Entrevista	167
7.2.3.3 Organização hierárquica dos significados.....	169

7.2.4 Análise dos Resultados da Aluna 4	175
7.2.4.1 Atividades avaliativas	175
7.2.4.2 Entrevista	177
7.2.4.3 Organização hierárquica dos significados	179
7.2.5 Análise dos Resultados da Aluna 5	185
7.2.5.1 Atividades avaliativas	185
7.2.5.2 Entrevista	186
7.2.5.3 Organização hierárquica dos significados	187
7.2.6 Análise dos Resultados do aluno 6	192
7.2.6.1 Atividades avaliativas	192
7.2.6.2 Entrevista	193
7.2.6.3 Organização hierárquica dos significados	194
7.2.7 Análise dos Resultados da Aluna 7	199
7.2.7.1 Atividades avaliativas	199
7.2.7.2 Entrevista	200
7.2.7.3 Organização hierárquica dos significados	202
CAPITULO 8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	208
REFERÊNCIAS	216
ANEXOS	223
ANEXO A - Texto sobre a fotossíntese	224
ANEXO B - Figura representativa de fotossíntese	225
ANEXO C- Figura representativa das trocas gasosas entre fotossíntese e respiração.....	226

INTRODUÇÃO

A disciplina de Ciências no Ensino Fundamental aborda muitos conteúdos de difícil compreensão para os alunos. Vários desses assuntos são considerados relevantes e fundamentais para o entendimento, por exemplo, das diferenças entre seres bióticos e fatores abióticos, de fenômenos biológicos relacionados com as condições para a manutenção da vida no planeta, obtenção e transferência de energia, cadeia alimentar e fotossíntese. Entre os assuntos citados, a fotossíntese é considerada básica para a compreensão dessas relações que se estabelecem na biosfera.

Sabemos que os alunos aprendem assuntos relativos às plantas, à importância da luz do sol para a vida na Terra, à fotossíntese e à cadeia alimentar, desde as séries iniciais. No entanto, várias pesquisas, como as de Souza e Almeida (2002); Charrier, Pedro e Maximo (2006), têm apontado problemas na compreensão desses conceitos básicos por estudantes de diversos níveis de escolaridade e também nas relações que se estabelecem entre esses conceitos.

Na biosfera ocorrem fenômenos naturais como os biológicos, os físicos e os químicos que são interdependentes e sem os quais a sobrevivência no planeta estaria ameaçada. Portanto, por serem processos interligados, a compreensão desses conteúdos não pode ocorrer de modo fragmentado. A falta de entendimento, pelos alunos, desses mecanismos básicos compromete a aprendizagem de conteúdos que estruturam o currículo de Ciências Naturais no Ensino Fundamental e parte da disciplina de Biologia ministrada no Ensino Médio.

Durante anos de docência na Educação Básica, vivenciamos alunos de diferentes fases de escolaridade que apresentam compreensão incorreta para muitos conceitos biológicos e tal incompreensão permanece mesmo após anos de escolaridade. O entendimento de conceitos e fenômenos biológicos para os quais não se tem um referente concreto nos sempre chamou atenção. Dentre esses fenômenos, a fotossíntese é um processo com características relevantes para investigar a compreensão dos estudantes. Apesar de explicarmos os conteúdos e dos alunos desenvolverem atividades relativas ao tema, verificamos que apresentavam desempenho insatisfatório quanto ao entendimento do processo de fotossíntese. Tal fato ocorre muitas vezes tanto no Ensino Fundamental, como também com alunos do Ensino Médio. É comum os alunos relacionarem

fotossíntese com respiração das plantas e admitirem que a planta “respira o gás carbônico”. Outro aspecto bastante confuso para os alunos diz respeito à produção de glicose. Muitos não relacionam a produção de glicose com a necessidade de a planta ser a base da cadeia alimentar, como também afirmam que o oxigênio é o alimento que a planta produz.

Em trabalho realizado por Souza e Almeida (2002) quanto às concepções de fotossíntese de alunos do Ensino Fundamental e Médio, aponta-se que os estudantes associam o termo fotossíntese com reprodução, energia, respiração, pigmentação da planta, transformação e metamorfose, alimento. Além disso, a pesquisa mostra que os estudantes atribuem à fotossíntese a função de purificar o ar. O mesmo estudo ressaltou a utilização de frases prontas e mnemônicas pelos alunos como “É um processo em que a planta faz seu próprio alimento”. Outros pontos importantes deste estudo revelaram que os alunos de Ensino Fundamental e Médio tendem a considerar a fotossíntese como uma função de purificar o ar para o homem, pensar que existe uma alternância entre a respiração e fotossíntese, ou seja, que a fotossíntese ocorre durante o dia e a respiração no vegetal ocorre somente à noite, que as plantas num vidro transparente completamente fechado ficarão “sufocadas”, não conseguindo relacionar os ciclos envolvidos.

Em pesquisas direcionadas a conhecer as concepções de alunos sobre fotossíntese em vários níveis de ensino, Charrier, Pedro e Maximo (2006) apontam como um dos problemas, a metodologia puramente expositiva utilizada pelos professores. Esta não estimula o raciocínio ou a atividade intelectual do aluno, como também não promove o engajamento do estudante. Neste sentido, as pesquisas a respeito da realização de atividades investigativas no ensino de Ciências têm mostrado que essa metodologia pode ser mais satisfatória para a aprendizagem, por promover a atividade intelectual e o engajamento, e assim, o interesse do aluno. Além disso, diversos estudos têm atualmente mostrado a importância, para a aprendizagem, de o professor utilizar a metodologia que emprega diferentes modos de representação para abordar os conteúdos e com isso facilitar a aprendizagem.

A vida no planeta está diretamente ligada à presença da energia luminosa do sol para transformação em energia química pelas plantas, a qual se denomina fotossíntese, e à transferência dessa energia para os demais sistemas biológicos. Portanto, o entendimento da fotossíntese é básico para que o aluno compreenda o fluxo de energia que ocorre na biosfera. Diante das dificuldades de compreensão

desse conceito bastante complexo, como revelam as pesquisas, fazem-se necessários estudos sobre a aprendizagem desse conteúdo, bem como da respiração das plantas, muitas vezes entendidos erroneamente como sinônimos pelos estudantes. De acordo com Medeiros, Costa e Lemos (2009), os temas da fotossíntese e respiração envolvem conceitos fundamentais para o ensino de Ciências, possibilitando uma visão abrangente dos mecanismos e dos ciclos de vida dos seres vivos, bem como de suas relações na cadeia alimentar, evolução, nutrição, metabolismo energético, entre outros.

Saber como os alunos desenvolvem a compreensão para os conteúdos de ensino e aprendizagem, que fazem parte do currículo, tornou-se para nós uma questão de considerável interesse particular para uma investigação e motivou-nos a desenvolver esta pesquisa. Buscamos a base para o entendimento dessas questões em teorias provenientes da Psicologia Cognitiva. De acordo com essa área do conhecimento, nas atividades de ensino aprendizagem é fundamental que o aluno atribua significados aos conteúdos de ensino. Com base na teoria da Aprendizagem Significativa, a qual está situada na Psicologia Cognitiva, esses significados são idiossincráticos e produzidos durante as atividades de ensino e aprendizagem, como já verificamos durante nossa prática docente em situações de sala de aula. Sendo assim, perscrutar o processo de significação possibilita revelar aspectos importantes relativos à organização desse conhecimento na estrutura cognitiva do aluno, à medida que ele desenvolve atividades nas aulas de Ciências.

Optou-se nesta pesquisa pela aplicação de atividades investigativas mediadas por multimodos de representação. Essa opção foi feita tanto em razão de as atividades investigativas serem apontadas pelos pesquisadores como necessárias para desenvolver a reflexão e a argumentação dos aprendizes, quanto pelo fato de a mediação semiótica multimodal, durante a atividade de investigação, proporcionar ao aluno o acesso a diferentes modos integrados de representação dos conteúdos, favorecendo a aprendizagem.

As atividades de investigação têm o papel de promover a reflexão, uma vez que oferecem situações em que os alunos são desafiados mediante os assuntos estudados. A utilização de multimodos durante as atividades de investigação ajuda os alunos a criarem representações mentais dos conceitos e também a formarem redes de conexões entre tais conceitos, desenvolvendo assim a significação. Para que a significação seja produzida, os estudantes devem aprender a integrar os

significados daquilo que está sendo comunicado; por isso, é fundamental que o professor utilize diferentes modos de representação como recurso de ensino. Quando são utilizados diferentes modos de representação para um determinado conceito, o estudante produz conexões entre os modos de representação elaborando o significado do conceito. Conforme Patterson e Norwood (2004), a força dessas conexões relaciona-se à capacidade do aluno entender um conteúdo.

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (2000), a estrutura de conhecimento é organizada de modo hierárquico. Para isso, o autor estabelece três modos pelos quais os significados dos conceitos de proposições podem ser organizados na estrutura cognitiva, sendo eles: subordinados, sobreordenados e combinatórios. A partir desses significados estabelecidos, o aluno é capaz de promover novas significações para os conteúdos seguintes. Daí a relevância desse fato para a aprendizagem e para este trabalho, pois as três formas de organização do conhecimento na estrutura cognitiva serão utilizadas como referencial de análise para os dados obtidos.

A variedade de modos de representação e a conexão entre os modos, são capazes de favorecer a aprendizagem significativa, por possibilitarem que novos significados sejam integrados à estrutura cognitiva do estudante, promovendo, assim, uma relação não arbitrária e substantiva desses conhecimentos aos subsunçores e auxiliando a reorganização dos conhecimentos já existentes na estrutura intelectual dos alunos.

Sendo assim, nos eventos educativos, os alunos aprendem quando conseguem atribuir significados aos conteúdos ministrados. Na perspectiva da aprendizagem significativa, o significado é um produto que emerge da relação entre os subsunçores da estrutura cognitiva do aluno com o material de aprendizagem. O material desses eventos precisa apresentar algumas características, como uma sequência lógica, organizada a partir de conceitos mais gerais para os mais específicos, a fim de proporcionar significação. Tomando por base o conteúdo ministrado por meio da utilização de diferentes modos representacionais, nos quais são apresentados os significados científicos, os alunos elaboram seus próprios significados conotativos e também denotativos com base nos materiais de ensino.

Retornando às concepções dos alunos sobre fotossíntese, Charrier, Pedro e Maximo (2006) afirmam que a gênese dessas concepções está relacionada com

propostas de ensino que promovem apenas a memorização e utilização excessiva de terminologia científica, e as que são baseadas na pedagogia do descobrimento podem ser utilizadas de modo inadequado, o que não ajuda os estudantes na compreensão desse processo. Além disso, há também a dificuldade dos estudantes para entender fenômenos químicos e biológicos envolvidos com o assunto de modo integrado.

Considerando as dificuldades apresentadas na aprendizagem do conteúdo de fotossíntese, e também de respiração vegetal, é preciso que os materiais e estratégias de ensino possibilitem ao aluno compreender conceitos, por serem estes as “unidades básicas dos significados”, conforme Pozo (2002, p. 58), e que os significados produzidos estejam de acordo com o conhecimento científico. Resulta daí a importância de conhecer os significados apropriados pelos estudantes no decorrer das atividades de ensino e as conexões que eles estabelecem entre os diferentes modos de representação utilizados, para que se tenha ciência da natureza e origem das suas dificuldades na compreensão do assunto.

A partir da problemática exposta e com base na relevância da utilização de multimodos de representação para a aprendizagem e a realização de atividades investigativas, as quais proporcionam engajamento e possibilitam aos alunos melhor reflexão sobre o conteúdo, este estudo tem por objetivos investigar quais significados de fotossíntese os alunos elaboram, quando estão submetidos à estratégia de investigação mediada por multimodos de representação. Com isso serão verificadas as conexões que os estudantes estabelecem entre os diferentes modos de representação utilizados nas atividades de investigação que tratam da fotossíntese das plantas e identificar as formas hierárquicas de significados, subordinados, sobreordenados e combinatórios, com base na teoria da Aprendizagem Significativa, produzidas pelos estudantes durante as atividades desenvolvidas. Por fim, vamos verificar se houve transferência dos significados elaborados para novas situações de ensino, as quais denominamos de atividades avaliativas.

Os referenciais teóricos que subsidiam as respostas para estas questões estão apresentadas em capítulos. No capítulo 1, discutimos as diferentes abordagens das atividades investigativas, comparadas nas perspectivas de diferentes autores. Iniciamos o capítulo fazendo uma retomada histórica para situar a utilização dessa metodologia de ensino desde o final o século XIX. Além disso, é

apresentado um estudo dos fundamentos teóricos que dão base a esta metodologia de ensino encontrados nas ideias do filósofo John Dewey. O capítulo finaliza com uma discussão sobre o que se entende por problemas na visão de diferentes autores.

No capítulo 2 é apresentado o processo de formação de conceitos e elaboração de significados em situações de ensino e aprendizagem, nas perspectivas de Ausubel, Vygotsky e Piaget, além de ressaltar aspectos relevantes da Teoria da Aprendizagem Significativa.

O capítulo 3 apresenta o papel das representações semióticas nas atividades de ensino e aprendizagem, bem como dos multimodos de representação. Enfatiza também a construção das representações mentais que os alunos desenvolvem a partir dos materiais de aprendizagem para elaboração dos significados.

Sabemos que há relações entre as atividades investigativas com multimodos de representação, pelo fato de as representações possibilitarem conexões entre as evidências observadas pelos alunos durante a investigação com o conhecimento científico e a resolução do problema proposto. Por isso, o capítulo 4 apresenta um estudo sobre as relações existentes entre atividades investigativas, aprendizagem significativa e representações multimodais.

O capítulo 5 apresenta aspectos essenciais do conhecimento científico relativo à fotossíntese e respiração vegetal, e a proposta dos documentos oficiais de ensino quanto ao ensino de fotossíntese das Séries Iniciais até o final do Ensino Fundamental da Educação Básica.

A metodologia com a descrição de como foi desenvolvido este estudo é apresentada no capítulo 6. A exposição dos dados e as análises, no capítulo 7. Nas considerações finais, foi feita uma reflexão sobre os resultados obtidos e as implicações desta pesquisa para o ensino e a aprendizagem.

CAPÍTULO 1

O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: ASPECTOS HISTÓRICOS E DIFERENTES ABORDAGENS

Ao estudarmos o histórico do ensino de Ciências, encontramos diversas fases que podem ser chamadas de tendências. Durante o período compreendido entre a segunda metade do século XIX, até a atualidade, o ensino de Ciências apresentou diferentes objetivos em razão dessas tendências, que tiveram como base, principalmente, as mudanças vigentes na sociedade em suas diferentes épocas, relacionadas a aspectos políticos, históricos e filosóficos.

Muitas dessas tendências não tiveram uma relevância significativa no Brasil, mas contrariamente em países da Europa e nos Estados Unidos. Entre essas tendências pode ser citado o ensino por investigação, conhecido também como *inquiry*, que recebeu grande influência do filósofo e pedagogo americano John Dewey.

A perspectiva do ensino com base no *inquiry* possibilita o raciocínio e as habilidades cognitivas dos alunos, como também a cooperação entre os estudantes. Na literatura encontram-se diferentes conceituações de *inquiry*, como ensino por descoberta, aprendizagem por projetos, questionamentos, resolução de problemas, dentre outras que serão posteriormente discutidas neste estudo.

A perspectiva de *inquiry* foi predominante na educação americana e tem bases no pensamento do filósofo John Dewey. A seguir apresentaremos alguns aspectos das ideias de Dewey, que deram suporte à proposta da utilização da metodologia de investigação no ensino de Ciências.

1.1 A PEDAGOGIA DE DEWEY E O ENSINO DE CIÊNCIAS

O filósofo pragmático John Dewey é considerado um importante pensador norte americano e defensor da educação progressiva. De acordo com Wong e Pugh (2001), Dewey tornou-se símbolo para as ideias progressistas na educação científica. Outras denominações da pedagogia progressista, encontradas na literatura, são: pedagogia ativa, escola ativa, escola nova, escola do trabalho. A pedagogia progressista surgiu nos Estados Unidos como crítica à pedagogia tradicional.

No final do século XIX, surge o movimento progressista, que era contrário às ideias de Herbart e dos jesuítas, que defendiam o ensino tradicional. Os adeptos dessa nova pedagogia propunham que o ensino deveria ser centrado na vida, na atividade, aliando-se teoria e prática, com a participação ativa do aluno no seu processo de aprendizagem. Dewey foi precursor dessas ideias. Seu nome tem sido associado à aprendizagem por projetos e por resolução de problemas.

A influência das ideias de Dewey pode ser notada na educação a partir da década de 1970, com a ascensão do cognitivismo. Outro aspecto relevante a ser considerado é que as ideias progressistas enfatizam a importância das interações socioculturais para a aprendizagem. Nesse aspecto, é possível uma relação entre a pedagogia de Dewey e os trabalhos de Vygotsky, o qual também defende elementos sociais na aprendizagem (WONG; PUGH, 2001).

Nesta seção, não temos a pretensão de discutir a pedagogia progressista, mas sim o pensamento de Dewey que se relaciona mais especificamente com ensino de ciências. A ideia central de Dewey, que tem influência na educação científica, é a “experiência”. Este termo é frequentemente mal entendido, pois é comum as pessoas associarem a experiência a aulas práticas e como solução para a aprendizagem de Ciências. Por exemplo, as aulas deveriam ser experimentais ao invés de se trabalhar a memorização dos conteúdos. Por isso, entender experiência dessa forma não é condizente com as ideias do filósofo.

De acordo com Dewey (1980), no universo há um conjunto infinito de elementos que se relacionam de maneira mais diversa possível. Tudo existe por causa dessas relações. Isso ocorre, evidentemente, também com as pessoas. Quando a criança chega à escola ela já vivenciou muitas experiências; por isso, o agir e o reagir ampliam-se e as experiências se reconstruem por meio das reflexões. Na vida cotidiana, as experiências são realizadas constantemente. Para o filósofo, experiência e aprendizagem não podem ser separadas.

Um exemplo de como as experiências atuam na aprendizagem, promovendo modificações significativas na compreensão do aprendiz é o exemplo dado por Dewey (1980, p. 114):

Uma árvore pode ser somente um objeto da experiência visual, pode passar a ser percebida de outro modo se entre ela e a pessoa se processarem outras experiências como a utilidade, aspectos medicinais, econômicos. Isso fará o indivíduo perceber a árvore de

modo diferente. Depois dessa experiência, o indivíduo e a árvore são diferentes do que eram antes.

A experiência se adquire a partir de um conjunto de vivências (ROSITO, 2008). Nesse sentido, quando a experiência educativa é refletida, a aquisição de conhecimento será seu resultado natural. Portanto, a experiência dá significado à vida. Ainda nas palavras de Dewey, a contínua reorganização da experiência pela reflexão é característica particular da vida humana. A educação consiste nessa contínua reorganização, que promove uma melhoria na qualidade da experiência para novas aprendizagens.

Outro conceito-chave da teoria de Dewey, que se relaciona com a educação científica é antecipação. Na teoria pedagógica progressista deste filósofo, a antecipação é o centro das experiências educativas. A ideia pode criar antecipações e inspirar ações. As ações fazem as ideias terem significações e valores. Antecipação, são previsões sobre o que pode ser descoberto e revelado para a classe. As antecipações geram experiências (WONG; PUGH, 2001).

1.2 A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E A PERSPECTIVA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Conforme mencionado anteriormente, o ensino com base no *inquiry* tem suas origens nos Estados Unidos. Por isso, nesta seção apresentamos inicialmente a perspectiva do ensino por investigação nos Estados Unidos e finalizamos com essa proposta no Brasil.

De acordo com Deboer (2006), até a segunda metade do século XIX a educação científica tinha um currículo clássico, que enfatizava principalmente o estudo de Matemática e de Gramática. No entanto, alguns cientistas europeus e americanos começaram a defender a ideia de que a ciência era diferente de outras disciplinas escolares, por oferecer práticas de lógica indutiva. Conforme Chalmers (2000), a ciência indutiva começa com observações detalhadas para construir generalizações. Por isso, os estudantes tinham de aprender a observar o mundo natural e tirar conclusões a partir de suas observações. Ainda de acordo com esse autor, esta abordagem para o ensino de Ciências, considerando a indução, foi uma justificativa para o surgimento de práticas que envolviam a utilização do laboratório. Nesse período, o laboratório e o ensino, com a utilização de processos

investigativos, receberam apoio do cientista e filósofo positivista Herbert Spencer que viveu no século XIX. Para ele, a utilização do laboratório poderia promover uma melhor compreensão dos fenômenos naturais. A observação do mundo natural e as atividades de laboratório fornecem informações claras e precisas sobre o mundo natural que não se encontram nos livros. Spencer considerava a física, química e a biologia essenciais para a formação humana. As ideias positivistas de Spencer influenciaram práticas pedagógicas no ensino de Ciências resultando na aplicação do método científico no ensino: observação, controle, previsão (ISKANDAR; LEAL, 2002).

Em síntese, no século XIX, pode-se concluir, de acordo com Smith (apud DEBOER, 2006), que o ensino com base em perspectivas de *inquiry* apresentou três fases: *descoberta* ou abordagem heurística, na qual os estudantes teriam que explorar o mundo natural; a *verificação*, na qual os alunos teriam que confirmar fatos ou princípios científicos por meio da utilização do laboratório e o *inquiry*. Neste último caso, os alunos não teriam que descobrir algo, mas por meio da utilização de método científico, teriam que procurar soluções para questões que eles não sabiam a resposta.

A inclusão do *inquiry* na educação científica americana foi recomendada por Dewey a partir do livro “Logic: The Theory of inquiry”, publicado em 1938. Os alunos deveriam participar ativamente de sua aprendizagem, por isso, teriam que propor um problema para investigarem, aplicando seus conhecimentos de Ciências aos fenômenos naturais (BARROW, 2006). Este mesmo autor afirma que Dewey modificou sua interpretação anterior sobre os passos do método científico para realizar seu objetivo de pensamento reflexivo. Os passos seriam: apresentação de problema, formação de hipótese, coleta de dados durante o experimento, e formulação de conclusão. Os problemas a serem estudados deveriam estar de acordo com o desenvolvimento intelectual e as capacidades cognitivas dos estudantes. A ideia aqui era preparar os alunos para serem pensadores ativos em busca de respostas e não apenas ensinar-lhes o raciocínio indutivo.

A educação científica na primeira metade do século XX teve seu objetivo principal voltado aos valores sociais, devido ao crescimento da urbanização, imigração, problemas relacionados com a saúde pública. Neste sentido, o *inquiry* foi visto como um modo de desenvolver habilidades necessárias à resolução de problemas de relevância social, e não apenas habilidades de raciocínio. Este

pensamento estava também baseado na filosofia de Dewey. Segundo ele, na preparação dos estudantes para a vida, a educação formal deveria proporcionar-lhes habilidades para formular questões significativas sobre os problemas sociais.

Em 1950, os cientistas, educadores e líderes industriais, argumentaram que o ensino de Ciências tinha perdido o seu rigor acadêmico e não estava possibilitando o desenvolvimento intelectual dos alunos, argumentando que o ensino estava enfatizando aspectos de relevância social. A educação científica, naquele período, estava centrada demais no aluno e, por isso, havia perdido o rigor acadêmico (DEBOER, 2006).

Essa preocupação com a educação científica nos Estados Unidos, culminou com o lançamento do satélite Sputnik pelos russos. Por isso, a educação científica foi outra vez voltada para o rigor acadêmico do século XIX, enfatizando-se a preocupação com a ciência para a formação de cientistas e, com isso, garantir a segurança dos americanos. A ênfase é dada novamente aos processos de Ciências e habilidades individuais como: observar, classificar, inferir e controlar variáveis (BARROW, 2006).

Nessa reforma curricular na década de 1960, esteve envolvido Josef Schwab, como principal pensador. Schwab considerava que conteúdo e prática são inseparáveis na educação científica. Para ele, os alunos deveriam aprender como os cientistas chegam às conclusões, e não obterem conclusões prontas dadas pelo professor. A educação científica proposta por Schwab é muito parecida com a proposta do século XIX. A diferença é que, naquele século, a preocupação era com o desenvolvimento pessoal do aluno, enquanto para Schwab a preocupação era com o desenvolvimento da nação americana (DEBOER, 2006). Além disso, para Schwab, a utilização de investigação no ensino permitiria aos alunos entenderem os processos da Ciência.

Muito se criticou o ensino por descoberta voltado à formação de cientistas. Por isso, tanto no Brasil como nos demais países, o construtivismo começou a ganhar força nos anos 70. Surge nesse período o Movimento das Concepções Alternativas, o qual tinha como principal objeto de estudo as ideias que os alunos tinham sobre os fenômenos naturais, pelo fato de que estas concepções interferem no processo de aprendizagem. A partir dessa proposta, a educação científica teve como objetivo fazer com que os alunos mudassem suas concepções alternativas a fim de se tornarem coerentes com o conhecimento científico.

Ainda na década de 1970, com os agravos causados ao meio ambiente, o ensino de Ciências passou a preocupar-se com uma educação que levasse em conta os aspectos sociais relativos ao desenvolvimento científico e tecnológico. Essa abordagem iniciou-se na Grã-Bretanha e desenvolveu-se até a década de 1980, por meio de debates de ideias, atingindo práticas pedagógicas, que envolviam textos, currículo e processos de avaliação (GOUVEIA; LEAL, 2001).

Nessa perspectiva, o *inquiry* era utilizado como orientação para ajudar os estudantes a pesquisarem problemas sociais como aquecimento global, poluição, dentre outros. A investigação e a resolução de problemas teriam um importante papel nessa abordagem disciplinar. Sendo assim, o objetivo da educação científica era o entendimento dos conteúdos, valores culturais, tomada de decisões relativas ao cotidiano e resolução de problemas.

No final dos anos de 1980 foi elaborado nos Estados Unidos um documento intitulado *Science For All Americans*. Nesse documento, os autores recomendavam que o ensino de Ciências deveria ser coerente com a natureza da investigação científica. Os estudantes, então, deveriam aprender determinados procedimentos, como observar, anotar, manipular, descrever, fazer perguntas e tentar encontrar respostas para as perguntas. Posteriormente, em 1996 houve a publicação de outro documento intitulado *National Science Education Standards*, em que são propostas algumas orientações para a Alfabetização Científica, reconhecendo também a importância do ensino por investigação (BARROW, 2006).

Conforme afirma Santos (2007), o processo de inovação curricular em Ciências, no Brasil, ocorreu em 1950 e continuou na década seguinte com a tradução dos projetos americanos a partir dos quais foram elaborados materiais para os educadores brasileiros. Na área biológica destacou-se como material didático o Biological Curriculum Study (BSCS). Este material foi traduzido para versões em português. Para Marandino, Selles e Ferreira (2009), esta metodologia esteve no centro das ações curriculares divulgada pelo Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBEC).

Marandino, Selles e Ferreira (2009), salientam que os centros de ciências, aqui no Brasil, além de adaptarem os materiais americanos, produziram também Kits para os professores utilizarem nas aulas de laboratório.

Cada kit era organizado em torno de um cientista e apresentava tanto informações sobre a área de estudo deste quanto orientações para a realização de experimentos com base no material que integrava o conjunto. O primeiro deles, “Newton”, vendeu 200 mil exemplares (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009, p. 57).

Após esse período de divulgação dos projetos americanos no Brasil, na década de 1960 e 1970, encontramos nova menção à utilização de atividades de investigação somente em 1997 nos Parâmetros Curriculares Nacionais para séries iniciais, para 5ª a 8ª séries e na versão intitulada PCN +.

O documento relativo às Ciências Naturais para Séries Iniciais, menciona que o ensino de Ciências Naturais deve ser organizado para que o aluno desenvolva as seguintes capacidades:

- Observar, registrar e comunicar dados algumas semelhanças e diferenças entre diversos ambientes [...];
- Formular perguntas e suposições sobre o assunto em estudo;
- Organizar e registrar informações por meio de desenhos, quadros, esquemas, listas e pequenos textos sob a orientação do professor;
- Comunicar de modo oral, escrito ou por meio de desenhos, perguntas, suposições, dados e conclusões [...] (BRASIL, 1997b, p. 63-64).

As habilidades de observação, registro de dados, comunicação dos resultados, conclusão são características pertinentes às atividades investigativas. Neste documento encontramos o desenvolvimento dessas habilidades como objetivos para o ensino de ciências ainda no primeiro ciclo.

No documento para 5ª a 8ª Série identificamos os seguintes objetivos para o ensino de ciências no que se refere à utilização de atividades investigativas:

- Elaborar, individualmente ou em grupo, relatos orais e outras formas de registro acerca do tema em estudo, considerando informações obtidas por meio de observações, experimentação, textos ou outras fontes;
- Elaborar perguntas e hipóteses, selecionando e organizando dados e ideias para resolver problemas (BRASIL, 1998, p. 61).

Na versão do PCN+ (2002), também há menção às atividades investigativas no ensino, na página 32 do documento, na qual estão propostos alguns objetivos para a aprendizagem relativos ao Ensino Médio.

- Identificar em dada situação problemas as informações ou variáveis relevantes possíveis estratégias para resolvê-las.
- Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações, identificar regularidades invariantes e transformações (BRASIL, 2002, p. 32)

Com a proposta destes objetivos, é possível perceber o incentivo proposto no documento, para a realização de atividades com base na investigação, com o intuito de o aluno desenvolver determinadas habilidades como observação, registro, identificação de regularidades e a capacidade de resolver problemas.

Apesar de a utilização de atividades investigativas fazer parte de alguns documentos de ensino de âmbito federal, o ensino de Ciências por investigação no Brasil ainda não está bem estabelecido, como afirma Sá (2009). Há muitos trabalhos relevantes para a educação científica de autores como Zanom (2005), Carvalho (2006), Oliveira e Carvalho (2006), Sá (2009), Trópia (2009). No entanto, Borges (2002) ressalta alguns problemas para o desenvolvimento dessas atividades. Alguns desses problemas levantados pelo autor são a dificuldade dos professores em utilizarem, tanto as práticas de laboratório, como as atividades de investigação com os alunos, por se sentirem inseguros em fazer experimentos; a dificuldade em gerenciarem a turma, como também em utilizarem materiais de laboratório.

Concordamos com Borges (2002) quanto às dificuldades apontadas pelos professores quando afirma que o trabalho com atividades investigativas exige um bom domínio de conteúdo por parte do professor, e também a capacidade de planejar e redireciona-las mediante a obtenção de resultados inesperados.

1.3 DIFERENTES ABORDAGENS DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Conforme já citamos, existem várias denominações para utilização de atividades investigativas no ensino como *inquiry*, aprendizagem por descoberta, resolução de problemas, projetos de aprendizagem, ensino por investigação. Em nosso estudo, utilizaremos o termo atividades investigativas, para nos reportarmos a essa modalidade de ensino. Além das diferentes conceituações, existem também várias abordagens para o ensino com atividades de investigação. Elas não são realizadas, atualmente, por meio de etapas, levando os alunos a desenvolvê-las de modo algorítmico, como em um suposto método científico. O ensino por investigação não tem mais, como na década de 1960, o objetivo de formar cientistas. Atualmente,

a investigação é utilizada no ensino com outras finalidades, como o desenvolvimento de habilidades cognitivas, realização de procedimentos como elaboração de hipóteses, anotação e análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação.

Agora passaremos a apresentar algumas das diferentes abordagens desta metodologia de ensino, na visão de diferentes autores. Em todas elas, as atividades investigativas devem partir de problemas. No quadro 1, estão resumidas algumas propostas de acordo com Rodriguez e León (1995).

Quadro 1 - Resumo analítico de pressupostos do ensino por investigação

Momentos do processo	Del Carmen (1988)	Olvera (1992)	Zabala (1992)	Gil-Perez (1993)	Garcia (1993)
Escolha do objeto de estudo e do problema	Planejamento e clarificação do problema	Escolha do objeto de estudo	Explicitação de perguntas	Situação problemática precisar o problema	Contato inicial, formulação do problema
Expressão das ideias dos alunos. Emissão de hipóteses.	Definição, hipóteses de trabalho	Definição de hipóteses	Hipóteses, respostas intuitivas	Construção de modelos e hipóteses	Interação com as informações dos alunos
Planejamento da investigação	Planejamento da investigação e instrumentos	Planejamento da investigação	Fontes de informações, tomada de dados		Elaboração de estratégias para incorporar novas informações
Nova informação	Aplicação de instrumentos de investigação	Materiais e instrumentos	Tomada de dados	Realização de atividades	Interação da informação nova e pré-existente
Interpretação dos resultados e Conclusões	Comunicação, discussão, valoração	Comunicação da investigação, publicação de trabalhos	Seleção, classificação de dados e conclusão	Interpretação dos resultados, relação, hipóteses e corpo teórico	

Expressão e comunicação dos resultados	Comunicação Discussão, valoração	Comunicação da investigação, publicação dos trabalhos	Expressão, Comunicação	Comunicação Intercâmbio entre equipes	Elaboração da informação existente. Recapitulação
Recapitulação e síntese	Sínteses, Identificação, modelos explicativos			Sínteses, esquemas, mapas conceituais	
Aplicação a novas situações			Generalização	Possibilidade de aplicações	Aplicação, Generalização
Metacognição					Reflexão sobre o processo
Atuação no meio		Proposta de intervenção, ações			

Fonte: Rodriguez e León (1995, p. 12).

Pelo quadro, fica claro que há muitos pontos comuns na aplicação desta metodologia em vários aspectos. Os autores citados admitem que, para uma proposta investigativa, deve haver um problema para ser analisado, emissão de hipóteses pelos alunos, um planejamento para a realização do processo investigativo, visando a obtenção de novas informações, e interpretação dessas novas informações.

Com relação ao problema a ser investigado, Olvera (1992) propõe que ele seja escolhido de acordo com os interesses dos alunos. Conforme afirma Rodriguez e León (1995), ao compararem-se os diferentes autores citados no quadro, independente da formulação do problema ser feito pelo aluno ou pelo professor, é necessário que os alunos se interessem pelo problema a ser investigado.

Um aspecto relevante que pode ser observado é a necessidade de que as atividades investigativas proporcionem aos alunos o contato com as novas informações. Nas atividades investigativas, é necessária a comunicação das novas informações obtidas pelos alunos. Essa divulgação dos resultados poderá ser realizada por meio da oralidade ou da escrita.

Em outra abordagem, Gil-Perez e Valdes Castro (1996) ressaltam que as

atividades de investigação devem apresentar as seguintes características: apresentar aos alunos situações problemáticas abertas em um nível de dificuldade adequado à zona de desenvolvimento potencial dos educandos; favorecer a reflexão dos alunos sobre a relevância das situações- problema apresentadas; possibilitar a emissão de hipótese como procedimento indispensável à investigação científica; proporcionar a elaboração de um planejamento da atividade experimental; contemplar as implicações CTS do estudo realizado; proporcionar momentos para comunicação do debate das atividades desenvolvidas; potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico.

Outros autores, como Rodriguez e León (1995), vão além da apresentação de características e propõem algumas etapas para as atividades investigativas, entre elas estão: a elaboração do problema pelos alunos; elaboração de hipóteses; planejamento da investigação; contato com novas fontes de informação incluindo-se experimentos; leituras de materiais informativos; visitas; interpretação e conclusão dos resultados. Após essas etapas, o aluno deverá expressar seus resultados ao grupo e aplicar o conhecimento a novas situações.

De acordo com Watson (2004), as atividades investigativas precisam levar ao conhecimento dos processos da ciência. O autor enfatiza que os alunos devem perceber evidências e que este conceito precisa ser desenvolvido com os educandos, pois os procedimentos científicos são baseados em evidências. O mesmo autor afirma que, nas atividades investigativas, os alunos podem, a partir da situação-problema, desenvolver planejamento de resolução, reunir evidências, elaborar inferências. Além disso, durante as atividades, é possível aos alunos desenvolverem a argumentação.

Para Newman et al. (2004), as atividades de investigação devem envolver o uso de evidência, lógica e imaginação na elaboração de explicações sobre o mundo natural. A investigação ajuda os alunos a alcançar o entendimento da ciência e o raciocínio científico. De acordo com o autor, quando estão engajados na investigação, estudantes descrevem objetos e eventos, fazem perguntas, constroem explicações e expõem essas explicações para os demais alunos. Nesse sentido, Borges (2002) salienta que em uma atividade de investigação realizada em uma sala de aula, o estudante precisa ser colocado diante de uma situação na qual ele seja solicitado a fazer algo mais do que se lembrar de uma fórmula ou de uma solução já utilizada em uma situação semelhante.

É possível verificar que, o ensino por meio de atividades de investigação apresenta diferentes abordagens, de acordo com os autores estudados. Nos Estados Unidos as atividades investigativas são bastante recomendadas na Educação científica, as quais recebem a denominação de *inquiry*. Em razão dessas diferentes abordagens, foi divulgado no documento oficial de ensino americano, intitulado *National Research Council* (2000), o qual utilizaremos neste estudo por sua abreviatura (NRC), as principais características do ensino em que se desenvolvem atividades investigativas. São elas: engajamento dos estudantes na atividade, priorização de evidências, formulação de explicações para as evidências, articulação das explicações ao conhecimento científico, comunicação e justificação das explicações. As características aqui mencionadas são compatíveis com as apresentadas por alguns autores como, por exemplo, Newman et al. (2004), quanto à necessidade do engajamento nas atividades, Watson (2004) e Newman (2004), relativo à priorização de evidências, Gil-Perez e Valdes Castro (1996) quanto à formulação de explicações sobre o fenômeno em estudo, articulação das explicações dos alunos ao conhecimento científico e comunicação dessas explicações, Del Carmen (1988); Olvera (1992), Zabala (1992); Gil-Perez (1993); Garcia (1993) (*apud* RODRÍGUEZ; LEÓN, 1995), quanto à comunicação dos resultados.

Outra proposta de ensino por investigação que pode ser salientada é a de Azevedo (2006). No entender dessa autora, uma atividade de investigação, para assim ser considerada, deve levar o aluno a refletir, discutir, explicar, relatar e não apenas limitar-se a manipular objetos e observar fenômenos. Nesse sentido, a autora salienta que a aprendizagem de procedimentos e atitudes torna-se tão importante quanto a aprendizagem de conceitos ou dos conteúdos. Ela ainda enfatiza que as práticas de investigação devem contemplar alguns momentos que, segundo ela, são: proposta do problema, preferencialmente em forma de pergunta que estimule a curiosidade científica do estudante; levantamento de hipóteses. Estas devem ser emitidas pelos alunos por meio de discussões; coleta de dados; análise dos dados, utilização de gráficos, textos, para que os alunos expliquem os dados e a conclusão na qual os estudantes formulam respostas ao problema inicial, a partir dos dados obtidos e analisados.

Carvalho (2006) afirma que para favorecer a construção de conhecimento, os professores devem propor aos alunos questões interessantes e desafiadoras

para que, ao resolverem os questionamentos propostos, eles possam conhecer os enfoques próprios da cultura científica, promovendo um processo de enculturação. A autora classifica a atuação do professor e dos alunos em diferentes níveis de envolvimento com a atividade investigativa, e propõe uma graduação para estudar o que chama de grau de liberdade concedido pelos professores aos estudantes, observando-se os enfoques próprios da cultura científica. Essa graduação é apresentada no quadro abaixo.

Quadro 2 - Graus de liberdade professor (P)/aluno(A) na aula de laboratório

	GRAU I	GRAU II	GRAU III	GRAU IV	GRAU V
Problema	-	P	P	P	A/P
Hipóteses	-	P/A	P/A	P/A	A
Plano de trabalho	-	P/A	A/P	A	A
Obtenção dos dados	-	A/P	A	A	A
Conclusão	-	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Sociedade

Fonte: Carvalho (2006, p. 83).

De acordo com a autora, no grau I existe apenas a participação do professor na aula, o que não se caracteriza como um trabalho investigativo no qual os alunos têm a possibilidade de construir seus conhecimentos. A letra P indica atuação do professor, e A do aluno. A partir do grau II, é possível observar enfoques que são próprios da cultura científica. Nesse nível de liberdade, o professor propõe o problema, a elaboração de hipóteses e o plano de trabalho são realizados pelos alunos, mas com a orientação do professor. O registro dos dados é também realizado pelos alunos com a orientação do professor, e a conclusão pode ser elaborada pelo grupo de alunos, mas apresentada e discutida por toda a sala, ressaltando a necessidade de o conhecimento ser divulgado, assim como ocorre na ciência. Para a autora, este é um ponto relevante para a enculturação científica. Os níveis III e IV possibilitam mais liberdade aos alunos e o V é o que se propõe nos cursos de mestrado e doutorado, quando o aluno pode pensar em um problema e solucioná-lo (CARVALHO, 2006).

Uma visão mais recente, apontada por Duschl (2009), apresenta algumas alterações nas diferentes abordagens da utilização do laboratório didático e nas

atividades investigativas e propõe atividades que partam da educação científica para ensinar o que nós conhecemos, para uma educação científica que enfatiza o como nós conhecemos; de uma educação científica que salienta o ensino de conteúdos, para uma educação com ênfase na relação entre evidências e explicações; da demonstração de conceitos para o ensino que promove o raciocínio com e sobre os conceitos; da ênfase na observação e na experimentação para a ênfase na construção de modelos e na observação guiada por uma teoria (DUSCHL, 2009).

De acordo com o que foi exposto neste capítulo e considerando-se a visão de diferentes autores, é possível perceber maneiras distintas para que as atividades investigativas possam ser desenvolvidas com os alunos. Não há consenso entre os pesquisadores desta área sobre esta perspectiva de ensino. Isso ocorre até mesmo nos Estados Unidos, onde essa proposta é bastante incentivada. Essa mesma conclusão foi obtida por Sá (2009), em pesquisa desenvolvida sobre os discursos de professores quanto ao ensino de Ciências por Investigação. Ainda quanto às diferenças nas abordagens dessas atividades, Sherin, Edelson e Brown (2006) ressaltam que este fato tem proporcionado nomenclaturas diferentes para o que os autores denominam de tarefas estruturadas. Neste estudo, utilizamos a expressão atividades investigativas. Porém, em todos os casos, concorda-se com que essas atividades são sempre baseadas em problemas que os alunos devem resolver e que essa proposta de ensino é muito diferente da abordagem do ensino tradicional, no qual o professor tem a preocupação de desenvolver uma lista de conteúdos, muitas vezes de modo expositivo, sem proporcionar aos alunos uma reflexão mais profunda (SHERIN; EDELSON; BROWN, 2006).

Admitimos que as atividades de investigação possam promover a aprendizagem dos conteúdos conceituais, como também dos conteúdos procedimentais que envolvem a construção do conhecimento científico. Concordamos que essas atividades, tanto de laboratório ou não, são significativamente diferentes das atividades de demonstração e experimentações ilustrativas, realizadas nas aulas de Ciências, por fazerem com que os alunos, quando devidamente engajados, tenham um papel intelectual mais ativo durante as aulas.

Consideramos que se o problema é apresentado pelo professor, a vantagem é maior devido às condições do trabalho desenvolvido e ao número de alunos em

nossas salas de aula. Sendo assim, a apresentação do problema individual pelos alunos, dificultaria o desenvolvimento de tais atividades.

Apesar da polissemia associada ao termo atividades de investigação, e da falta de consenso quanto às características das referidas atividades, admitimos que algumas delas devem estar presentes nas atividades investigativas como: o engajamento dos alunos para realizar as atividades; o levantamento de hipóteses, nas quais é possível identificar os conhecimentos prévios dos alunos; a busca por informações, tanto dos experimentos, como pela bibliografia que possa ser consultada pelos alunos para ajudá-los na resolução do problema proposto na atividade; a comunicação dos estudos feitos pelos alunos para os demais colegas de sala, refletindo, assim, um momento de grande importância na comunicação do conhecimento, tal como ocorre na ciência, para que o aluno possa compreender, além do conteúdo, também a natureza do conhecimento científico que está sendo desenvolvido por meio desta metodologia de ensino.

Neste trabalho, optou-se por utilizar a abordagem do (NRC, 2000 apud BYBEE, 2006) nas atividades investigativas. Essa abordagem apresenta pontos relevantes em sua proposta que são convergentes com as ideias dos demais autores aqui apresentados. Nessa perspectiva as atividades investigativas devem proporcionar aos alunos os seguintes aspectos: engajamento dos estudantes; observação das evidências; formulação de explicações para as evidências; conexão das explicações ao conhecimento científico. Os estudantes devem, de alguma maneira, por meio da interação discursiva, produção de pequenos textos ou elaboração de desenhos, comunicar e justificar suas explicações referentes ao problema inicialmente proposto. Além disso, as atividades investigativas desenvolvidas nesta pesquisa fundamentam-se também nos graus de liberdade propostos por Carvalho (2006). Neste caso, optou-se pelo grau II, por estar mais adequado para situações de sala de aula.

Durante a realização das atividades investigativas serão proporcionadas interações discursivas, entre professora/pesquisadora e alunos, no início e no decorrer das atividades. Essa prática fundamenta-se em estudos de Oliveira e Carvalho (2006) segundo os quais os alunos enquanto discutem e argumentam sobre um determinado fenômeno estão processando cognitivamente a compreensão da atividade. A discussão entre alunos e professor é importante para clarificar, compartilhar e distribuir ideias entre o grupo.

Alguns países da América Latina como Chile, implementaram um modelo de educação em Ciências baseado na indagação (STEWART, 2008). De acordo com a autora esse modelo atribui essencial importância à participação ativa dos alunos na construção de seus conhecimentos. As características propostas pelo modelo de ciências baseada na indagação, são as seguintes: Identificar as características do tema levantado; definir os problemas; refletir sobre a possibilidade de resolução do problema; elaborar uma estratégia indagadora; elaborar previsões de resultados; realizar a experimentação; elaborar possíveis explicações, avaliar os resultados, formular novas perguntas.

Apesar de apresentar características comuns a de autores como Carvalho (2006) e aqueles citados no quadro 1, o modelo indagatório ressalta a formulação de perguntas tanto pelo professor como pelo aluno.

Um aspecto que merece ser destacado nesta discussão, que envolve atividades investigativas, é a caracterização do problema, bem como os tipos de problemas, suas diferenças com os exercícios. Tal assunto será discutido na próxima seção.

1.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A NATUREZA DO PROBLEMA NAS ATIVIDADES DE INVESTIGAÇÃO

Na seção anterior, salientamos a falta de consenso quanto a uma definição no que se refere à proposta de uma metodologia para a utilização de atividades investigativas no ensino de Ciências, bem como os diferentes termos associados à tal metodologia: ensino por investigação, *inquiry*, projetos de ensino, dentre outros que já foram apresentados neste estudo. No entanto, há um consenso entre os pesquisadores dessa linha de estudo, de que as atividades investigativas, devem partir da apresentação de um problema, que pode ser elaborado pelo aluno, ou pelo professor. Agora passaremos a refletir sobre o que seja problema, na visão de diferentes autores, e também caracterizá-lo e classificá-lo, diferenciando-o de exercício.

Segundo Lester (apud POZO, 2002), um problema é uma situação em que um indivíduo ou um grupo quer ou precisa resolver e para a qual não dispõe de um caminho rápido que o leve à solução. Neste sentido, o aluno deve reconhecer tal situação como um problema e que os mesmos não disponham de um procedimento automático para resolvê-lo. Ceberio, Guisasola e Almundi (2008) afirmam que uma

situação só pode ser concebida como um problema quando é desconhecida e quando não dispomos de soluções evidentes. Perales Palacios (1993) argumenta que o problema pode ser definido genericamente como qualquer situação prevista ou espontânea que produz certo grau de incerteza e uma conduta que busca uma solução.

Gil-Perez (apud CAMPOS; NIGRO, 1999), classifica os problemas como “verdadeiros e falsos”. Os problemas verdadeiros são também denominados de problemas abertos, e os problemas falsos são os problemas fechados. Para o referido autor, os problemas falsos, apresentam uma única resposta que deve ser considerada correta. Por exemplo, quando perguntamos aos alunos que tipos de nutrientes podem ser encontrados em determinado alimento, como o feijão. É sabido que o feijão já contém aqueles nutrientes, o aluno terá apenas que indicar quais são. Por isso, o autor enfatiza que os falsos problemas são extremamente objetivos e existe uma única resposta que é a correta.

Os problemas verdadeiros devem proporcionar uma situação ou um conflito para o qual não se tem uma resposta imediata. De acordo com Garret (apud CAMPOS; NIGRO, 1999), entende-se por problema verdadeiro uma situação com a qual nos enfrentamos e que se situa fora daquilo que entendemos no momento, mas próximo do limite de nossas estruturas cognitivas. Aproveitando o exemplo anterior dos nutrientes encontrados no feijão, poderiam ser colocadas várias tabelas nutricionais de diferentes alimentos, até mesmo com composição semelhante à do feijão e, após análise de cada uma seria pedido ao aluno qual delas estaria possivelmente de acordo com os componentes nutricionais do feijão.

Outra classificação de problemas é proposta por Perales Palacios (1993). Para este autor, a classificação de problema pode ser estabelecida de acordo com alguns critérios como:

- Campo do conhecimento implicado: problemas científicos e não científicos, que seriam os cotidianos.
- Tipo de tarefa: qualitativa e quantitativa. Os qualitativos seriam os que não precisam recorrer a determinações numéricas, os quantitativos exigem cálculos numéricos a partir dos dados apresentados no enunciado.
- Natureza do enunciado e características do processo de resolução. São

considerados como problemas abertos e problemas fechados. Os problemas fechados são aquelas tarefas que contêm toda informação precisa e são resolvidas empregando-se algorítmicos. Os problemas abertos implicam na existência de uma ou várias etapas para a resolução e que devem ser realizada com base em um pensamento produtivo (PERALES PALACIOS, 1993).

Quanto aos problemas qualitativos, que também podem ser denominados problemas conceituais, requerem a utilização de estratégias claramente diferentes para resolução do que as empregadas para resolver problemas matemáticos (POZO, 1998). O autor salienta que ao invés de tomar como referência um teorema, o aluno deve recorrer a um raciocínio hipotético-dedutivo que lhe permita formular e comprovar hipóteses explicativas. Neste caso específico, o autor se refere aos problemas relacionados às Ciências Naturais e defende que os alunos deveriam utilizar essas habilidades para compreender alguns aspectos básicos do conhecimento científico. Os problemas qualitativos são importantes para que os alunos relacionem conceitos científicos, tenham consciência de suas ideias e as discutam com os colegas.

Complementando a classificação de Perales Palacios (1993), encontramos em Pozo (1998), outra categoria para os problemas em que o autor denomina de pequenas pesquisas. O autor considera como pequenas pesquisas aquelas situações em que o aluno deve obter resposta a um problema por meio da realização de experimentos para os quais deverá emitir hipóteses, elaborar um trabalho experimental e refletir sobre os resultados obtidos. O autor salienta que esses problemas proporcionam ao aluno, além da aprendizagem conceitual e habilidades, questionamento e reflexão dos resultados obtidos.

Um aspecto relevante que deve ser enfatizado para a caracterização de problema é a diferença que este apresenta com os exercícios. De acordo com Pozo (1998), diferenciar exercício de problemas não é uma tarefa tão simples. Para ele não se trata exatamente de uma dicotomia, mas de um contínuo que iria de tarefas mais reprodutivas, nas quais os alunos devem exercitar uma técnica, para aquelas mais abertas, em que o estudante enfrenta uma pergunta para a qual não conhece uma resposta pronta.

No entanto, para resolver problemas, muitas vezes, é necessário o emprego de algumas habilidades. Ainda de acordo com Pozo (2002), uma maneira de diferenciar problemas de exercícios, seria a situação de que para resolver um exercício dispõe-se de mecanismos que levam à solução imediata. No entanto, uma determinada situação pode ser entendida como um problema para alguns e como um exercício para outras pessoas. O mesmo autor exemplifica, utilizando a situação de um pneu de carro que precisa ser trocado. Trocar o pneu pode representar um exercício para algumas pessoas, e um problema para outras.

Outro aspecto a ser ressaltado, e que ocorre em sala de aula, é quanto à motivação dos alunos frente aos problemas que são a eles apresentados. Muitas vezes, o professor apresenta determinadas situações como problemas, mas a mesmas não constitui um problema para os alunos. Esse fato é explicado por Pozo (2002), baseado em dois motivos. O primeiro seria devido à falta de interesse dos alunos, pois para entendê-los como problemas é preciso que os alunos estejam motivados para tal. Outro aspecto ressaltado pelo autor é a falta de conhecimentos prévios dos estudantes para perceber a situação apresentada como um problema relevante para eles. Por isso, há a necessidade, segundo Vygotsky (apud POZO 2002), de que os problemas sejam planejados na zona de desenvolvimento proximal, considerando os conhecimentos prévios dos alunos, para os quais os alunos poderão ter condições e esforçarem-se para resolvê-los.

A resolução de problema pode ser realizada por meio de uma atividade investigativa. Neste aspecto, Gil-Perez, Martinez Torregosa e Senent Perez (1988) apresentam uma proposta de resolução de problema como investigação. Os autores propõem o seguinte modelo para ser desenvolvido com os alunos na resolução do problema.

- Começar com um estudo qualitativo da situação, junto aos alunos, salientando as condições relevantes, para definir precisamente o problema;
- Emitir hipóteses. O autor chama atenção para o fato de que a emissão de hipóteses é o modo mais eficaz dos alunos manifestarem suas ideias intuitivas sobre a situação relativa ao problema apresentado;
- Propor possíveis estratégias de resolução, por favorecer a criatividade;

- Realizar a resolução verbalizando ao máximo, fundamentando o que se faz, evitando que os alunos desenvolvam atitudes carentes de significados;
- Analisar os resultados obtidos, à luz das hipóteses emitidas.

As condições acima se relacionam com as demais que foram apresentadas na seção anterior quanto às características relativas às atividades investigativas. As pequenas pesquisas propostas por Pozo (1998) também apresentam características das atividades investigativas. Neste sentido, admitimos que o processo de investigação aplicado ao ensino de Ciências, é uma maneira para se resolver os problemas, uma vez que as próprias atividades investigativas devem partir de um problema.

Outro aspecto relevante, no que diz respeito às atividades investigativas, envolve principalmente o conhecimento biológico. A literatura apresenta carência de trabalhos nesta área de conhecimento, sendo mais frequentemente encontradas atividades investigativas, ou ainda, resolução de problemas na área da física. No entanto, na área biológica, nem sempre é possível abordar os problemas e resolvê-los com base nas atividades de conhecimento físico, assim como o teste de hipóteses, com um resultado imediato para os alunos, como ocorre na física. Outro aspecto, é que nem todos os problemas podem ser resolvidos de modo experimental, considerando-se o nível de ensino em que os alunos se encontram. Portanto, a proposição de situações problema e sua resolução por meio de atividades investigativas, apresentam algumas especificidades quando nos referimos à área de estudo envolvida.

1.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A UTILIZAÇÃO DAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS EM NOSSA PESQUISA

Após ampla análise quanto às características das atividades investigativas, optamos por utilizar a abordagem do *National Research Council* (2000), por reunirem uma síntese das demais propostas, conforme Bybee (2006).

O *National Research Council* é um documento americano que foi primeiramente organizado em 1816 em associação com a *National Academy of Sciences*, *National Academy of Engineering* e o *Institute of Medicine*. Em nosso

estudo, o documento que serviu de base como características para as atividades investigativas foi *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning* na versão de 2000. A proposta deste documento apresenta pontos relevantes que são convergentes com as ideias dos demais autores aqui apresentados. Nesta perspectiva as atividades investigativas devem proporcionar aos alunos os seguintes aspectos: engajamento dos estudantes; observação das evidências; formulação de explicações para as evidências; conexão das explicações ao conhecimento científico. Os estudantes devem, de alguma maneira, por meio da interação discursiva, produzir pequenos textos ou elaborar desenhos, comunicar e justificar suas explicações referentes ao problema inicialmente proposto. A mediação com multimodos de representação ocorre principalmente quando os alunos conectam suas explicações ao conhecimento científico, pelo acesso às representações como textos e figuras, e também ao comunicarem suas explicações ao produzirem textos e desenhos.

Em nosso estudo associamos a abordagem do NRC (2000) aos graus de liberdade propostos por Carvalho (2006), em que a autora ressalta etapas da atividade investigativa: problema, hipótese, plano de trabalho, que consideramos como desenvolvimento do experimento, obtenção dos dados e conclusão. Neste caso, optamos pela utilização do grau II. Essa opção ocorreu pelo fato de o professor ter participação mais efetiva no decorrer da investigação quanto à orientação dos alunos, considerando que para estes estudantes, foi a primeira vez que desenvolveram atividades investigativas. No grau II, o professor propõe o problema.

Durante a realização das atividades investigativas serão proporcionadas interações discursivas, no início e no decorrer das atividades. Esta prática fundamenta-se em estudos de Oliveira e Carvalho (2006), segundo os quais os alunos enquanto discutem e argumentam sobre um determinado fenômeno estão processando cognitivamente a compreensão da atividade. A discussão entre alunos e professor é importante para clarificar, compartilhar e distribuir ideias entre o grupo.

Podemos caracterizar os problemas apresentados em nosso estudo de acordo com a perspectiva de Pozo (1998), definidos como pequenas pesquisas, pelo fato de que o aluno deverá obter respostas por meio de um experimento, emitir hipóteses, acompanhar e anotar os resultados obtidos e refletir sobre eles.

A proposição de atividades investigativas tem por finalidade permitir também a atribuição de significados pelo aluno ao conteúdo desenvolvido, levando-o à aprendizagem. Por isso, no capítulo seguinte, serão tratados os aspectos relativos à aprendizagem e elaboração de significados pelos alunos.

CAPÍTULO 2

APRENDIZAGEM E PRODUÇÃO DE SIGNIFICADOS

Para iniciarmos essa reflexão acerca da aprendizagem como produção de significados, será feita uma breve abordagem de aspectos da psicologia cognitiva a qual fundamenta a ideia da aprendizagem como construção de significados que orienta esta pesquisa.

De acordo com Pozo (1998), a psicologia cognitiva surgiu no início do século XX, ocasionando um declínio da influência behaviorista na educação. Esse declínio ocorreu principalmente devido ao pensamento de filósofos da época, como Karl Popper, que segundo Eysenck e Keane (1994), atacou a visão da objetividade da observação científica defendida pelos positivistas a qual dava sustentação à perspectiva behaviorista. Popper salientou que a observação nunca é neutra, mas sempre impregnada de hipóteses e teorias. Ao observarmos algo, aplicamos nossos conhecimentos prévios sobre o objeto observado. O paradigma behaviorista, que entendia a aprendizagem como estímulos e respostas na influência do comportamento humano, perdeu força por não explicar o que se passava entre o estímulo e a resposta, sendo substituído pela psicologia cognitiva.

A psicologia cognitiva baseia-se nos processos mentais e se ocupa da produção de significados, da compreensão, transformação, armazenamento e uso das informações envolvidas na cognição (MOREIRA, 1999). Um fator importante, que proporcionou o surgimento da psicologia cognitiva, foram os computadores. Os psicólogos cognitivistas acreditavam haver analogias entre o funcionamento dos computadores e a mente humana, surgindo assim a ideia da aprendizagem humana como um processamento de informações, tal como ocorre em etapas de um computador.

Atualmente, a psicologia cognitiva, conforme Pozo (1998) é dividida em duas linhas: o processamento de informações de natureza mecanicista e associacionista, considerada como uma continuidade do Behaviorismo. O termo mecanicista refere-se ao processo mecânico que envolve o estímulo e a resposta. Na concepção mecanicista a metáfora básica é a máquina. Nessa concepção, o modelo de homem é passivo. Essa visão reflete nas concepções de ensino e aprendizagem, considerando o sujeito do conhecimento como passivo diante do mundo.

A outra linha referida pelo autor é de origem europeia de caráter organicista e estruturalista, que contraria a aprendizagem associacionista. Esta última é sustentada por autores como Piaget, Vygotsky e Ausubel. Nesta perspectiva, surge o que se chama em aprendizagem de teoria da reestruturação. Nessa perspectiva, “o sujeito possui uma organização interna, interpreta a realidade, projetando sobre ela os significados que vai construindo.” (POZO, 2002, p. 55). O quadro abaixo apresenta uma síntese dessas duas visões.

Quadro 3 - Diferenças entre mecanicismo e organicismo

	Mecanicismo/ associacionismo	Organicismo/ estruturalismo
Epistemologia	Realismo Empirismo	Construtivismo Racionalismo
Enfoque	Elementarismo	Holismo
Sujeito	Reprodutivista Estático	Produtivo Dinâmico
Origem da mudança	Externa	Interna
Natureza da mudança	Quantitativa	Qualitativa
Aprendizagem	Associação	Reestruturação

Fonte: Pozo (2002, p. 55).

O modelo organicista determina uma nova vertente na epistemologia, enfatizando uma concepção de homem como organismo ativo, ao contrário do organismo reativo e passivo do modelo mecanicista.

De acordo com a visão organicista, o conhecimento não é simplesmente reproduzido, o sujeito modifica a realidade ao conhecê-la. No associacionismo, cuja base filosófica é o empirismo, a realidade é estática. O sujeito não a modifica nos processos de aprendizagem, apenas a reproduz.

Para a psicologia cognitiva, a aprendizagem envolve a produção de significados. O aluno aprende um conteúdo, um conceito, um determinado procedimento, um valor a respeitar, quando consegue atribuir-lhe significados. Quando o aluno aprende de modo puramente memorístico, ele não atribui significado ao conteúdo. Neste caso, é possível que o estudante utilize o conhecimento, sem entender o que está fazendo (COLL, 2002). O mesmo autor

salienta que é comum nos episódios de ensino e aprendizagem, o aluno atribuir ao conteúdo um significado, muito diferente daquilo que o professor ensinou. Isso quer dizer que os significados produzidos não são, muitas vezes, coerentes com o conhecimento científico. Para esse autor, o ensino deve agir para que os alunos aprofundem e ampliem os significados que constroem nas situações de ensino e aprendizagem.

2.1 A AQUISIÇÃO DE SIGNIFICADOS NA VISÃO DE DIFERENTES AUTORES

A aquisição de significados pode ser explicada na visão de três autores que representam a psicologia cognitiva organicista: Piaget, Vygotsky e Ausubel.

De acordo com Piaget (1976), para compreendermos a realidade produzimos esquemas de assimilação. Quando os esquemas de assimilação não conseguem assimilar determinada situação, pode ocorrer a desistência por parte do sujeito, ou ainda a modificação. No caso da modificação, existe uma reestruturação da estrutura cognitiva e, por isso, novos sistemas de assimilação são formados. A produção de significados na visão desse pensador ocorre quando o conteúdo de aprendizagem é integrado aos esquemas já produzidos pelo indivíduo. Neste caso, os esquemas anteriores modificam-se, devido ao estabelecimento de novas interações ocorridas. Coll (2002), ao explicar a produção de significados na óptica piagetiana, salienta que o indivíduo vivencia, a todo instante, eventos que ocorrem no seu dia a dia, porém muitas dessas situações carecem de significação, até que sejam integradas nos esquemas de conhecimento para produzir significação. De acordo com a teoria piagetiana, os indivíduos constroem os significados de maneira autônoma.

Na perspectiva de Vygotsky, o significado provém do meio social. Sendo assim, os significados são produzidos socialmente e provém do compartilhamento entre as pessoas, portanto, do meio externo. No entanto, esses significados são interiorizados de modo particular pelos indivíduos (POZO, 2002).

A produção dos significados é mediada por signos e instrumentos. Instrumento, para Vygotsky, é algo que serve para fazer alguma coisa. É um elemento interposto entre o trabalhador e o objeto de seu trabalho. “É feito para um certo objetivo e carrega consigo a função para o qual foi criado e o modo de utilização desenvolvido durante a história do trabalho coletivo. É um objeto social e

mediador entre o indivíduo e o mundo.” (OLIVEIRA, 1993).

Para Vygotsky (apud MOREIRA, 1999), o signo é algo que significa alguma coisa. O signo age como instrumento da atividade psicológica, como os instrumentos no trabalho. Os instrumentos são elementos externos aos indivíduos, os signos são orientados para dentro do indivíduo. São ferramentas que auxiliam nas funções psicológicas e não nas ações concretas (OLIVEIRA, 1993). Neste caso, os signos são diferenciados em indicadores, icônicos e simbólicos.

Os indicadores são signos que apresentam uma relação de causa e efeito, como por exemplo, o relâmpago pode indicar ocorrência de chuvas. Os signos icônicos são aqueles que se referem a imagens ou desenhos daquilo que significam. Os simbólicos são signos que têm uma relação abstrata com o que significam. Neste caso, um exemplo seriam as palavras, a linguagem escrita, os números na matemática (MOREIRA, 1999).

Os significados das palavras e dos signos são produzidos por acordos sociais. No processo de internalização desses signos, o ser humano tem que captar esses significados já compartilhados socialmente. Sendo assim, ocorre reconstrução pelo indivíduo, pois no processo de negociação desses significados, há a apropriação dos mesmos, devido à interação social.

Para Moreira (1999), em uma situação de ensino, o professor já internalizou os significados dos conteúdos propostos no currículo. O professor apresenta aos alunos os significados relativos ao conteúdo da disciplina de Ciências, por exemplo. O aluno, em determinado momento, deve evidenciar para o professor, como nas avaliações, os significados que internalizou. Essa internalização dos significados, de acordo com Oliveira (1993), ocorre por meio da análise dos signos. Pelo processo de negociação desses significados, ocorre a apropriação dos mesmos, via interação social.

Nesta perspectiva, Colin, Chauvet e Viennot (2002) argumentam que a comunicação, por meio de imagens, textos, não é simplesmente recebida, mas é refeita, reconstruída, transformada pelo receptor. Para os autores, em um fenômeno comunicativo, e aqui podemos considerar também os educativos, a comunicação é entendida como mentes atuando sobre outras mentes em que os novos significados são relacionados aos anteriores. Assim, nos eventos educativos, o professor procura levar os alunos em direção a novos conhecimentos.

Na visão de Ausubel, Novak e Hanesian (1980), o significado é um referente

que significa algo para alguém. “Quando um determinado referente significa algo para um determinado aluno ele é convencionalmente denominado significado” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 44). Para os autores, o significado propriamente dito é um produto do processo de aprendizagem significativa. O significado refere-se, portanto, ao conteúdo cognitivo que evoca no aluno um dado símbolo ou grupo de símbolos específicos. Sendo assim, a significação é o elemento central no processo de ensino e aprendizagem.

A aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação relaciona-se com algum aspecto relevante da estrutura de conhecimento da pessoa; portanto, a nova informação interage com outra, já existente na estrutura cognitiva, que Ausubel denomina de subsunçor. Nos eventos de ensino e aprendizagem, os significados iniciais são estabelecidos por signos ou símbolos gradualmente e de modo particular, pois a atribuição de significados aos materiais de aprendizagem vai depender da estrutura do subsunçor de cada indivíduo.

Neste aspecto encontra-se uma concordância entre as ideias de Vygotsky e Ausubel, pois para Vygotsky a conversão de relações sociais em processos mentais superiores é mediada por instrumentos e signos. Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980), os materiais de aprendizagem significativa são exemplos de signos.

Na perspectiva da teoria da Aprendizagem Significativa, as novas aprendizagens darão origem a significados adicionais aos símbolos e permitem a obtenção de novas relações entre conceitos já anteriormente adquiridos. O conhecimento prévio é acionado para dar significados aos novos conhecimentos. Ausubel utiliza como exemplo os significantes cachorro e vermelho. À medida que esses conceitos se diferenciam, são desenvolvidas novas relações para os conceitos de animal e cor, ocorrendo uma evolução da aprendizagem significativa.

Para Ausubel (1980), a produção de significados passa por dois processos: percepção e cognição. Na percepção há um reconhecimento imediato do conteúdo, antes da intervenção de processos cognitivos complexos, como ocorre na aprendizagem por recepção. Na cognição, há processos como o relacionamento do material novo com aspectos pertinentes da estrutura cognitiva. O novo significado pode reconciliar-se com o conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva e produzir relações em termos mais familiares para o indivíduo. O autor exemplifica do seguinte modo:

[...] para entender uma oração ocorre um processo de duas etapas em que há sucessivamente percepção e cognição. Na primeira etapa está a percepção do material potencialmente significativo e na segunda a relação dos significados potenciais percebidos com as proposições pertinentes a estrutura cognitiva. Na primeira etapa o aluno percebe o que é a mensagem. Na segunda, adquire seu significado. Assim a percepção precede a cognição na aprendizagem significativa de proposições novas (AUSUBEL, 1980, p. 77).

O autor ainda diferencia a natureza do significado de dois modos: significado lógico e significado psicológico. O significado lógico depende da natureza do material de aprendizagem. É o significado inerente a certas classes de material simbólico. “O material é potencialmente significativo quando pode relacionar-se de maneira não arbitrária e sim substantiva a correspondentes ideias pertinentes a capacidade de aprendizagem humana” (AUSUBEL, NOVAK; HANESIAN, 1978, p. 63). Ele afirma que o significado lógico pode conter proposições que não sejam válidas empiricamente. Em síntese, isso quer dizer que o significado lógico não é sinônimo de material coerente com o conhecimento científico, pois os materiais podem conter informações que não estejam de acordo com a ciência.

Com base no significado lógico, o aluno produz o significado psicológico que é produzido por ele no processo de aprendizagem. É uma experiência cognitiva totalmente idiossincrática. No entanto, de acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), sua natureza psicológica não exclui a possibilidade da existência de significados sociais ou compartilhados por outros indivíduos. O autor salienta que os significados que os integrantes de uma determinada cultura atribuem aos conceitos e proposições, são semelhantes e por isso possibilitam a comunicação na sociedade.

Entre Ausubel e Vygotsky, há algumas aproximações em relação à aquisição de significados. Ambos ressaltam a importância da linguagem na aquisição. Na ótica Vygotskiana, a internalização de significados depende da interação social. Na visão de Ausubel, a linguagem tem um importante papel na aprendizagem representacional e de conceitos. Para a aprendizagem de representações, é necessária a participação da linguagem verbal, a qual é proporcionada pela interação com as pessoas. Sem a linguagem, o desenvolvimento e a transmissão de significados compartilhados seria praticamente impossível (MOREIRA, 2003). Para Ausubel, os significados emergem como resultado de uma situação de ensino e aprendizagem. Os materiais de aprendizagem podem ter significado potencial. No

entanto, deve haver também um processo interativo. Essa interação ocorre entre novos conhecimentos e aqueles especificamente relevantes que já existem na estrutura cognitiva com certo grau de clareza e estabilidade. Para essa interação a linguagem tem papel fundamental (MOREIRA, 2003). Este pensamento é compatível com Vygostky (2000), em que é devido à linguagem e à aprendizagem dos símbolos que as formas complexas de funcionamento cognitivo se tornam possíveis.

Outro aspecto a ser salientado entre o pensamento de ambos é que a atribuição de significados às novas informações e a emergência de novos significados pela reconciliação integradora com significados já existentes, de acordo com a teoria da Aprendizagem Significativa, requerem um processo de intercâmbio na visão de Vygotsky, por considerar os aspectos sociais.

Outro importante pesquisador estudioso da área de estrutura do conhecimento é D. Bob Gowin. Este autor salienta a importância da interação entre professor, aluno e materiais de aprendizagem. Ele propõe uma relação em tríade para as situações de ensino e aprendizagem. Essa relação é estabelecida entre professor, materiais educativos e alunos. Desse modo, é possível estabelecer também relações entre as ideias de Ausubel, Vygotsky e Gowin quanto ao processo de significação.

Um passo importante para a aquisição dos significados é a conceitualização. Conforme Pozo (2002), os conceitos são as unidades dos significados. Na próxima seção, faremos uma breve explanação a respeito da formação de conceitos na perspectiva de Vygotsky e Ausubel, em cujas teorias encontramos algumas similaridades tanto na produção de significados como na aquisição de conceitos.

2.2 O DESENVOLVIMENTO DE CONCEITOS

Os conceitos consistem em abstrações de atributos essenciais que são comuns a uma determinada categoria de objetos, eventos ou fenômenos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Os atributos são unidades que servem como tijolos para a construção do conceito. Cada um dos atributos conjuntamente é necessário para identificar o conceito (EYSENCK; KEANE, 1994). Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a aquisição de conceitos ocorre de duas maneiras: formação e assimilação. A formação de conceitos apresenta algumas particularidades no período pré-escolar e primário, assim denominado pelo autor,

mas atualmente considerado respectivamente como Educação Infantil e Ensino Fundamental. Na formação dos conceitos na Educação Infantil, os atributos essenciais são adquiridos pela criança por meio da experiência direta, os quais incluem alguns estágios sucessivos como formulação de hipóteses, teste ou generalização.

Para compreender o conceito de cachorro as crianças devem ter várias experiências com esse animal, desde uma simples visualização, mas também com outros animais, como gato, vaca, dentre outros, para que tenham a oportunidade de generalizar os atributos essenciais que constituem cachorro. Ausubel, Novak e Hanesian (1980), afirmam que a maior parte dos conceitos são aprendidos no período correspondente à Educação Infantil. Para esse autor, a formação dos conceitos ocorre de modo indutivo e espontâneo. É um tipo de aprendizagem por descoberta, envolvendo alguns processos psicológicos como: análise discriminativa, abstração, diferenciação formulação, teste de hipóteses e generalização. É um tipo de aprendizagem por descoberta de modo indutivo. Nas crianças, no final das Séries Iniciais, que o autor denomina escola primária, ainda há necessidade do apoio empírico concreto para realizar a assimilação do conceito. Nas palavras de Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 81):

Quando uma criança, por meio da formulação de hipóteses, abstrai os atributos essenciais de cachorro, a partir de diversos exemplos de cachorro, diferencia-os a partir daqueles que não são essenciais, e então generaliza as propriedades essenciais para todos os membros desta classe. O conjunto de experiências que induz o indivíduo a formar um conceito pode ser idiossincrático, mas o conceito adquirido é genérico.

As crianças maiores, adolescentes e adultos, adquirem novos conceitos por meio do processo de assimilação de conceitos. Aprendem novos significados conceituais em contato com os atributos dos conceitos e relacionando estes com as ideias relevantes na estrutura cognitiva. Os conceitos podem ser aprendidos por suas definições ou encontrando-as em um contexto. Sendo assim, aprendem novos termos genéricos, estabelecendo uma equivalência representacional e novos significados conceituais emergentes na estrutura cognitiva. No entanto, quando um novo conceito ou nova palavra não é evidente em seu contexto, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) afirmam que, para que tal assimilação se efetive, o indivíduo

deverá passar pelos mesmos processos pelos quais passam as crianças na Educação Infantil, isto é, abstração, diferenciação, formulação de hipóteses, teste de hipóteses, antes do surgimento do novo significado.

Para Vygotsky (2000), um conceito é mais do que uma conexão associativa formada pela memória, é um ato real de pensamento complexo que não pode ser ensinado por meio de treinamento, podendo ser realizado apenas quando o desenvolvimento da criança já tenha atingido um nível necessário. Os conceitos são expressos pelas palavras. O significado dessas palavras evolui, e desse modo, conforme o intelecto da criança se desenvolve, o significado da palavra é substituído por outros mais elaborados. Nesse aspecto, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) afirmam que durante o processo da aquisição dos conceitos, estes se tornam menos globais e menos particulares e subjetivos, centrando-se nos atributos essenciais. Sendo assim, os significantes não possuem os mesmos significados para indivíduos de diferentes graus de maturidade cognitiva.

Para Vygotsky (2000), o desenvolvimento dos conceitos ou dos significados das palavras pressupõe o desenvolvimento de muitas funções intelectuais como: “atenção deliberada, memória lógica, abstração, capacidade para comparar e diferenciar. Esses processos psicológicos complexos não podem ser dominados apenas pela aprendizagem inicial. Em qualquer idade, um conceito expresso por uma palavra representa um ato de generalização” (VYGOTSKY, 2000). Ainda de acordo com o autor, esse processo não pode ser reduzido apenas à atenção e formação de imagens. Todas as funções são importantes e precisam ser mediadas por signos ou palavras. A resolução de problemas também possibilita novas exigências e desafios para que o raciocínio atinja graus mais elevados.

O processo que leva ao desenvolvimento dos conceitos para este autor começa nas fases mais precoces da infância, no entanto a base psicológica desse processo só amadurece na adolescência. O processo de conceitualização, segundo o autor passa por algumas etapas até culminar nos verdadeiros conceitos. Neste ponto, notamos uma similaridade entre as teorias de Ausubel e Vygotsky, pois ambos concordam que os processos mais elevados da conceitualização terminam na adolescência.

Em relação à natureza dos conceitos, Vygotsky (2000) classifica-os como conceitos diários e conceitos científicos. Os conceitos diários são aqueles aprendidos na experiência da criança, e os conceitos científicos os que são

aprendidos na escola. Os conceitos diários estão baseados em exemplos particulares e não são parte de um sistema coerente de pensamentos. Os conceitos científicos são parte de um sistema de relações e se desenvolvem com o tempo. Os conceitos diários vão do concreto ao abstrato, e os científicos do abstrato ao concreto. Apesar de desenvolverem-se em direções opostas, é preciso que um conceito espontâneo tenha alcançado certo nível de desenvolvimento para que o conceito científico correlato possa ser aprendido.

Para ser entendido o conceito científico, no caso das crianças, deve ser aplicado a exemplos concretos. O aluno precisa pensar o que isso significa em termos de sua experiência com tal fenômeno. Esse movimento é dinâmico nas situações de ensino e aprendizagem, pois ao mesmo tempo a criança precisa ajustar dentre os seus conceitos aqueles que se aprendem na escola. Por isso, o movimento vai do concreto ao abstrato e do abstrato ao concreto (HOWE, 1997). De acordo com a autora, esse movimento é constante para proporcionar que o aluno ajuste sua experiência diária aos conceitos científicos e aplique tal construção sistemática na vida diária, desse modo, produzindo os significados. Uma criança em idade escolar consegue reproduzir um significado mais complexo, de determinados conceitos com suas próprias palavras; sua liberdade intelectual tende a aumentar.

Nos conceitos científicos, a relação com o objeto é mediada por um outro conceito, sendo assim o conceito científico ocupará um lugar dentro de um sistema conceitual. De acordo com Howe (1997), quando o aluno aprende como os conceitos estão organizados em um sistema de interações, esse conhecimento o ajuda a ver outros conceitos relacionados nessa hierarquia. De acordo com a autora, isso ocorre na medida em que o aluno reflete sobre o que aprendeu na escola. Outro aspecto salientado por Vygotsky e que se relaciona à interação entre conceitos, ocorre, por exemplo, em adolescentes. De acordo com o autor, os conceitos novos e mais elevados, que aprendem na escola, transformam o significado dos conceitos inferiores. “O adolescente que dominou os conceitos algébricos vê os conceitos aritméticos sob uma perspectiva mais ampla” (VYGOTSKI, 2000, p. 143). Nesse caso, é possível uma analogia com conceitos biológicos. Por exemplo, um aluno ao entrar no Ensino Fundamental, tem um determinado significado para o conceito de respiração, entendendo-o apenas como o processo de ventilação pulmonar. Com o avançar da escolaridade irá aprender que a respiração envolve um processo de

obtenção de energia para as células, a partir de reações químicas que envolve entre outros, a glicose e o oxigênio.

Neste aspecto, também é possível notar um ponto comum nas teorias de Ausubel e Vygotsky, pois ambos concordam quanto à necessidade do apoio empírico-concreto na Educação Infantil e ainda nas Séries Iniciais como facilitadores da conceitualização.

Até o momento, foi bastante enfatizado que a aquisição de significados é um produto da aprendizagem significativa. Sendo assim, na seção seguinte serão abordados alguns tipos de aprendizagem significativa, os quais farão parte do referencial de análise desta pesquisa.

2.3 PRESSUPOSTOS DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Como já salientado anteriormente, a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação relaciona-se com algum aspecto relevante da estrutura de conhecimento da pessoa. Pressupõe a aquisição de significados claros e estáveis na estrutura de conhecimento do aluno. A nova informação interage com outra já existente em seu subsunçor. Conforme Moreira (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando conceitos, proposições, modelos, fórmulas, passam a significar algo para o aprendiz, quando ele é capaz de explicar situações com suas próprias palavras, quando é capaz de resolver problemas novos.

Ausubel, Novak e Hanesian (2000) apresentam algumas condições para que a aprendizagem significativa se efetive. A primeira condição é que o material a ser aprendido tenha condições de ser potencialmente significativo para os alunos. Se o conteúdo for pouco estruturado, não será potencialmente significativo, por isso, uma das condições apontadas por esse autor é que o conteúdo tenha uma significância lógica, a qual está relacionada com a maneira pela qual o conteúdo é apresentado ao aluno. De acordo com Santos (2008), material potencialmente significativo são instrumentos facilitadores da aprendizagem e atividades colaborativas, como jogos, estudos dirigidos e experimentos.

A segunda condição apontada por Ausubel é que o conteúdo desenvolvido possa ser relacionado de modo não arbitrário à estrutura cognitiva do aluno, isto é, que possa ser inserido nas redes de significados já construídos pelos estudantes (COLL, 2002).

Além dessas condições, existe outra fundamental para o processo de significação. Trata-se da disposição, ou atitude favorável para a aprendizagem, sem a qual não há construção de significados. Neste caso, mesmo existindo as duas condições inicialmente citadas, se o aluno tiver intenção apenas de memorizar os conteúdos, a aprendizagem será puramente mecânica.

Além das condições para a aprendizagem significativa, Ausubel, Novak e Hanesian (2000) salientam que para se verificar a ocorrência da aprendizagem significativa, é necessário que o aluno consiga transferir os conhecimentos para situações novas. A transferência é a utilização do conhecimento em outro contexto diferente daquele em que foi adquirido (MOREIRA; MASINI, 1982). Para Ausubel, Novak e Hanesian (2000), o objetivo da transferência é alcançado quando as experiências de aprendizagem anteriores dos estudantes facilitarem a aprendizagem de tarefas nas aulas subsequentes. Portanto, um aspecto a ser considerado sobre a evidência da aprendizagem significativa é quanto à aplicação de novas atividades.

Conforme Ausubel (1980, p. 156), “a organização que o indivíduo faz do conteúdo de uma determinada disciplina no próprio intelecto consiste numa estrutura hierárquica, em que as ideias mais inclusivas ocupam uma posição no vértice da estrutura e subsumem progressivamente as proposições menos inclusivas e mais diferenciadas”. Sendo assim, se a estrutura cognitiva é clara, estável e convenientemente organizada, surgem significados claros e sem ambiguidade. Portanto, alguns aspectos que interferem na transferência são a clareza, estabilidade, generalização, inclusividade e coesão que o aluno apresenta do tema estudado (AUSUBEL, 1980, p. 157). Complementando as ideias de Ausubel a respeito da transferência de aprendizagens, Bransford, Brown e Cockingir (2000), salientam que o primeiro fator que influencia a transferência é o nível de aprendizagem, isto é, sem um adequado nível inicial de aprendizagem a transferência não pode ser esperada.

Moreira (1999) ressalta que é preciso deixar claro que aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem correta. Sendo assim, o aluno pode aprender de maneira significativa mas errada. Isso quer dizer que o aluno pode dar aos conceitos significados que para ele são significativos, mas que para o professor são errôneos, porque não são compartilhados pela comunidade científica. O autor salienta que a caracterização da aprendizagem significativa é a interação entre o

novo conhecimento e o conhecimento prévio do aluno, e não o fato de que os significados sejam corretos do ponto de vista científico.

Considerando a afirmação de Moreira (1999), é possível refletir sobre a complexidade da relação ensino-aprendizagem, pelo fato de que os materiais de aprendizagem como atividades práticas, leitura de textos, imagens e ação do professor podem favorecer a significação para o aluno. No entanto, os significados produzidos são idiossincráticos, conforme Ausubel, Novak e Hanesian (2000). Porém, o que se pretende no ensino é que o aluno compartilhe e internalize os significados aceitos pela comunidade científica, num processo pessoal de reconstrução interna.

Em uma situação de ensino e aprendizagem, é possível proporcionar ao aluno diferentes tipos de aprendizagem para elaborar significados. Por isso, na seção seguinte serão abordados os três tipos de aprendizagem significativa.

2.3.1 Considerações sobre os tipos de Aprendizagem Significativa

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), existem três tipos de Aprendizagem Significativa que são representacional, conceitual e proposicional.

Aprendizagem representacional é a aprendizagem de símbolos, como as palavras e demais representações, para as quais ocorrem a atribuição de significados. Neste caso, os símbolos passam a significar algo para quem os interpreta. Esse tipo de aprendizagem significativa é considerado por Ausubel como o mais elementar, do qual dependem os demais tipos de aprendizagem. O tipo de processo cognitivo envolvido na aprendizagem representacional é básico e responsável pela aprendizagem de estruturas significativas em qualquer sistema simbólico. Esse mesmo autor salienta que os primeiros passos para a aprendizagem representacional ocorrem, em geral, no final do primeiro ano de vida. A partir de muitos contatos com proposições de equivalência representacional, que são emitidas pelas pessoas, a criança aprende que diferentes referentes têm o mesmo nome, e diferentes exemplares do mesmo referente são designados pelo mesmo nome. Essa compreensão é a base necessária para toda as aprendizagens representacionais subsequentes. Nesse caso, o autor exemplifica do seguinte modo: cachorro estabelece representações equivalentes com diferentes objetos-cachorro e com suas respectivas imagens de cachorro.

A aquisição de vocabulário é também um tipo de aprendizagem representacional. Neste caso, considerando a aprendizagem em crianças, nomear envolve o estabelecimento de equivalência representacional entre palavras e imagens concretas. Sendo assim, a aprendizagem de conceitos depende da aprendizagem representacional. Novamente Ausubel exemplifica, utilizando a palavra “cachorro”, que para crianças antes da idade escolar, significa o seu próprio cachorro ou o cachorro da vizinhança. Para crianças, na Educação Infantil, já ocorre uma generalização dos atributos essenciais do que seja cachorro. Ocorre, portanto, a formação de conceitos. Após a Educação Infantil, a equivalência representacional é estabelecida entre sinônimos e antigos conceitos. Um contexto adequado indica os atributos essenciais necessários à formação do novo conceito, que é expresso por palavras ou proposições significativas.

A aprendizagem conceitual é também um tipo de aprendizagem significativa que já foi especificado anteriormente neste capítulo. É importante ressaltar que a última etapa para a formação do conceito é estabelecer uma equivalência representacional entre o símbolo, que é o nome do conceito, e o que ele indica.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), esse é um tipo de aprendizagem representacional que ocorre depois da formação do conceito. Por isso, esses dois tipos de aprendizagem, de conceitos e de representação estão mutuamente relacionados, uma vez que a aprendizagem representacional é necessária para os demais tipos.

A aprendizagem proposicional é outro tipo de aprendizagem significativa. Proposições são relações entre conceitos. “É uma idéia composta expressa verbalmente numa sentença contendo tanto um sentido denotativo como conotativo, as funções sintáticas e relações entre palavras.” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 48). Neste caso, não é aprender o que palavras isoladas significam ou representam, nem mesmo as combinações destas palavras. Isso equivale a dizer que aprender proposição não se refere apenas à aprendizagem da soma do significado das palavras que a compõem (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Na aprendizagem proposicional, as palavras isoladas combinam-se de modo a compor um todo para expressar novas ideias. No entanto, para que se possa entender o significado da proposição, é necessário aprender primeiramente o significado dos conceitos que a formam. O produto dessa interação que forma a

proposição pode estabelecer-se na estrutura cognitiva de maneira subordinada, superordenada e combinatória.

Conforme foi aqui apresentado, aprendizagem de representações é o tipo mais básico de aprendizagem do qual irão depender os demais tipos. Portanto, a aprendizagem de representações é considerada como o primeiro tipo de aprendizagem. Numa situação de ensino e aprendizagem, identifica-se claramente a utilização de representações como palavras, imagens, gráficos, vídeos, dentre outras. Admite-se então que nas situações formais de ensino, e não apenas na vivência cotidiana, os alunos têm acesso a diferentes tipos de representações. No capítulo seguinte será discutida a importância do uso de diferentes representações nas situações de ensino e aprendizagem.

2.3.2 Formas Hierárquicas de Aprendizagem Significativa

Como já destacado anteriormente, o significado é, na Teoria da Aprendizagem Significativa, o produto emergente que surge da interação entre o material de aprendizagem e as ideias já existentes na estrutura cognitiva dos alunos. Sendo assim, os novos significados dependem de alguns fatores como afirmam Ausubel, Novak e Hanesian (2000, p. 93):

O tipo de significado, o estatuto na hierárquica das ideias interiorizadas relacionadas e de relações ideárias na área particular da matéria, a longevidade e a aquisição dos significados dependem de fatores como: 1- as relações particulares hierárquicas e substantivas entre novas ideias e as existentes (ancoradas) no processo de interação; 2- o grau de relevância particular das ideias ancoradas na estrutura cognitiva do aprendiz para com as novas ideias no material de instrução com as quais estão relacionadas; 3- o fato de o novo material de instrução estar ou não relacionado com as ideias ancoradas relativamente específicas no processo de aprendizagem significativa ou conhecimentos anteriores mais gerais e difusos na memória do aprendiz; e 4- variáveis da estrutura cognitiva tais como disponibilidade, estabilidade, longevidade, clareza das ideias ancoradas e capacidade de discriminação quer de ideias novas do material de aprendizagem, quer de ideias relevantes ancoradas na estrutura cognitiva.

Conforme salientado, para a aprendizagem ser significativa, os significados emergentes devem ter determinadas características, como clareza, estabilidade,

capacidade de ser transferido a situações de ensino não familiares ao aluno em que os estudantes possam aplicar os conhecimentos a novas situações. Essa estabilidade depende também da relevância das ideias ancoradas na estrutura de conhecimento do aprendiz, neste caso, o que o aluno já sabe sobre o assunto. A aquisição de novos significados é facilitada quando o material de ensino é potencialmente significativo e também se relaciona com os significados já estabelecidos na estrutura cognitiva dos alunos. A estrutura cognitiva também deve apresentar características para emergência de novos significados, como a estabilidade e a longevidade daqueles já estabelecidos, bem como o fato de o aluno relacionar as novas ideias dos materiais de aprendizagem com outras relevantes de sua estrutura cognitiva.

Os significados que são produtos do processo de aprendizagem significativa podem ser organizados na estrutura cognitiva nas formas subordinada, sobreordenada e combinatória.

De acordo com o mesmo autor, a aprendizagem *subordinada ou subsunção* ocorre quando informações novas ancoram-se a ideias relevantes mais gerais e inclusivas já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Nesta interação, os novos significados alteram-se, tornando-se mais diferenciados e específicos na estrutura cognitiva do aluno. Sendo assim, na subordinação ocorre o processo de *diferenciação progressiva*, no qual as ideias aprendidas recentemente vão se tornando mais diferenciadas e específicas.

A aprendizagem por subordinação de conceitos e proposições, a partir de exposições a materiais potencialmente significativos, resulta na produção, diferenciação e aperfeiçoamento dos novos significados, que serão base para aprendizagens posteriores.

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (2000), em uma situação de ensino e aprendizagem que contemple a *diferenciação progressiva*, os conceitos e proposições devem ser trabalhados em uma ordem crescente de especificidade, do mais geral para o mais específico. Esse princípio é baseado na hierarquia que ocorre na mente das pessoas, na qual as ideias mais gerais ocupam o topo da estrutura cognitiva e se relacionam com ideias progressivamente mais específicas. Pode-se considerar, por exemplo, uma ideia mais geral, inclusiva, a de que as plantas fazem fotossíntese. Subordinada a esta ideia pode estar, por exemplo, outra de que a fotossíntese é feita pelas folhas das plantas.

Outra forma de aprendizagem significativa é a *sobreordenada*. De acordo com Moreira (1997), o novo material de aprendizagem guarda uma relação de superordenação com a estrutura cognitiva quando o aluno aprende um conceito ou proposição mais abrangente que irá subordinar conceitos já existentes na estrutura cognitiva. A superordenação ocorre quando um conceito ou proposição mais geral e inclusivo é aprendido a partir de outros mais específicos. Neste caso a nova proposição pode abarcar ideias já estabelecidas. Ausubel, Novak e Hanesian (1980) citam como exemplo quando os alunos aprendem que os vegetais como, cenoura, tomate, pepino, são verduras. O autor explica também como sendo **a** um conceito menos inclusivo, mais específico que já exista na estrutura de conhecimento do aluno. No exemplo acima, podemos considerar o conceito de cenoura. Quando o aluno aprende que a cenoura é vegetal, então vegetal passa a ser um conceito mais inclusivo e geral que considera como **A** ocorrendo uma nova organização na hierarquia da estrutura cognitiva do aluno.

Com relação ao exemplo da fotossíntese, podem ser consideradas as duas proposições: plantas precisam de clorofila para fazer a fotossíntese (**a**); a clorofila é um pigmento que dá cor verde à planta (**A**). Neste caso, **A** é um conceito mais geral e pode ser aprendido a partir da proposição **a**, mais específica, na qual a clorofila é necessária para a planta fazer a fotossíntese. A aprendizagem sobreordenada ocorre com o raciocínio indutivo, isto é, quando se aprendem conhecimentos mais específicos e posteriormente se generaliza para assuntos mais gerais.

De acordo com Moreira (1995), na aprendizagem sobreordenada ou na combinatória, que será abordada em seguida, as ideias estabelecidas na estrutura cognitiva podem reorganizar-se e adquirir novos significados. Esse processo é conhecido como *reconciliação integradora*.

Quanto às atividades de ensino, a reconciliação integrativa ocorre em situações nas quais o material instrucional e a própria metodologia de ensino utilizada levam o aluno a compreender as relações estabelecidas entre os conteúdos e apontar semelhanças e diferenças entre as informações. De acordo com Moreira (1995), as situações de ensino e aprendizagem devem ser planejadas, considerando esses dois princípios: da *diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa*.

A maior elaboração de ideias ocorre geralmente na aprendizagem subordinada, por análise e diferenciação, é menos comum na aprendizagem sobreordenada, na qual ocorre generalização e síntese (AUSUBEL, 1980).

Além dessas duas formas de aprendizagem significativa, há também um terceiro tipo, denominado *aprendizagem combinatória* ou *significados combinatórios* que surge quando a relação não é com conhecimentos existentes na estrutura cognitiva, mas sim com conteúdos mais amplos. As novas informações relacionam-se com a estrutura cognitiva de um modo geral e não com conceitos específicos. Nesse caso, os novos significados ou a nova aprendizagem denomina-se *combinatória* (MOREIRA, 1995).

Um exemplo desse tipo de aprendizagem ocorre, por exemplo, quando o aluno já possui significados bem estabelecidos referentes à circulação do sangue e aprende sobre o processo respiratório. Nessa interação, há produção de novos significados em que o novo conteúdo de respiração produz significados combinatórios com significados referentes à circulação. Sendo assim, há compreensão de que esses dois processos ocorrem simultaneamente.

2.3.3 A Organização do Conhecimento em Redes Hierárquicas Semânticas

A teoria de Ausubel enfatiza que a organização do conhecimento na estrutura cognitiva se dá de maneira organizada, sendo que a partir dos significados mais gerais de um determinado conteúdo agregam-se outros que são mais específicos e diferenciados. De acordo com Stenberg (2008), há muitos modelos explicativos sobre como o conhecimento é organizado na estrutura cognitiva. Abordaremos aqui somente o modelo proposto em rede hierárquica semântica, o qual está de acordo com o referencial analítico de nosso estudo.

De acordo com Stenberg (2008), a rede semântica é como uma teia de elementos de significados. A rede é conectada por conceitos. A conexão entre os conceitos é chamada, segundo o autor, *de relações rotuladas*. A relação pode envolver, por exemplo, mamífero; porco; peludo. A rede é, portanto, um meio para organizar conceitos. As relações estabelecidas na rede possibilitam ao indivíduo conectar conceitos de forma significativa (STENBERG, 2008).

Para exemplificar uma rede semântica, esse mesmo autor toma como base o conceito de sabiá. O indivíduo constrói conhecimentos básicos sobre sabiá de acordo com a quantidade de informações que recebe. A compreensão que o indivíduo tem de sabiá depende da relação que ele estabelece entre sabiá e outros pássaros e também com outras coisas vivas. A informação de que o sabiá é um ser

vivo é a mais geral. À medida que descemos na rede, as informações tornam-se mais específicas, como, por exemplo, que o sabiá é um pássaro em parte marrom (STENBERG, 2008).

No exemplo acima, percebemos que no ponto mais alto da rede estão os conceitos mais gerais, e que abaixo destes estão os conceitos e proposições mais específicas. Comparando-se as formas de aprendizagem significativa com o modelo de redes semânticas de Stenberg (2008), verifica-se que há similaridades entre elas, pois para Ausubel, Novak e Hanesian (2000), as ideias sobreordenadas de um conteúdo são as mais gerais e vão se especificando à medida que o conhecimento avança. Ausubel, Novak e Hanesian (2000) comparam a organização hierárquica com uma pirâmide, na qual as ideias mais gerais ocupam o topo, enquanto as mais específicas descem para a base. O autor não menciona o termo conexão, mas entendemos que para que a significação se desenvolva é necessário que as ideias estabelecidas em uma rede hierárquica estejam conectadas entre si.

Em nosso estudo, utilizamos o termo conexão como relações estabelecidas entre os conceitos e proposições nas redes de significados que os alunos elaboraram a partir das atividades investigativas e dos modos de representação que foram utilizados. De acordo com Patterson e Norwood (2004), na compreensão de um conteúdo muitas conexões são feitas entre os modos de representação. A estabilidade dessas conexões entre os modos com suas representações mentais determina o nível de compreensão do aluno.

Conforme foi bastante enfatizado neste capítulo, a aprendizagem significativa depende também de fatores como características dos materiais de aprendizagem, como organização lógica e significação potencial. Essas características podem ser possibilitadas pela utilização de multimodos de representação nas atividades de ensino. O capítulo seguinte aborda a importância da utilização de representações semióticas para as situações de ensino aprendizagem.

CAPÍTULO 3

AS REPRESENTAÇÕES NAS ATIVIDADES DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Antes de iniciarmos as discussões e reflexões pertinentes a este capítulo, é necessário o esclarecimento do termo representação. De acordo com Eysenck e Keane (1994), representação é qualquer notação, signo, conjunto de símbolos que representam algum aspecto do mundo externo ou de nossa imaginação na ausência do objeto. As representações podem ser divididas em internas e externas. As representações internas são chamadas de representações mentais, as quais são próprias de cada indivíduo. As externas são chamadas de representações semióticas.

De acordo com Greca (2005), as representações internas são formadas na mente. São características, propriedades, imagens, sensações de um objeto percebido, imaginado. São consideradas como estados mentais particulares que contêm em si mesmos o objeto ao qual se referem.

De acordo com Araújo (2003), representações mentais, considerando teorias filosóficas, psicológicas e neurobiológicas da mente, entendem-se ideias, conceitos, imagens internas etc. As representações mentais são eventos, fenômenos ou ocorrências mentais.

Para a Psicologia Cognitiva a noção de representação é fundamental. Para esta ciência, qualquer aspecto do pensamento, perceber, raciocinar, imaginar, recordar, pode ser expresso por representações mentais (GRECA, 2005). Neste sentido, as representações internas, quando são externalizadas pelos alunos, possibilitam interpretar os significados produzidos pelos estudantes nas situações de ensino.

As representações mentais simbólicas podem ser do tipo analógica e proposicional. As representações analógicas são imagens. Essas imagens podem ser auditivas, olfativas, visuais, táteis. As representações proposicionais são abstratas, semelhantes à linguagem. “Não são as palavras, mas o conteúdo da ideia, como por exemplo, o livro está sobre a mesa” (EYSENCK; KEANE, 1994).

As representações externas são semióticas, as quais são utilizadas para caracterizar o mundo. São acessíveis a todos os sujeitos que aprendem o sistema semiótico utilizado. As representações externas podem ser encontradas sob várias formas diferentes, como mapas, histórias, quadros, figuras, dentre outras. Existem

duas classes de representações. Uma dessas classes são palavras, ou outros tipos de anotações escritas, a outra é das chamadas pictóricas ou diagramas. As representações lingüísticas e pictóricas apresentam algumas propriedades. As palavras, as quais são representações lingüísticas, podem ser decompostas em letras, porém estas letras devem estar organizadas de modo a expressarem significados de algo, sendo assim, estão organizadas por um conjunto de regras gramaticais (EYSENCK; KEANE, 1994). Já para as representações pictóricas, os autores citados salientam que elas não apresentam uma unidade específica que seja a menor possível, além disso, não existem regras de combinação específicas, como ocorre na lingüística.

Afirmam os autores que o uso de representações, principalmente as imagens, é estudado há mais de 2000 anos, desde Aristóteles, pois este considerava que as imagens eram um meio de pensamento. Além disso, oradores gregos usavam imagens como técnica mnemônica. O que ocorreu foi que durante o behaviorismo, as representações não eram consideradas, e com isso as pesquisas sobre representações não evoluíram.

De acordo com estudos da psicologia cognitiva, os conceitos são inicialmente representados pelos alunos de modo a formar representações mentais. Durante os dez últimos anos, o conceito de representação foi um dos mais utilizados em didática das Ciências (ASTOLFI; DEVELAY, 2002).

Após esta breve exposição acerca das representações mentais e externas, passaremos a discutir a relevância das representações para o ensino. Neste aspecto, nossa abordagem são as representações semióticas, isto é, as representações externas, ressaltando a utilização de múltiplas representações e de multimodos, campo de estudo específico que vem sendo estudado pela Educação Científica e Matemática.

3.1 MULTIMODOS E MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES

A linha de pesquisa em multimodos de representações vem atualmente sendo destacada como instrumento de instrução na educação científica. No capítulo anterior foi enfatizado que a aprendizagem significativa não pode estar condicionada ao uso exclusivo de signos ou representações particulares. “O mesmo conceito ou

proposição pode ser expresso por meio de linguagem sinônima que irá indicar o mesmo significado” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 37-38).

Ao se relacionar essa afirmação de Ausubel com as pesquisas da atualidade na educação científica, é possível afirmar que existe um crescente reconhecimento de que a aprendizagem de conceitos e métodos da ciência são realçados quando associados a diferentes formas de representações, e como consequência ao uso de diferentes linguagens da ciência (PRAIN; WALDRIP, 2006). De acordo com os autores múltiplas representações referem-se à prática de representar um mesmo conceito por meio de diferentes formas como verbal, gráficas, figuras (pictóricas) gestos (sinestésicas), experimental.

Os multimodos referem-se à integração no discurso científico desses diferentes modos de representação. Os significados dos conceitos e proposições científicas não surgem simplesmente pela adição ou justaposição das representações, mas da combinação integrada dos modos representacionais.

Conforme afirma Lemke (2003), a integração entre os diferentes modos de representação é a chave para a compreensão dos conceitos científicos. O autor comenta que os alunos precisam de três a quatro experiências com o mesmo conceito, isto é, precisam ter acesso a diferentes tipos de representação de um mesmo conceito para consolidar a aprendizagem. O mesmo autor complementa que a ação progressiva do que o professor fala, escreve, utiliza experimentos, desenhos, equações e demais modos é que promove a significação. Para Lemke (2003) a semiótica admite essas práticas como algo que aprendemos a fazer como membros de uma comunidade. Ainda referindo-se à semiótica, o autor complementa que a própria linguagem é o sistema mais abrangente de recursos semióticos, bem como as diferentes maneiras pelas quais os cientistas usam linguagens especializadas. Cada palavra é rica de significados como encontramos em muitos contextos diferentes. Essa afirmação de Lemke é compatível com os estudos de Ausubel, Novak e Hanesian (1980) sobre a aprendizagem de vocabulário em estágios iniciais do desenvolvimento humano. Para este último, as palavras tendem a representar objetos e eventos, estabelecendo-se uma correspondência com imagens concretas. Sendo assim, nomear é a forma mais primitiva para a criança adquirir significados, para isso se estabelece uma equivalência representacional entre símbolos e imagens concretas.

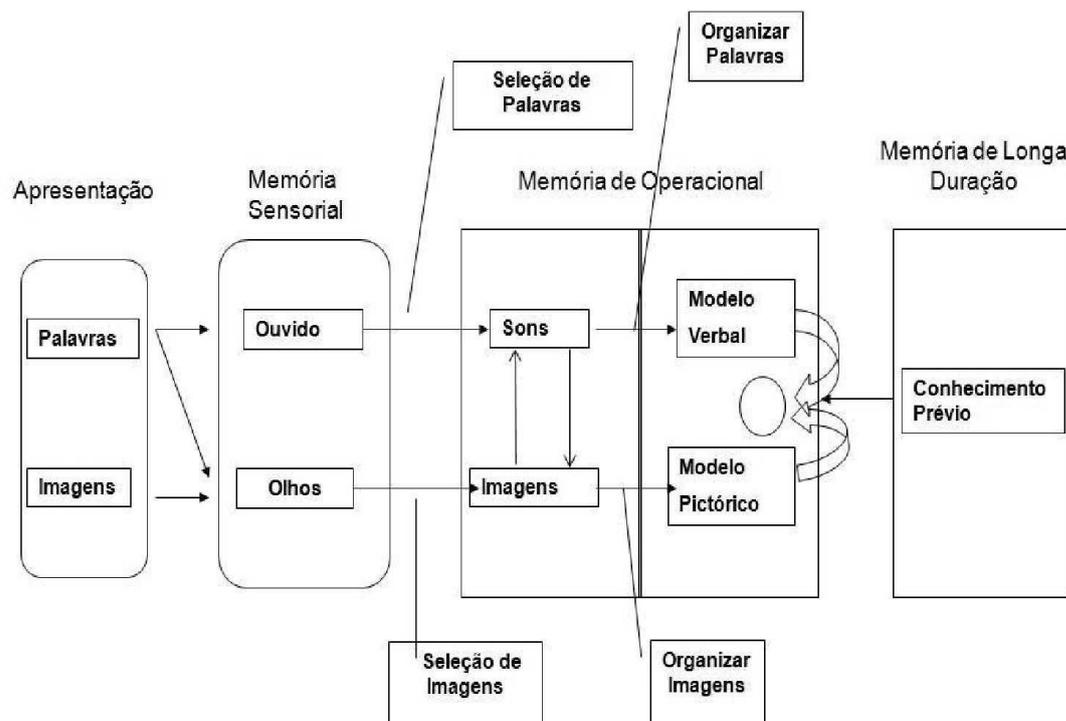
Para as crianças maiores, isto é, após a Educação Infantil, a aprendizagem do significado de novas palavras pode ocorrer por definição ou, principalmente ao relacioná-las com contextos apropriados. Para isso, precisa ocorrer uma equivalência representacional entre o significado das novas palavras entre sinônimos de palavras com significados já estabelecidos na estrutura cognitiva do aluno. Isso equivale a dizer que para aprender o significado de novas palavras, pode ser utilizado um determinado contexto em que se apresentam diferentes representações que se referem ao significado da palavra em questão. Ausubel (1980, p. 45) utiliza como exemplo a aprendizagem do significado da palavra presidente, que não precisa ser necessariamente aprendida por definição, mas considerando um determinado contexto social. Desse modo, é possível afirmar que a aprendizagem de vocabulário, isto é, do significado de palavras, é uma aprendizagem significativa do tipo representacional.

De acordo com Coutinho e Soares (2010), no ensino de conceitos científicos, o uso de imagens aliadas aos textos verbais é fundamental no ensino de Ciências, para promover a significação. Diversos estudos realizados por Mayer e Moreno (2002) e Mayer (2005) demonstraram que os alunos aprendem melhor por meio de palavras e imagens do que apenas por palavras. Os seres humanos se engajam ativamente nos processos de cognição para construir representações mentais coerentes com a experiência prévia. Por isso, esses processos envolvem atenção, organização da informação e integração destas a outras áreas do conhecimento (MAYER; MORENO, 2002). As pesquisas de Mayer (2005) são compatíveis com as ideias de Ausubel (1980) quanto ao material de aprendizagem. Segundo este último, nos processos de aprendizagem, há percepção e cognição. Inicialmente, o aluno tem a percepção do material, por exemplo, uma figura ou texto, e na segunda etapa, que o autor considera como cognição, ocorre a significação. De acordo com Mayer e Moreno (2002), para a aprendizagem de texto e imagem, o aluno emprega cinco processos cognitivos: 1) seleção de palavras relevantes para o processamento na memória operacional; 2) seleção de imagens relevantes para o processamento da memória visual; 3) organização de palavras selecionadas em um modelo verbal; 4) organização de imagens selecionadas em um modelo visual; 5) integração das representações verbais e visuais com o conhecimento prévio. O aluno, então, constrói uma imagem mental a partir de alguns detalhes da imagem ou do texto, e não uma cópia exata do material apresentado.

Ainda de acordo com Mayer e Moreno (2002), estes processos não ocorrem em uma ordem linear, mas os alunos devem coordená-los. Para Schnotz (2002), no entendimento de textos o leitor constrói uma representação proposicional ou um texto base. Na compreensão de imagens, o leitor cria uma representação da imagem ou imagem base, a partir da situação apresentada na imagem. O passo seguinte é construir conexões entre o modelo baseado na imagem e outro baseado na figura.

O esquema abaixo, retirado de Coutinho e Soares (2010), representa os cinco processos cognitivos conforme Mayer e Moreno (2002).

Figura 1 - Processos cognitivos



Fonte: Coutinho e Soares (2010, p. 142).

Conforme o que foi exposto, para os estudantes compreenderem os conceitos científicos e os vários significados de suas representações, é necessário que os mesmos desenvolvam um entendimento das diversas formas de representá-los, ao invés de ficarem dependentes de um modo particular, ligado a um tópico específico, e que as representações mentais feitas pelos estudantes a partir desses

modos relacionem-se a seus conhecimentos prévios. Lemke (apud JAIPAL, 2010) argumenta que cada modalidade individual expressa muito pouco significado. O significado global dos conceitos é possível por meio do uso simultâneo de modalidades semióticas. Para que a aprendizagem seja consolidada, as diferentes representações dos conceitos e dos processos da ciência chegam a ter sucesso quando se é capaz de transladar uma representação para outra e se consegue empregá-las coordenadamente em um discurso integrado (PRAIN; WALDRIP, 2006, p. 1844; TYTLER; PRAIN; PETERSON, 2007, p. 314).

Conforme salienta Jaipal (2010), a significação envolve também selecionar e adaptar a informação através dos modos, do conhecimento científico e cotidiano e também interesses pessoais. Neste caso, o conhecimento cotidiano e principalmente, os interesses pessoais citados pelo autor, podem estar relacionados com a ideia de engajamento necessário ao processo de aprendizagem. O engajamento, ou disposição para aprender, é um fator essencial para que ocorra a aprendizagem, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980).

Ao comparar o uso de línguas como inglês, espanhol, português, Lemke (2003) afirma que há outras linguagens também essenciais, considerando os sistemas semióticos na ciência. Essas linguagens são as representações visuais, o simbolismo matemático, as atividades experimentais, dentre outras. Para o autor, o objetivo do ensino de Ciências deve ser capacitar os alunos para utilizar todas as linguagens de modo significativo, para que os estudantes sejam capazes de integrá-las na compreensão e condução das atividades científicas.

Como afirma Lemke (2003), não há significação completa por si própria, mas ela se mantém dependente de diferentes fontes de informação em um contexto de experiências e significados. Em complemento a esta ideia o autor diz que todo aquele que realiza uma interpretação encontra um caminho diferente para o significado.

Márquez, Izquierdo e Espinet (2003) fazem uma analogia entre a sala de aula e uma orquestra, comparando os diversos modos comunicativos com os instrumentos musicais. A harmonia que se consegue quando os instrumentos são tocados, com a relação entre os multimodos para a produção dos significados.

3.2 A MULTIMODALIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Durante a aprendizagem das Ciências é facilmente constatável que os estudantes se submetem a diferentes modos de representação, quer sejam eles descritivos, experimentais e matemáticos, ou por meio de outros modos complementares e auxiliares destes, como a linguagem figurativa, por gestos corporais, entre outros possíveis.

A multimodalidade e a multiplicidade representacional levantam algumas considerações relevantes para o ensino e a aprendizagem. Cada forma representacional carrega processos cognitivos que são mais ou menos fáceis de realizar em um sistema semiótico do que em outros, às vezes sendo possível, tão somente, um único sistema (DUVAL, 2006, p. 108). Outra consideração diz respeito à composição multimodal que é responsável por carregar um elemento chave para conceituar significados das representações. Um exemplo deste último é a linguagem verbal. Esta forma é mais poderosa para expressar raciocínios, qualificar idéias ou realizar relações entre conceitos (PRAIN; WALDRIP, 2006, p. 1845; LEMKE, 2003, p. 12-13).

Uma última consideração a ser assinalada trata da sustentação da aprendizagem, possibilitada pelo engajamento multimodal e múltiplas representações. Ainsworth (apud PRIN; WALDRIP, 2006, p. 1846) fornece três motivos para isso acontecer. Primeiramente, uma nova representação retoma, complementa, confirma ou reforça conhecimentos passados, o que é muito importante, já que, como veremos, a comunicação humana é um sistema sujeito a falhas. Segundo, uma nova representação propicia restrição e refinamento do sentido de uma interpretação que está sendo construída, por limitação do foco sobre os conceitos-chaves. Por fim, diferentes representações capacitam o aprendiz a identificar um conceito subjacente, através dos modos ou das diferentes formas dentro do mesmo modo. A esses três motivos juntamos um quarto. Este leva em conta que uma nova representação pode vir a se acomodar melhor, não só cognitivamente a um indivíduo, por servir-lhe de elo apropriado para compreender um conceito, mas por igualmente se conformar subjetivamente ao seu estilo de aprender (LABURÚ; SILVA, 2011).

Sendo assim, aprender ciência envolve um desafio representacional em uma variedade de contextos. Os significados dos conceitos científicos não surgem

simplesmente da adição ou da justaposição de cada sistema de representação com outro, mas da combinação integrada e da multiplicação do significado de cada um com os outros. A significação de cada palavra enriquece-se pelo acúmulo do encontro de diferentes contextos. Toda palavra, assim como cada figura, diagrama, equação, simbolismo envolvido por detrás das ações, gestos e procedimentos etc., pertence a um contexto, e é parte de uma troca de significados entre diferentes membros de uma comunidade. Também é certo que, para cada sujeito, há um caminho particular para a construção desses significados, conforme Laború e Silva (2011). Neste aspecto, Bransford, Brown e Cockingir (2000) defendem que a transferência de aprendizagem de uma situação para outra depende da representação que o aluno elaborou ao utilizar diferentes modos representacionais.

A partir do exposto até o momento, verifica-se que há necessária importância em direção a uma pluralidade semiótica, da qual se vale a construção do conhecimento científico, seja no nível do aprendiz ou do cientista. Em relação a esse aspecto, Lemke (2003, p. 9), afirma que “não há significação completa por si própria, mas ela se mantém dependente de diferentes fontes de informação e de um domínio contextual de experiências e significados”. Consequentemente, toda comunicação faz suposições sobre o que o destinatário deverá saber, considerando que os indivíduos não interpretam um texto de maneira semelhante, visto que partem de diferentes condições iniciais de conhecimentos, experiências e habilidades (LABURÚ; SILVA, 2011).

Com base nas discussões realizadas até o momento, é possível verificar a importância da utilização de multimodalidade nas atividades de ensino para favorecer o processo de significação do estudante. Vimos que a significação pode ser estabelecida pela utilização de diferentes representações semióticas. No entanto, é necessário que as atividades de ensino sejam desafiadoras para promover melhor atividade mental dos alunos, isso pode ser conseguido pela utilização de atividades investigativas. No próximo capítulo, será realizada uma discussão sobre os aspectos que relacionam atividades investigativas, multimodos de representação e aprendizagem significativa, que é o referencial analítico desta pesquisa.

CAPÍTULO 4

RELAÇÕES ENTRE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS, APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E REPRESENTAÇÕES MULTIMODAIS

Após exposição feita em capítulos anteriores sobre os fundamentos que dão base às atividades investigativas; princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa e a importância da multimodalidade nas atividades de ensino e aprendizagem, e por considerar que nossa pesquisa tem como objetivo geral: investigar os significados produzidos e seus aspectos hierárquicos, elaborados por estudantes do ensino fundamental, durante a realização de atividades investigativas, com a utilização de multimodos de representação, tendo como foco os temas fotossíntese e respiração das plantas. Percebemos, então, a necessidade de analisar as relações que se estabelecem no processo de aprendizagem, considerando os fundamentos que dão base a esta pesquisa, isto é, atividades investigativas, aprendizagem significativa e multimodos de representação.

No primeiro capítulo, discutimos as diferentes abordagens que fundamentam as atividades investigativas na visão de diferentes autores. Após analisarmos o estudo de atividades investigativas, optamos pela perspectiva apontada pelo NRC (apud BYBEE, 2006), na qual as atividades investigativas devem proporcionar aos alunos os seguintes aspectos: engajamento no tema, observação de evidências, formulação e explicações para as evidências, conexão das explicações ao conhecimento científico, comunicação dos dados e justificativa de suas explicações para o problema inicialmente proposto, por meio da interação discursiva, pequenos textos ou desenhos.

Na visão dos autores estudados naquele capítulo, para os alunos desenvolverem atividades de investigação, assim como qualquer outra atividade de ensino e aprendizagem, há necessidade de que os mesmos estejam engajados no processo. Neste sentido, é possível perceber uma primeira aproximação entre atividades investigativas e aprendizagem significativa.

Como já apresentado, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) definem a essência da Aprendizagem Significativa como um processo no qual os novos conhecimentos possam ser relacionadas a aspectos relevantes já existentes na estrutura cognitiva dos alunos, como imagem, símbolo, conceito ou proposição, por meio de uma relação não arbitrária e substantiva.

No entanto, o mesmo autor ressalta que o aluno precisa ter uma disposição para aprender significativamente. Independente de quanto o material de aprendizagem possa ser significativo, se o estudante não tiver motivação para aprender significativamente, o processo de aprendizagem será puramente mecânico e a aprendizagem memorística. O engajamento é ressaltado por vários pesquisadores que estudam a metodologia de investigação no ensino como Olvera (1992), Rodriguez e León (1995), e o documento americano National Research Council (2000).

Do mesmo modo, Pozo (2002) salienta que compreender requer esforço e o aluno deve ter algum motivo para esforçar-se. Essa predisposição do aluno a memorizar os conteúdos está relacionada a muitos aspectos, dentre eles pode ser destacado o fato de que os estudantes não estabelecem relação entre o material e as práticas vivenciadas por ele, isto é, os assuntos aprendidos são descontextualizados (POZO, 2002). Neste ponto é possível uma nova aproximação entre Aprendizagem Significativa, atividades investigativas e representações multimodais. O material instrucional, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), deve ter um significado lógico. Se o material não é potencialmente significativo, o engajamento do aluno para a atividade é mais difícil. Portanto, as atividades investigativas devem ser planejadas de modo a levar ao engajamento do aluno (ZÔMPERO; LABURÚ, 2010a).

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), mesmo que o material de aprendizagem seja potencialmente significativo, se o aluno manifestar disposição apenas em memorizá-lo não poderá aprender significativamente. Analisando-se a proposta da realização de atividades investigativas, é possível verificar que as mesmas apresentam significado potencial, isto é, apresentam significado lógico (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 2000), de modo a proporcionar ao aprendiz aprendizagem significativa.

Para Moreira (1997), predisposição para aprender e aprendizagem significativa guardam entre si uma relação circular. Segundo Novak (1981), a predisposição para aprender envolve também experiência afetiva que o aprendiz tem no evento educativo. Sendo assim, sem esse envolvimento inicial, que proporciona o engajamento, os significados não se estabelecem, não ocorrendo aprendizagem significativa.

Conforme já colocado no capítulo quatro, os significados iniciais em um evento de ensino e aprendizagem, são estabelecidos por signos ou símbolos gradualmente e produzidos de modo idiossincrático pelo indivíduo. Sendo assim, a utilização de diferentes representações multimodais estimula o engajamento e o raciocínio dos estudantes, conforme salientado por Hand e Choi (2010). A utilização de multimodalidade poderá, então, atender aos diferentes estilos de aprendizagem dos alunos (PERALES PALACIOS, 2006).

Outro aspecto a ser considerado é que a utilização de atividades investigativas pressupõe a apresentação de um problema ao aluno, que deverá ser resolvido. O contato com o problema propicia ao estudante um resgate de seus conhecimentos prévios, os quais compõem as proposições de *background*, que são necessárias também à significação do problema. A resolução do problema proposto, diferentemente das práticas de ensino tradicionais, possibilita aos alunos recriar, estabelecer relações e mobilizar seus conhecimentos para procurar resolvê-lo, além disso, as atividades investigativas favorecem a reflexão dos assuntos estudados, considerando que os estudantes apresentam conhecimentos prévios em relação aos conteúdos de ensino e que muitas vezes não são coerentes com o conhecimento científico.

Conforme argumenta Pozo (1998), a solução de problemas começa com a ativação dos conhecimentos prévios dos alunos, porém, ressalta-se que o problema deve ser significativo para o aluno, conforme apontado por Ausubel, Novak e Hanesian (1980). Segundo Ausubel (apud COSTA; MOREIRA, 2001), a Teoria de Aprendizagem Significativa, no que diz respeito à atividade de resolução de problemas, atribui-lhe o *status* de qualquer atividade, na qual a representação cognitiva de experiência prévia e os componentes de uma situação problemática apresentada são reorganizados a fim de atingir um determinado objetivo.

De acordo com Costa e Moreira (2001), a estrutura cognitiva desempenha um papel preponderante frente à resolução do problema, pois a busca de solução para qualquer problema envolve uma readaptação da experiência prévia do aluno com as demandas da nova situação problemática a ser enfrentada. Desse modo, à medida que resolve o problema, o aluno desenvolve um tipo especial de aprendizagem significativa (NOVAK, 1981).

Durante o desenvolvimento da atividade investigativa, os alunos, quando engajados no processo, mantêm-se intelectualmente ativos. No entanto, para

favorecer esse engajamento, é necessário que o problema seja significativo ao aluno. Costa e Moreira (2001) ressaltam que o sujeito deve ser capaz de dar significado à representação externa do problema, mas para isso, ele necessita representá-la também internamente, ou seja, mentalmente, por meio de imagens, proposições ou modelos mentais. Sem essa significação do problema, a atividade investigativa não se desenvolve de modo satisfatório, uma vez que ela se inicia com o problema. Neste sentido, para facilitar a atribuição de significados ao problema proposto na atividade investigativa, é possível que o mesmo seja apresentado ao estudante utilizando-se mais de um modo semiótico, como a imagem, ou o modo prático, e não somente verbal. Em estudo realizado por Hand e Choi (2010), sobre o uso de multimodos de representações na construção de argumentos na disciplina de química orgânica, evidenciou-se uma relação positiva entre a utilização de multimodos de representação e a habilidade dos estudantes em resolver problemas.

Para a resolução do problema, os estudantes precisam ter contato com várias fontes de informações, como, por exemplo, as pesquisas bibliográficas. Esse contato com diferentes fontes de informação proporciona ao estudante a formação de conexões, isto é, o estabelecimento de relações entre os diferentes modos semióticos permite a formação de redes de significação (PATTERSON; NORWOOD, 2004). Neste caso, poderão ser evidenciados alguns tipos de aprendizagem significativa, como a subordinada, na qual a nova informação adquire significados em uma interação com os subsunçores presentes. Isso poderá levar à diferenciação progressiva em que os conceitos já existentes reorganizam-se e adquirem novos significados. Várias fontes de informação são também dependentes de vários modos semióticos como o verbal, pictórico, gráficos, tabelas, dentre outros. Novamente, é possível evidenciar a relação entre resolução do problema na atividade investigativa, com a aprendizagem significativa e multimodos de representações, isto é, os diversos modos que o aluno dispõe para obter informações para resolver problemas.

Ainda quanto à resolução de problemas, podemos considerar as afirmações de Novak e Krajick (2006) de que além de proporcionar o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos, possibilita-lhes aplicar seus conhecimentos em novas situações. Sendo assim, as atividades investigativas podem ser utilizadas pelo professor para verificar a aprendizagem de seus alunos, por requerer dos mesmos a aplicação dos conhecimentos em situações não familiares a eles, sendo esse um dos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa.

A emissão de hipótese pelos alunos é também característica das atividades investigativas. A expressão de hipóteses também permite que eles exponham seus conhecimentos prévios, já que para a formulação, os alunos baseiam-se em seus conhecimentos que se encontram organizados na estrutura cognitiva. Nesse sentido, Pozo (1998) salienta que a formulação de hipóteses permite que os alunos tomem consciência de suas próprias ideias. Portanto, as hipóteses, que evidenciam o pensamento dos alunos, podem ser expressas por vários modos semióticos como os gestos, a fala, os desenhos, a escrita. A integração desses modos permite ao pesquisador maior clareza na compreensão do pensamento dos alunos sobre o assunto estudado. O acesso às representações mentais dos alunos, isto é, a evidência dessas representações mentais é possível, em parte, por meio das representações semióticas. Neste aspecto vale salientar a importância de deixar o aluno utilizar vários modos diferentes para se expressar. Jaipal (2010) afirma que os eventos educativos ou disciplinares podem ser melhores caracterizados pela utilização de distintos modos semióticos, sendo que alguns são capazes de comunicar melhor o significado das tarefas realizadas do que outros.

De acordo com autores como Newman et al. (2004), as atividades investigativas devem envolver o uso de evidência pelos alunos, lógica e imaginação na elaboração de explicações sobre o mundo natural. Prain e Waldrip (2006) afirmam que o uso de multimodos pode ajudar os alunos a perceberem evidências, sendo assim, consideramos a utilização de multimodos necessária em uma atividade investigativa para facilitar a percepção de evidências.

Outro aspecto a ser ressaltado é que, do mesmo modo como ocorre na Ciência, também na utilização das atividades investigativas os resultados devem ser comunicados. No momento em que os alunos concluem as atividades, as mesmas podem ser divulgadas por meio dos relatórios. Aqui se encontra outra relação entre a Teoria de Aprendizagem Significativa e Atividades Investigativas, pois para elaborar relatórios é necessário que os alunos sistematizem seus conhecimentos e os expressem à maneira como entenderam, momento em que são evidenciados os significados que foram adquiridos. Neste sentido, Yore e Hand (2010) destacam que a escrita ajuda o aluno a clarificar os conceitos científicos confusos que apresentam. A escrita pelo aluno favorece a reflexão sobre seus próprios conhecimentos. Além disso, os relatórios podem ser elaborados com a utilização de vários modos de representação como o verbal (escrita e falada), gráfico, desenhos, dentre outros.

Novamente, é possível perceber pelas representações externas, ou semióticas, as representações internas construídas pelos alunos nas atividades investigativas.

Com relação à utilização da escrita durante atividades investigativas, Oliveira e Carvalho (2006) ressaltam a importância da escrita pelos alunos nas atividades de ensino aprendizagem de Ciências. Segundo essas autoras, a escrita como instrumento cognitivo tende a ser uma ferramenta discursiva importante para organizar e consolidar ideias rudimentares em conhecimento mais coerente e melhor estruturado. Para as autoras, explicar ou escrever requer posição lógica que estimula os estudantes a refinar o pensamento, o que aumenta o entendimento do tema estudado.

Um estudo realizado por Tang et al. (apud JAIPAL, 2010) com alunos do ensino médio, revelou que para entender alguns conceitos como energia, os alunos precisavam ser capazes de construir relações entre múltiplas modalidades, como a verbal, gestual e visual. Sendo assim, é possível verificar novamente a relação direta entre as características das atividades investigativas, aprendizagem significativa e multimodos de representações.

A partir da análise dos materiais produzidos pelos alunos, os quais são expressos por representações externas, denominadas semióticas, é possível estudar os significados que os alunos elaboram durante a realização de atividades investigativas, mediadas pelas representações multimodais. Portanto, nas representações externas expressas pelos estudantes, é possível verificar as formas de aprendizagem significativa que se desenvolvem como a subordinada, também chamada assimilação, a sobreordenação e a combinatória.

Outro aspecto, é que a aprendizagem por subordinação de conceitos e proposições, conforme Ausubel, Novak e Hanesian (2000), a partir de exposições sucessivas a materiais potencialmente significativos, resulta na produção, *diferenciação progressiva* e aperfeiçoamento dos novos significados que serão base para aprendizagens posteriores. Sendo assim, a utilização de multimodos de representação facilita o processo de subordinação, bem como as demais formas de aprendizagem significativa.

Quanto à relação entre multimodos e Aprendizagem Significativa, podemos considerar uma primeira aproximação entre multimodos e aprendizagem significativa junto ao conceito de substantividade. De acordo com Moreira (1997), substantividade significa que o que é incorporado à estrutura cognitiva é a

“substância” do novo conhecimento, isto é, as ideias, e não as palavras precisas para expressá-las. Neste sentido, Moreira (1997) afirma que a aprendizagem significativa não pode depender do uso exclusivo de determinados signos particulares. Se este conceito incorpora à estrutura cognitiva a substância do novo conhecimento, das novas idéias, não as palavras precisas usadas para expressá-las, isso significa dizer que uma aprendizagem significativa passa a existir quando um mesmo conceito ou uma mesma proposição conseguem ser expressos de diferentes maneiras, por meio de distintos signos ou de grupos de signos, equivalentes em termos de significados (AUSUBEL apud MOREIRA 1999, p. 77-78).

Relacionando o conceito de substantividade, na teoria da aprendizagem significativa com multimodos, é muito clara essa aproximação, pois se há necessidade de diferentes símbolos para proporcionar a aprendizagem significativa, sugere-se que estes símbolos possam ser expressos por meio de diferentes tipos de representações semióticas. A exclusividade de uma forma representativa produz geralmente uma aprendizagem mecânica, e não significativa.

A segunda aproximação entre multimodos e aprendizagem significativa se estabelece quando se imagina que o emprego de formas e modos representacionais mais intuitivos, portanto, mais cognitivamente idiossincráticos para o sujeito, funcionam como subsunçores, tornando-se fontes precursoras para a construção de novos conceitos.

A aprendizagem representacional constitui um tipo de aprendizagem significativa que envolve a atribuição de significados a símbolos e palavras. Por isso, a aproximação a ideia de trabalhar com multimodos de representação em sala de aula se mostra consistente com uma aprendizagem significativa, uma vez que por meio do emprego de uma pluralidade representacional o sujeito atribui significados e internaliza de forma integrada símbolos, palavras, objetos e conceitos.

A pluralidade de modos de representação é capaz de favorecer a aprendizagem significativa por possibilitar a conexão de um novo conhecimento à estrutura cognitiva do estudante de modo a promover a relação não arbitrária e substantiva desses conhecimentos aos subsunçores, auxiliando assim a reorganização dos conhecimentos já existentes na estrutura de conhecimento dos alunos. Conforme Patterson e Norwood (2004) a pluralidade dos modos de representação dá oportunidade aos estudantes de criar representações mentais dos

conceitos, ajudando-os a estabelecerem conexões e produzir redes de conhecimentos.

A utilização no ensino de diferentes modos e formas de representação é igualmente coerente com o conceito de reconciliação integrativa da teoria da Aprendizagem Significativa. De acordo com esse conceito, quando novas informações são adquiridas, os elementos existentes na estrutura cognitiva do indivíduo podem reorganizar-se, produzindo novos significados. Portanto, a utilização de modos e formas variadas de representações nas atividades de ensino, estimula a reorganização das idéias dos alunos para construir significados científicos mais coesos.

Relacionando os argumentos aqui apresentados com o mundo da sala de aula, encontramos o relato de Prain e Waldrup (2006), no qual afirmam que professores do ensino fundamental, que normalmente utilizam variados modos instrucionais com seus alunos, trabalham desta forma em razão da importância que dão para diversificar os modos de representação com seus alunos. A diversificação é justificada por eles, pois creem que ela capacita e beneficia os alunos a relacionarem os recursos estudados a sua vida cotidiana. Por detrás do uso de multimodos de representações encontra-se, ainda, a tentativa de tornar os tópicos de ensino mais concretos e interessantes, com a finalidade de melhoria da qualidade da aprendizagem, pois os conhecimentos e experiências prévios dos aprendizes são relacionados, possibilitando a compreensão dos conteúdos.

Reiterando o papel das atividades investigativas com aprendizagem significativa e multimodos de representação, verifica-se que as atividades investigativas, por meio dos problemas apresentados aos alunos, fornecem desafios que favorecem a reflexão necessária à ativação dos processos mentais e também o engajamento dos estudantes. Para solucionar o problema proposto, o aluno deve conectar as suas explicações, que ocorrem no momento da elaboração das hipóteses, ao conhecimento científico. Esta conexão pode ser conseguida por meio da utilização dos diferentes modos semióticos aos quais os alunos têm acesso para resolverem o problema. Dessa forma, os estudantes produzem significados a partir do acesso a diferentes modos representacionais. Os significados produzidos são construídos com base nos conhecimentos já existentes na estrutura de conhecimento de cada educando.

Em nosso estudo utilizamos modos tradicionais de representação, como texto, figura e experimental. No entanto, tivemos o cuidado de integrar esses modos durante o desenvolvimento das atividades. Em determinados momentos do estudo, conforme a metodologia, verificamos as conexões que os alunos estabeleceram entre os modos.

Realizadas estas considerações sobre as relações que se estabelecem entre atividades de investigação, aprendizagem significativa e representações multimodais, as quais dão suporte e justificam esta pesquisa, passaremos então à outra etapa deste estudo, na qual será descrita a metodologia da pesquisa, a obtenção e análise dos dados para a investigação das formas de aprendizagem significativa desenvolvidas pelos alunos sobre os assuntos fotossíntese e respiração.

CAPÍTULO 5

ASPECTOS GERAIS SOBRE FOTOSSÍNTESE E RESPIRAÇÃO

Neste capítulo, faremos uma exposição sobre fotossíntese e respiração. Nosso objetivo é apresentar, em linhas gerais, as bases científicas referentes a esses dois assuntos, que são ministrados no ensino fundamental. Iniciaremos expondo aspectos básicos que envolvem a fotossíntese e posteriormente a respiração.

5.1 FOTOSSÍNTESE

A fotossíntese é um processo químico e celular pelo qual os seres vivos autotróficos produzem carboidratos. Os autótrofos são aqueles que sintetizam moléculas orgânicas para realização de processos vitais como a obtenção de energia por meio da respiração celular. Com a realização da fotossíntese, os organismos fotossintetizantes produzem compostos que serão utilizados como fonte de energia. A fotossíntese inicia-se com a captação de energia solar pela clorofila, pigmento que dá a coloração verde para as plantas. Neste caso, os organismos com clorofila transformam a energia luminosa disponível em energia química, que fica armazenada nas moléculas orgânicas. Estas moléculas orgânicas produzidas são os glicídios, nome que se dá aos açúcares. O principal deles é a glicose. Na realização da fotossíntese, os organismos autotróficos utilizam além da luz do sol, moléculas de CO_2 e H_2O e produzem a glicose, principal glicídio e moléculas de oxigênio. A glicose produzida na fotossíntese é base para a obtenção de energia tanto para o vegetal que a produziu como para os organismos heterótrofos que não fazem a fotossíntese como os animais. A fotossíntese garante autossuficiência aos seres autótrofos na produção de moléculas orgânicas.

Devido ao autotrofismo, os vegetais são considerados como organismos base para iniciar a cadeia alimentar. A energia tem um deslocamento unilateral na cadeia alimentar, partindo da base, onde se encontram os vegetais, sendo então transferida aos níveis tróficos seguintes. Nessa transferência, parte da energia é perdida, por isso, os primeiros níveis tróficos como produtores dispõem de maior quantidade de energia, a qual será então transferida aos consumidores.

5.1.1 Origem dos Produtos da Fotossíntese

A fotossíntese é um processo complexo e apresenta duas fases: química e fotoquímica. O oxigênio que é produzido na fotossíntese tem origem na quebra da molécula de água. Este processo é conhecido como reação de Hill. As reações que levam a produção do oxigênio ocorrem na etapa denominada fotoquímica.

A etapa química é composta por muitas reações. As moléculas de CO₂ fornecem carbono para a formação de carboidratos. O carboidrato produzido na fotossíntese é a sacarose, um dissacarídeo formado por dois monossacarídeos: glicose e frutose. O monossacarídeo glicose pode ser armazenado como polissacarídeo amido, que é utilizado pela planta como material de reserva.

Parte dos glicídios produzidos na fotossíntese é usada nas mitocôndrias das células vegetais, no processo de respiração celular, para fornecer energia para os processos vitais do vegetal. Outra parte dos glicídios é transformada em substâncias orgânicas que a planta necessita como os aminoácidos, outros tipos de açúcares, celulose, gorduras. Outra parte ainda é armazenada como grãos de amido em células especiais do caule, da raiz e das folhas, servindo de reserva para momentos de necessidade. Por esse motivo, a fotossíntese garante aos seres clorofilados, independência para produção de compostos orgânicos. Sendo assim, os seres heterótrofos dependem desses seres para sobreviver (AMABIS; MARTHO, 2004).

5.2 A RESPIRAÇÃO AERÓBIA

O significado de respiração é, em geral, absorver oxigênio com os pulmões e devolver gás carbônico ao ar. A respiração entendida desse modo é consequência da respiração aeróbia que ocorre no interior das células, da qual participam as mitocôndrias (SILVA JUNIOR; SASSON, 2006).

O processo respiratório ocorre para que os seres vivos consigam obter energia para suas atividades. As plantas utilizam parte dos produtos da fotossíntese como fonte de energia para o funcionamento de suas células. Isso ocorre pela respiração celular. Neste processo, moléculas orgânicas, em geral de sacarose e de gás oxigênio se combinam formando gás carbônico, água e energia. A respiração ocorre em todas as células vivas da planta, estando ou não em presença de luz. Sendo assim, todos os órgãos da planta fazem a respiração, sendo a folha o

principal, porque fazem as trocas gasosas com a atmosfera. Pela respiração, as plantas consomem oxigênio e parte das moléculas orgânicas produzida durante a fotossíntese. Sendo assim, ao mesmo tempo em que realiza a fotossíntese a planta também respira. Ao respirar, a planta libera gás carbônico, que posteriormente poderá ser utilizado para a fotossíntese. À noite, devido à ausência de luz, ela deixa de fazer fotossíntese, mas não de respirar.

Em determinada intensidade luminosa, as taxas de fotossíntese e de respiração se igualam. Este fenômeno é chamado de ponto de compensação fótico. Neste caso, todo gás carbônico produzido na respiração é utilizado na fotossíntese e todo oxigênio produzido na fotossíntese é utilizado pela planta na respiração (AMABIS; MARTHO, 2004).

As plantas não podem permanecer abaixo do ponto de compensação fótico, pois, após o consumo de suas reservas de carboidratos (p.ex. amido), não terão carboidratos suficientes para consumir nas horas sem iluminação pelo processo respiratório a fim de produzir energia (ATP). Sendo assim, as plantas colocadas em ambientes não iluminados morrem por deficiência de nutrição orgânica. O primeiro sintoma dessa deficiência é a paralisação do crescimento (SILVA JUNIOR; SASSON, 2006).

Para verificar com maior clareza a relação entre fotossíntese e respiração, os autores acima apresentam uma síntese:

Na respiração são produzidos gás carbônico e água; na fotossíntese essas substâncias servem de matéria prima. Durante o dia, porém, a planta realiza fotossíntese com muito mais intensidade do que respira; isso equivale dizer que há “sobras” (excesso de alimento) armazenado nas células da planta, além de uma sobra de oxigênio. Quanto às trocas de gases que o vegetal efetua com o ar, se a fotossíntese for mais intensa, ela mascara ou esconde os efeitos da respiração. Ela absorve o CO₂ do ar e devolve O₂, dando a falsa impressão de que a planta realiza só a fotossíntese. À noite, não havendo luz, a fotossíntese cessa. Nesse momento a respiração, que já ocorria durante o dia, torna-se perceptível, já que o vegetal absorve O₂ do ar e devolve CO₂. Nesse período, a planta gasta parte da glicose que acumulou nas células durante o dia (SILVA JUNIOR; SASSON, 2006, p. 237-238).

Um aspecto importante a ser considerado é analisar a proposta curricular da educação básica com relação ao assunto sobre fotossíntese, principiando pelas Séries Iniciais, período em que esse conteúdo começa a ser ministrado aos alunos.

Na próxima seção serão abordados alguns aspectos relativos ao currículo de Ciências naturais, na educação básica de acordo com alguns documentos oficiais de ensino, com o intuito de verificar a inserção do assunto sobre fotossíntese em diferentes períodos de escolaridade.

5.3 A FOTOSSÍNTESE NA ABORDAGEM DOS DOCUMENTOS OFICIAIS DE ENSINO

Para abordagem geral do assunto fotossíntese foram analisados o Currículo Básico do Paraná de 1990, os Parâmetros Curriculares de Ciências Naturais de 1997, correspondentes ao primeiro e segundo ciclos e ao terceiro e quarto ciclos e o documento do estado do Paraná intitulado Orientações Pedagógicas para o Ensino Fundamenta de nove anos de 2010, e as Diretrizes Curriculares Estaduais do Paraná de 2010.

De acordo com o Currículo Básico do Paraná de 1990, a disciplina de Ciências deveria contemplar os seguintes eixos: noções de astronomia, transformação e interação de matéria e energia, saúde e melhoria da qualidade de vida. A proposta de abordar os conteúdos por eixo justifica-se para que sejam evitadas fragmentações dos conteúdos e oportunizar articulação entre eles. O ponto inicial de estudo é a compreensão pelo aluno do sol como fonte de energia para o planeta. O eixo intitulado “transformação e interação de matéria e energia ressalta inicialmente o estudo de aspectos elementares dos ecossistemas, para que o aluno perceba a interdependência entre os componentes bióticos e os abióticos.

Na proposta deste documento, o assunto relativo à fotossíntese deve ser iniciado a partir da primeira série do ensino fundamental, dentro do conteúdo relativo ao Ar e Ecossistema, e desenvolvido até a quarta série. O que é proposto pelo documento é que sejam enfatizadas as transformações entre matéria e energia enquanto se trabalha a alimentação. Nesta perspectiva, o aluno deve entender que os vegetais são produtores básicos de matéria orgânica para ser utilizada pelos demais seres vivos. Sendo assim, neste eixo deve ser ressaltada a importância dos vegetais como seres produtores na cadeia alimentar e a interação com a energia ao longo desta.

Na primeira série, a fotossíntese não é um conteúdo específico e sim abordada no conteúdo sobre “Ar e seres vivos”. Neste conteúdo, são apresentados

aos alunos conhecimentos básicos sobre respiração dos animais e vegetais e a fotossíntese.

Na segunda série, no que se refere ao conteúdo “Ar e seres vivos”, além de outros assuntos deve ser contemplada a fotossíntese, a qual deve ser tratada a importância da luz, da presença de clorofila nas folhas, do gás carbônico, água e dos íons minerais; respiração; cadeia alimentar e níveis tróficos como seres produtores, consumidores, decompositores. Para a terceira e quarta séries do Ensino Fundamental também há menção ao trabalho com o tema fotossíntese, especialmente na quarta série em que deveria ser abordado o conteúdo sobre alimentos e relacioná-los com a fotossíntese e cadeia alimentar e com a respiração, salientando a transformação energética.

Na quinta série, a fotossíntese era abordada, na proposta desse documento, enfatizando a conversão da energia solar em energia química dos alimentos, assim como a respiração como um processo de liberação de energia para as funções vitais. Na sexta série o conteúdo de fotossíntese e a respiração deveriam ser novamente retomados dentro do assunto sobre vegetais, finalizando na sétima série com o conteúdo ciclos biogeoquímicos com ênfase no ciclo do oxigênio.

Em 1997, foram divulgados os Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências Naturais para o ensino fundamental. Este documento propõe que os conteúdos sejam abordados em quatro blocos: Ambiente, Corpo Humano e saúde, Recursos tecnológicos e Terra e universo. O assunto fotossíntese, na perspectiva desse documento, deve ser ministrado a partir do segundo ciclo, que corresponde atualmente a terceira e quarta série ou quarto e quinto ano, relativo ao bloco Ambiente. Neste bloco de conteúdo, o aluno, com o auxílio do professor, pode investigar as relações entre água, calor, luz, seres vivos, solo a fim de entender a dinâmica ambiental. “Em relação aos vegetais já no segundo ciclo os alunos podem ser informados sobre a produção de seu alimento a partir de água, ar e luz pelo processo de fotossíntese.” (BRASIL, 1997a, p. 91).

Neste mesmo documento, encontramos um exemplo sobre fotossíntese, no capítulo sobre orientações didáticas a respeito da problematização.

O professor pode perguntar para a classe: “Se as plantas comem terra, por que a terra dos vasos não diminui”? “Como explicar o fato de algumas plantas sobreviverem em vasos apenas com água”? e “Como algumas plantas vivem sobre outras plantas, com as raízes

expostas algumas samambaias e orquídeas”? , ou ainda, “Como vocês podem provar que as plantas comem terra pelas raízes?”. Esses problemas exigem dos alunos explicações novas, que deverão colocá-los em movimento de busca de informações, por meio da experimentação, da leitura ou de outras formas que ofereçam elementos para reelaborarem os modelos anteriores (BRASIL, 1997a, p. 118).

É possível notar, então, que o direcionamento das perguntas sugeridas tem por objetivo ajudar os alunos a refletirem levando-os a perceber que a planta realiza fotossíntese para produzir compostos básicos para sua sobrevivência. Os Parâmetros Curriculares Nacionais Temas Transversais Meio Ambiente e Saúde também sugerem a apresentação dos conteúdos em blocos. Um desses blocos é intitulado “Ciclos da Natureza”, no qual é abordado o ciclo da matéria com os alunos nas Séries Iniciais, tratando, por exemplo, sobre a decomposição dos seres vivos, as cadeias e teias alimentares, nas quais implicitamente envolvem também o assunto relativo à fotossíntese.

Nos Parâmetros Curriculares de Ciências Naturais para o terceiro ciclo, correspondendo à fase de quinta e sexta séries, os conteúdos também são organizados em blocos. No bloco intitulado “Vida e Ambiente”, há indicação de que os alunos devem estudar as cadeias alimentares. Segundo o documento, há necessidade de que seja destacada a importância dos produtores nas cadeias alimentares, bem como a necessidade do aluno entender porque as cadeias alimentares devem começar pelas plantas, a interdependência alimentar entre os seres vivos, bem como a transferência das substâncias em cada elo da cadeia (BRASIL, 1998).

O mesmo documento enfatiza a importância do estudo relativo à decomposição de organismos mortos por fungos e bactérias, transformando-os em nutrientes assimiláveis pelas plantas. No quarto ciclo, referente à sétima e oitava séries, o assunto de fotossíntese deve ser estudado, estabelecendo-se relações entre respiração celular, combustão e produção de energia para os seres vivos. Portanto, somente neste ciclo, há maior especificidade no conteúdo de fotossíntese, relacionando-o com o processo respiratório. Nos ciclos anteriores, a ênfase é sobre a compreensão pelo aluno da fotossíntese como um dos fenômenos responsáveis pela manutenção da vida no planeta, dos elementos necessários para sua

realização, dos produzidos neste processo e suas relações para a sobrevivência dos seres vivos.

Em 2010, no Paraná, foi divulgado um novo documento intitulado Orientações Pedagógicas para o Ensino Fundamental de nove anos, que é parte das Diretrizes Curriculares da Educação Básica. Este documento não faz nenhuma menção a conteúdos para serem desenvolvidos com alunos, porém enfatiza que os conteúdos devem contemplar os seguintes campos do saber: Noções de astronomia; Matéria e suas transformações; Energia e suas conversões; Corpo humano e seus sistemas; Organização dos seres vivos no ambiente. No estudo de “energia e suas conversões” deve ser priorizada a abordagem do sol como fonte primária de energia térmica e luminosa. No campo relativo aos “seres vivos no ambiente” devem ser consideradas as semelhanças e diferenças entre os seres vivos, sua organização em diferentes grupos, apresentado a classificação em cinco reinos, a anatomia e fisiologia dos animais e vegetais e as formas de interação entre seres vivos nos ecossistemas.

Com base no que é exposto na apresentação deste documento, apesar de não haver menção aos conteúdos, é possível perceber que a fotossíntese pode ser abordada no que se refere à fisiologia dos vegetais, e nas formas de interação entre seres vivos.

Para o Ensino Fundamental a partir do sexto ano, as Diretrizes Curriculares de Ciências Naturais propõem que os conteúdos sejam abordados considerando cinco eixos estruturantes: Astronomia, Matéria, Sistemas Biológicos, Energia, Biodiversidade. No sexto ano, deverão ser ministrados os conteúdos que envolvem reconhecimento de características gerais dos seres vivos, interpretação do conceito de energia, conversão de uma forma de energia em outra. No sétimo ano, referente à sexta série, é proposto no documento que sejam ministrados conteúdos em que os alunos possam entender a relação entre energia luminosa solar e sua importância para os seres vivos, além do entendimento das relações estabelecidas entre cadeia alimentar, seres autótrofos e heterótrofos.

Pelo que foi apresentado, a partir das séries iniciais, os alunos já devem ter noções básicas da importância da luz solar para os seres vivos e, principalmente, para as plantas, a cadeia alimentar e as relações estabelecidas entre os seres produtores e consumidores, no que se refere à obtenção de alimentos. Portanto, o conteúdo relativo à fotossíntese aumenta em complexidade de acordo com o grau

de escolaridade. Um aluno ao chegar na quinta série, correspondente ao sexto ano, já deve, portanto, ter essas noções construídas, como necessidade da luz solar para os seres vivos, fotossíntese como uma maneira de produção de nutrientes pelas plantas, noções sobre a cadeia alimentar e seus componentes. Sendo assim, espera-se que os estudantes já tenham alguns subsunçores para dar continuidade ao conteúdo de fotossíntese na quinta série.

Em relação à organização curricular, Ausubel (apud MOREIRA, 1982), afirma que as disciplinas apresentam-se organizadas em uma base conceitual hierárquica. Para Moreira, não é tão fácil identificar quais os conceitos mais gerais e os conceitos mais subordinados de um determinado corpo de conhecimentos. Para o conceito de fotossíntese, é possível perceber que, de acordo com os documentos apresentados, alguns conhecimentos são considerados mais gerais e inclusivos. A necessidade de luz para a planta é o conhecimento básico que o aluno deve ter para a compreensão de fotossíntese. Subordinadas ao conceito de fotossíntese, há algumas noções conceituais como clorofila, oxigênio, gás carbônico e carboidratos, para que seja possível a compreensão do processo da fotossíntese, tanto como os componentes necessários como aqueles que são produzidos durante esse processo, resultando assim no entendimento das relações entre fotossíntese e cadeia alimentar.

CAPÍTULO 6

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, serão apresentadas em detalhes as etapas realizadas no desenvolvimento da pesquisa, com o intuito de responder à problemática abordada. Este é um trabalho descritivo de abordagem qualitativa, que visa descrever os significados que os alunos vão elaborando ao desenvolverem atividades investigativas mediadas por multimodos de representação, as conexões que os estudantes estabelecem entre os diferentes modos representacionais, como também se eles conseguem transferir os significados produzidos durante atividades investigativas para novas situações- problema. Como referencial analítico para verificação dos significados produzidos pelos estudantes, utilizaram-se as formas de aprendizagem significativa propostas por Ausubel, Novak e Hanesian (2000). De acordo com as formas de aprendizagem significativa, os significados produzidos durante as atividades de ensino são classificados como sobreordenados, subordinados e combinatórios. Para estudo das formas de aprendizagem significativa, tomou-se por base o conteúdo de fotossíntese, conforme apresentado nos documentos oficiais de ensino.

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa estão divididos em duas seções principais. A primeira se refere às atividades de ensino que foram desenvolvidas, como investigativas mediadas por multimodos de representação, incluindo como se deu a obtenção dos dados nessas atividades para análise dos significados elaborados pelos alunos; as atividades de avaliação formuladas com o intuito de verificar a transferência dos significados para novas situações; a entrevista realizada para finalizar a tomada de dados. A segunda seção refere-se aos procedimentos de análise utilizados para verificação dos significados elaborados pelos estudantes. Neste caso, tomou-se por base o estabelecimento das relações hierárquicas, conforme proposto na teoria de Ausubel.

Os significados elaborados pelos alunos foram obtidos por meio de vários recursos utilizados no decorrer das atividades investigativas, como interações discursivas, textos, desenhos e conclusão das atividades investigativas.

Nas atividades avaliativas, utilizaram-se situações - problema e outros modos representacionais como vídeo e gráficos, para verificar se os significados que os alunos produziram nas atividades investigativas, eram transferidos para novas

situações de ensino. Para finalizar a tomada de dados, realizou-se uma entrevista com os estudantes.

6.1 AMOSTRA

O trabalho foi realizado em uma escola pública central da cidade de Londrina. Participaram do estudo sete alunos da quinta série, sendo quatro meninos e três meninas. Os participantes foram escolhidos por conveniência pela professora de Ciências responsável pela turma.

Os estudantes apresentavam nível econômico compatível com a classe média, com acesso a meios de comunicação como internet, jornais e revistas. No momento da realização do estudo, não tinham tido acesso formal ao conteúdo de fotossíntese e respiração das plantas na série em que cursavam, mas já haviam tido contato na série anterior, isto é, na quarta série, atual quinto ano.

A escola dispunha de diversos recursos didáticos para auxiliar os alunos na aprendizagem, como laboratório de informática, salas de aula equipadas com TV *pendrive* e DVD e biblioteca, porém não dispõe de laboratório didático de Ciências para realização de aulas práticas. Os professores de Ciências realizam experimentos e demonstrações na própria sala de aula. Para desenvolvermos o estudo, foi elaborada uma sequência didática realizada no período de seis meses.

A pesquisa foi feita fora da sala de aula. O assunto de fotossíntese era parte do currículo do sexto ano. Reunimos os alunos participantes em uma sala da escola que estava destinada à implantação do laboratório de Ciências. Essa sala era equipada com computadores que foram utilizados durante as atividades investigativas. Todos os encontros, bem como a entrevista, foram gravados e transcritos para posterior análise.

As atividades investigativas mediadas por multimodos de representação constituem as atividades de ensino, as quais serão descritas na seção seguinte.

6.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Nesta seção são descritas em detalhes todas as atividades desenvolvidas com os alunos para verificar a elaboração dos significados pelos estudantes, como as investigativas, avaliativas e também a entrevista.

6.2.1 Atividades Investigativas

Foram elaboradas três atividades para os alunos, realizadas no intervalo de uma a três semanas cada. Para o desenvolvimento das referidas atividades, foram observados os princípios da investigação de acordo com Carvalho (2006) como, por exemplo, apresentação do problema a ser investigado, levantamento de hipóteses pelos alunos, resolução do problema, anotação de dados quando necessário, conclusão e divulgação dos resultados da atividade. Para cada um, houve vários encontros realizados com os alunos e a professora/pesquisadora. Para o desenvolvimento das atividades investigativas, tomamos por base os graus de liberdade de Carvalho (2006). No grau II, o professor propõe o problema. A elaboração de hipóteses e o plano de trabalho são realizados pelos alunos, mas com a orientação do professor. O registro dos dados é também realizado pelos alunos com a orientação do professor; a conclusão pode ser elaborada pelo grupo de alunos, mas apresentada e discutida por toda turma.

Escolhemos o grau II pelo fato de ser mais condizente com as condições encontradas na sala de aula e também porque os alunos participantes da pesquisa nunca haviam realizado atividades investigativas.

No desenvolvimento das atividades de investigação, observaram-se também as características com base no NRC (apud BYBEE, 2006). Em síntese, neste estudo, para o desenvolvimento das atividades investigativas foram observados os seguintes aspectos: engajamento dos estudantes, apresentação do problema pelo professor, elaboração de hipóteses pelos alunos, formulação de explicações para as evidências; conexão das explicações ao conhecimento. Os estudantes devem, de alguma maneira, comunicar e justificar suas explicações para o problema inicialmente proposto por meio da interação discursiva, produção de pequenos textos ou elaboração de desenhos. Este é o momento denominado de comunicação dos resultados. Nas três atividades de investigação, as características descritas das atividades investigativas aparecem destacadas com grifos no capítulo referente aos resultados.

Consideramos esta perspectiva adequada para sala de aula por apresentar situações em que os estudantes tenham uma participação bastante ativa na construção do conhecimento. As possibilidades dos alunos conectarem suas

próprias explicações ao conhecimento científico foi possível pela utilização de multimodos de representação, que compõem o objeto de estudo desta pesquisa.

As atividades investigativas foram elaboradas com base no princípio da *diferenciação progressiva* de Ausubel, Novak e Hanesian (2000). Iniciou-se com atividades de conhecimento mais gerais a respeito de fotossíntese, como, por exemplo, necessidade de luz para a planta como fundamental para o entendimento da fotossíntese, conforme o Currículo Básico para a Escola Pública do Estado (PARANÁ, 1990) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997a), passando pela identificação da clorofila e montagem de um terrário, com o objetivo de que o estudante compreenda a interação entre fotossíntese e respiração da planta. Os problemas propostos são classificados como problemas abertos, na perspectiva de Pozo (1998) classificados como pequenas pesquisas, conforme mencionado no capítulo 1.

Conforme comentado anteriormente, foram realizadas três atividades investigativas, sendo a primeira com uma planta no claro e outra no escuro, a extração da clorofila e uma atividade com terrário.

A primeira atividade teve por objetivo possibilitar ao aluno a compreensão da necessidade da luz solar para o desenvolvimento da planta. Essa atividade justifica-se pelo fato de a luz ser o componente que desencadeia o processo fotossintético. Dando sequência às atividades investigativas, realizou-se na segunda, a extração da clorofila com o objetivo de permitir ao aluno observar evidências da presença de clorofila nas folhas, tanto verdes como coloridas, pelo fato da clorofila ser indispensável à realização da fotossíntese.

A terceira atividade foi relativa à observação do desenvolvimento das plantas em um terrário, com o objetivo de proporcionar aos estudantes refletirem sobre nutrição vegetal e os processos comparativos que envolvem fotossíntese e respiração das plantas. A necessidade do gás carbônico e da água, bem como os produtos da fotossíntese, foram abordados por meio de modos representacionais como figuras e textos.

Finalizou-se com atividades avaliativas. A aplicação dessas atividades tiveram por base verificar se os alunos conseguiam transferir os significados elaborados nas atividades investigativas para outras situações de ensino, como também a estabilidade desses significados. De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (2000), é possível saber se a aprendizagem foi significativa quando se

apresenta aos alunos atividades formuladas num contexto diferente do material de aprendizagem originalmente encontrado. Assim, é possível verificar se houve transferência desses significados para novas situações. Realizou-se também uma entrevista semiestruturada com cada aluno participante da pesquisa.

Em cada atividade investigativa, houve dois ou três encontros com os alunos, dependendo do desenvolvimento de cada uma.

Antes de iniciar cada atividade, realizou-se uma interação entre os alunos, fazendo-se várias perguntas com o intuito de levantarmos suas concepções sobre aspectos relativos à fotossíntese a serem abordados no decorrer de cada atividade proposta. Todas as atividades produzidas pelos alunos como textos, desenhos, registro das hipóteses e das observações, foram recolhidas para análise do processo de significação. Em cada atividade investigativa observaram-se as características propostas pelo RNC (2000) e por Carvalho (2006), as quais estão destacadas em negrito seguindo a seguinte ordem:

- engajamento;
- apresentação do problema;
- elaboração de hipóteses;
- observação e explicação das evidências;
- conexão das evidências ao conhecimento científico;
- conclusão (comunicação dos resultados pelos alunos).

6.2.1.1 Atividade investigativa 1

A primeira atividade investigativa fez-se com a utilização de duas plantas. O problema apresentado aos alunos foi: *A planta conseguirá viver em local totalmente escuro? Por quê?* O objetivo desse problema foi levar os estudantes a perceberem a necessidade da luz para a sobrevivência das plantas. Os alunos elaboraram suas hipóteses, as quais foram anotadas por eles, e acompanharam o desenvolvimento das plantas durante quinze dias. Fizeram duas vezes o registro das condições em que elas se encontravam. Para a realização dessa atividade, foram necessários três dias, isto é, três encontros. No segundo encontro, apresentamos aos alunos um texto explicativo de fotossíntese, com linguagem própria para o período de escolaridade em que se encontravam. Em seguida, pedimo-lhes que relatassem por

escrito o que entenderam do texto, ressaltando os elementos necessários para realização da fotossíntese e os produzidos neste processo. No texto a eles entregue, havia uma pequena imagem da cadeia alimentar para explicar a importância da planta como produtora de moléculas orgânicas (anexo A).

Após escreverem os textos individualmente, entregamos a cada aluno uma figura representativa de uma planta realizando fotossíntese (anexo B). Na imagem, apareciam os produtos necessários ao processo e os produzidos pela planta. Na figura, não aparecia a clorofila. O texto e a figura forneceram aos alunos informações suficientes para que pudessem ajudá-los a entender o problema levantado e possibilitaram a conexão ao conhecimento científico, conforme a proposta do NRC (apud BYBEE, 2006). Após observação da figura os alunos tinham que produzir também um texto, expondo os significados de fotossíntese que elaboraram.

No terceiro encontro, após uma semana, os alunos fizeram observações das plantas e finalizaram a atividade com a conclusão, representando em desenhos e por escrito o que ocorrera com as duas plantas.

6.2.1.2 Atividade investigativa 2

Na segunda atividade investigativa, extraiu-se a clorofila de folhas verdes e de folhas coloridas. Para essa atividade, foi necessário apenas um encontro, portanto, foi iniciada e finalizada no mesmo dia.

Iniciamos mostrando novamente o desenho que os alunos observaram na aula anterior, ainda na atividade 1. No desenho, aparecia a planta que realizava fotossíntese, mas sem menção à clorofila (anexo B), com o objetivo de verificar se os alunos perceberam a falta deste componente essencial para a fotossíntese. Para realizar a atividade, apresentamos folhas de diferentes cores aos alunos, durante um momento de interação entre os estudantes e a professora pesquisadora, e o problema: *As folhas coloridas também apresentam clorofila?* Para esse problema, os alunos também emitiram suas hipóteses.

Em seguida realizou-se o experimento da extração da clorofila de folhas verdes e de folhas coloridas em que cada aluno amassou as folhas individualmente em recipientes adequados e misturou-as com acetona, já diluída na proporção adequada ao experimento. O objetivo foi levar os estudantes a perceberem que

tanto as folhas verdes como as coloridas apresentam clorofila. Após a realização do experimento, os alunos fizeram um texto concluindo a atividade. Essa intervenção ocorreu no mesmo dia em que os estudantes concluíram a primeira atividade investigativa. Além da extração da clorofila das folhas, alguns alunos desenvolveram a atividade também com as pétalas das flores das plantas para verificar a presença de clorofila.

6.2.1.3 Atividade investigativa 3

No quarto dia, realizamos a terceira atividade. Retornamos à discussão com os alunos sobre as duas atividades investigativas realizadas, para verificar os significados construídos por eles. Após a discussão, pedimos aos alunos que elaborassem um desenho, individualmente, sobre as condições necessárias para as plantas fazerem a fotossíntese e o que elas produzem neste processo. O desenho teve por objetivo analisar possíveis conexões estabelecidas pelos estudantes entre o texto, a figura utilizados na atividade1 e a atividade investigativa 1 e 2. Os desenhos foram recolhidos para analisar os significados produzidos pelos alunos, bem como as conexões que os estudantes produziram entre os modos semióticos texto e figura com a atividade investigativa, considerando que um dos objetivos específicos desta pesquisa é também verificar a conexão que os alunos estabelecem entre diferentes modos semióticos.

Após a realização dos desenhos, individualmente, apresentamos um terrário aos alunos. Explicamos a maneira como ele foi construído e pedimos que observassem que devia permanecer fechado e em local iluminado. Propusemos o problema: *A planta conseguiu sobreviver no terrário? Por quê?* O objetivo deste problema foi levar os alunos a analisarem as condições de que a planta precisa para se desenvolver. Além disso, levá-los a entender que a planta tanto faz fotossíntese como respira dentro do terrário. Os alunos colocaram então suas hipóteses. O terrário teve por objetivo a abordagem tanto da fotossíntese como da respiração das plantas.

Para ajudá-los a resolverem o problema e chegarem ao entendimento de que a planta apresenta as condições necessárias para sobrevivência no terrário e que realiza tanto fotossíntese como respiração, foram apresentados a eles dois modos de representação, sendo textos relativos à respiração das plantas, que os

alunos procuraram na internet, sob a orientação da professora/pesquisadora e uma figura representativa da fotossíntese e respiração evidenciando os gases que são necessários e os que são produzidos em ambos os processos.

O terrário foi observado no período de vinte dias. Durante esse período os alunos fizeram quatro observações. Para a anotação dos dados elaboramos junto com eles uma tabela para anotarem as condições da planta, dos invertebrados, no caso as minhocas, e da água.

Quadro 4 - Anotações das observações do terrário

DIA (INTERVALO DE UMA SEMANA)	ÁGUA	ANIMAIS (Invertebrados)	PLANTAS
DATA DA PRIMEIRA OBSERVAÇÃO			
DATA DA SEGUNDA OBSERVAÇÃO			
DATA DA TERCEIRA OBSERVAÇÃO			
DATA DA QUARTA OBSERVAÇÃO			

Fonte: Autora

No quinto encontro, dedicado ainda à terceira atividade, que ocorreu uma semana depois, os alunos observaram o terrário e fizeram as anotações. Neste mesmo dia, procuraram textos na internet, sob a nossa orientação, referentes à fotossíntese e à respiração das plantas. Eles leram os textos e mostramo-lhes também, na internet, uma figura representativa de uma planta, indicando os processos de fotossíntese e respiração (anexo C). Pedimos que elaborassem um texto explicativo com as diferenças entre a fotossíntese e a respiração das plantas, ressaltando os elementos necessários aos processos e os que são produzidos.

No sexto encontro, ocorrido após uma semana, também referente à atividade três, os alunos fizeram, inicialmente, observações e anotações das condições em que a planta, as minhocas e a água se encontravam no terrário. No encontro seguinte, uma semana após, correspondente ao sétimo encontro, fizemos uma nova interação, discutindo as condições da planta no terrário, e relacionando-as às informações obtidas com a leitura dos textos explicativos que encontraram na

internet e com a figura que apresentamos no encontro anterior, possibilitando-lhes conectar as evidências observadas com o conhecimento científico, conforme o NRC (apud BYBEE, 2006). Após as discussões, os alunos concluíram a atividade do terrário por meio de texto elaborado individualmente. Esse momento representa a comunicação dos resultados da atividade investigativa.

Com essa terceira atividade, encerrou-se a primeira etapa de nossa pesquisa, que foram as três atividades investigativas. Após essa primeira fase, propusemos aos alunos algumas questões desafiadoras, que consideramos avaliativas, como segunda etapa, com o intuito de verificar se conseguiam aplicar os conhecimentos que obtiveram com as atividades anteriores em situações novas, como também verificar os significados que foram construídos durante as intervenções realizadas.

6.2.2 Atividades Avaliativas

As atividades avaliativas foram realizadas uma semana após finalizada a atividade investigativa 3, e as dividimos em duas partes. Na primeira, as questões foram relacionadas com as atividades investigativas 1 e 2. Na segunda parte, as questões foram relativas à atividade avaliativa 3.

1ª Parte:

Inicialmente, os alunos assistiram a um vídeo que trata da extinção dos dinossauros. O vídeo mostrava a queda de um meteoro que produziu uma grande nuvem de gás encobrindo a passagem da luz do sol para a Terra. Em seguida, apresentava os efeitos do fato ocorrido na cadeia alimentar. Objetivou-se averiguar se os alunos conseguiram relacionar o que foi apresentado no vídeo com o fenômeno da fotossíntese. Após a exibição do vídeo na tela do computador, os alunos receberam uma folha com questões de avaliação, contendo as seguintes questões que foram respondidas individualmente.

1) O vídeo apresentado mostra a extinção dos dinossauros, tanto dos carnívoros como dos herbívoros, com base na teoria sobre a queda de um meteoro na Terra. Essa teoria diz que, com a queda, formou-se na atmosfera uma grande nuvem de

gás e poeira impedindo a entrada da luz do sol por alguns anos. Por isso, as plantas foram os primeiros seres atingidos pela ausência de luz e depois as espécies de animais. Com base na teoria apresentada no vídeo, responda:

a) Como seria possível que a ausência de luz do sol provocasse a destruição tanto dos dinossauros herbívoros e dos carnívoros, como de outras espécies de seres vivos?

b) Em um ambiente com ausência de luz, as plantas seriam primeiramente atingidas. Essa afirmação está correta? Por quê?

2) Analise esta afirmação:

As árvores amenizam o efeito estufa. Você concorda que elas sejam mesmo importantes para essa finalidade? Por quê?

3) Suponha que em uma determinada região da Terra as plantas tenham as folhas com coloração avermelhada, amarelada e marrom. Não há plantas com folhas verdes. No entanto, outros seres vivos como os animais vivem normalmente no local. Você acha possível que isso ocorra? Por quê?

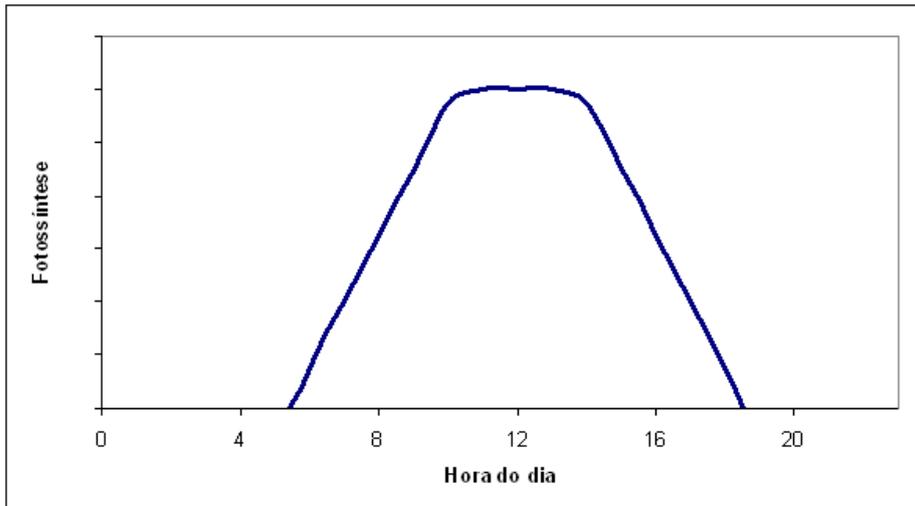
2ª Parte

Iniciou-se com a observação pelos alunos de dois gráficos, que são modos de representação semiótica que não haviam sido apresentados nas atividades investigativas. No entanto, os alunos tiveram oportunidade de utilizar gráficos na disciplina de Geografia. Os gráficos utilizados para análise são compatíveis para o nível de escolaridade em que se encontravam. Por se tratar de uma representação semiótica que não tinha sido explorada durante as atividades avaliativas, é possível averiguar, na compreensão dos alunos, a transferência dos significados estabelecidos durante as atividades investigativas. As atividades seguem abaixo.

Observe os dois gráficos:

O gráfico 1 mostra o fenômeno da fotossíntese realizado pelas plantas durante o dia.

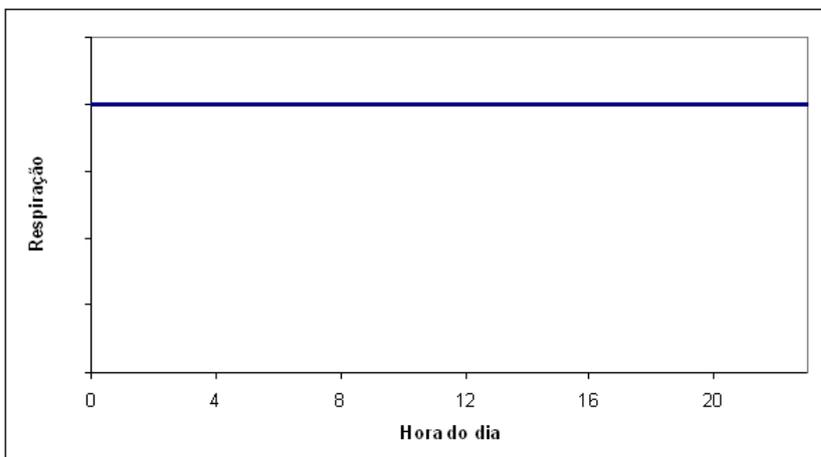
Gráfico 1 - Fotossíntese realizada pelas plantas



Fonte: Autora

O gráfico 2 mostra a respiração dos seres vivos que ocorre dia e noite

Gráfico 2 - Respiração dos seres vivos



Fonte: Autora

Após observação, responda:

- 1) Pode-se dizer que o fenômeno representado no gráfico 1 ocorre nos animais? Explique sua resposta.

- 2) O gráfico 2 pode representar também a respiração das plantas? Por quê?

3) Suponha que uma planta esteja em um vidro transparente fechado, iluminado e com condições para fazer a fotossíntese, mas neste mesmo ambiente há bem pouco oxigênio. Responda:

a) Nessas condições, a planta teria como viver? Por quê?

b) É possível que a quantidade do oxigênio possa ser aumentada nesse mesmo ambiente fechado com a planta em seu interior? Como?

O primeiro gráfico teve por objetivo levar os alunos a analisarem o processo de fotossíntese, com o intuito de perceberem a necessidade de luz para a realização do processo. A intenção do segundo gráfico foi levar o aluno a perceber que as plantas respiram durante o dia e a noite, assim como os demais seres vivos.

6.2.3 Entrevista

Para encerrar, os alunos foram submetidos, individualmente, a uma entrevista semiestruturada, a qual foi norteadas pelas seguintes perguntas:

- 1) *Quais as atividades que foram realizadas que você consegue se lembrar?*
- 2) *Quais das atividades você mais gostou? Por quê?*
- 3) *Quais delas você não gostou?*
- 4) *O que a planta usa para fazer a fotossíntese?*
- 5) *O que a planta produz quando faz a fotossíntese?*
- 6) *A planta respira? Do que ela precisa para respirar?*
- 7) *O que ela produz quando respira?*
- 8) *Quem são os seres vivos que começam a cadeia alimentar? Por quê?*

A entrevista teve como objetivo verificar novamente a compreensão dos alunos durante a realização das três atividades investigativas, como também a estabilidade dos significados elaborados aproximadamente um mês após o encerramento das atividades, tanto de investigação como de avaliação. Outro objetivo da entrevista foi verificar as relações que os estudantes estabelecem entre respiração, fotossíntese e cadeia alimentar, considerando a obtenção de nutrientes orgânicos pela planta. Com as perguntas realizadas, foi possível perceber também as preferências dos estudantes pelos diferentes modos representacionais.

6.3 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DOS SIGNIFICADOS

Todo material produzido pelos alunos durante as atividades investigativas e avaliativas, como textos, desenhos e as falas durante as interações entre a professora/pesquisadora e os alunos foram analisados para verificar os significados construídos por eles no decorrer das atividades.

A leitura de textos e observação de figuras de fotossíntese e de respiração de plantas, foram modos utilizados com o intuito de permitir aos alunos a conexão entre as evidências observadas nas atividades de experimentação e o conhecimento científico. Ao final da leitura dos textos e das imagens, os alunos produziram um material escrito explicativo no qual foi possível verificar e analisar os significados construídos por eles. Além dos significados elaborados, analisaram-se também as conexões que os estudantes conseguiram estabelecer entre os modos representacionais utilizados.

A conexão entre os modos e atividades experimentais também foi possível observar nas conclusões produzidas pelos estudantes ao final de cada atividade investigativa.

Uma semana após realizadas as três atividades investigativas com os alunos foram aplicadas as atividades avaliativas, com o intuito de verificar a estabilidade dos significados produzidos e sua transferência para novas situações-problema e outras formas representacionais como, por exemplo, o vídeo e os gráficos.

A pesquisa com os alunos foi finalizada com uma entrevista realizada um mês após o término das atividades avaliativas. Os significados evidenciados na entrevista foram também analisados e agrupados de maneira hierárquica.

Os significados produzidos pelos alunos durante as atividades foram analisados com base nas formas hierárquicas propostas na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, Novak e Hanesian (2000), organizadas em significados sobreordenados, subordinados e combinatórios. Tomamos por base, para estabelecer essas relações hierárquicas, a estrutura do conteúdo de fotossíntese, relativo aos documentos oficiais de ensino. Assim, a produção de energia pelo sol e a necessidade de luz para planta foram considerados conhecimentos mais amplos para a compreensão do processo de fotossíntese. O conceito de fotossíntese incluindo aspectos mais diferenciados relativos aos elementos necessários ao

processo, como a clorofila, gás carbônico, água e seus produtos , glicose e oxigênio, como conhecimentos subordinados. Nas relações subordinadas verificou-se também a *diferenciação progressiva* estabelecida para o conceito de fotossíntese. As relações entre fotossíntese, respiração e nutrição vegetal foram consideradas como conhecimentos combinatórios.

Durante o desenvolvimento das atividades investigativas, nas quais foram utilizadas os multimodos de representação, verificou-se também a ocorrência dos significados elaborados pelos alunos a partir das conexões estabelecidas entre as representações que foram utilizadas. A organização hierárquica, quanto às três formas de aprendizagem significativa, foi estabelecida e analisada a partir dos significados que os alunos produziram, durante as atividades investigativas e posteriormente à realização das atividades de avaliação e entrevista.

As formas de aprendizagem significativa, sobreordenadas, subordinadas e combinatórias estão organizadas em diagramas.

CAPÍTULO 7

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS

7.1 RESULTADOS DAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

A organização e apresentação dos dados foi direcionada com base nas características das atividades investigativas propostas pelo NRC (apud BYBEE, 2006) e também no grau II de liberdade professor/aluno proposto por Carvalho (2006). As características das atividades investigativas propostas por ambos os autores aparecem destacadas e grifadas na descrição de cada atividade, conforme já mencionado. A integração com multimodos de representação ocorre durante todo o desenvolvimento de cada atividade investigativa, em especial no momento em que os estudantes fazem a conexão das evidências ao conhecimento científico para a qual se utilizam de modos representacionais, como figuras, textos e interação discursiva, para de solucionarem o problema apresentado. A análise dos significados elaborados pelos alunos foi realizada com base em todo o material que foi produzido pelos estudantes durante as atividades investigativas, como textos, desenhos, e também por meio das falas durante as interações.

A partir do material elaborado pelos alunos, foi possível averiguar os significados que eles vão produzindo e também as conexões que estabelecem entre os modos representacionais, como textos, figuras e atividades práticas realizadas durante atividade a investigativa.

Iniciou-se a análise dos dados apresentando em detalhes os resultados de cada uma das atividades de investigação. No item 7.4, apresentam-se os resultados das atividades avaliativas, da entrevista individualmente para cada aluno, seguidos da organização hierárquica dos significados, realizada individualmente por aluno. A organização hierárquica teve por base as formas de aprendizagem significativa.

7.1.1 Atividade Investigativa 1

No primeiro encontro discutimos os aspectos gerais relativos ao tema fotossíntese, a fim de promover situações em que os alunos pudessem evidenciar os significados existentes na estrutura cognitiva. Identificamos por P a professora /pesquisadora, por A os alunos, e AS quando os alunos respondem juntos. Entre

parênteses estão os comentários da pesquisadora.

1ª Encontro

Iniciou-se a discussão.

Engajamento

P: A luz do sol é importante para nossa vida? Por quê?

A1: Por causa das plantas.

A2: Para as plantas fazerem fotossíntese

P: Em que série vocês aprenderam fotossíntese?

AS: Na quarta série.

A2: No começo deste ano (quinta –série) como revisão.

A3: Ajuda a regular a temperatura do corpo, também aquece o oceano.

A1: Sol serve pra fazer fotossíntese pra gente respirar o oxigênio.

P: Se não existisse o sol, algum ser vivo conseguiria sobreviver na Terra?

A2: Tudo ia congelar.

P: Quem acha que não?

Todos acham que não.

A3: Não ia ter fotossíntese.

P: Mas qual o problema de não ter fotossíntese?

A1: Não ia ter oxigênio pra respirar.

A2: As plantas sugam o gás carbônico e soltam o oxigênio.

P: O que mais que poderia acontecer?

A5 Não teria alimento para gente comer.

P: Mas e a carne dos animais?

A3: Mas não ia ter capim?

P: E o capim faz fotossíntese?

(Nesse instante houve divergências entre as repostas. Alguns consideravam que o capim faz fotossíntese, outros achavam que não.)

A2: Acho que não.

A4: Eu acho que faz sim.

(A maioria não sabia o que dizer

A5: Acho que faz porque ele é um ser vivo.

P: Capim é vivo?

As: É.

P: Por quê?

A6: Porque é verde.

P: Por que é verde?

A2: Eu acho que é, mas não sei explicar.

(Não houve consenso entre eles. Consideravam o capim ser vivo, mas não sabiam explicar).

A4: Porque ele suga água.

P: Mas as esponjas de lavar louça também sugam água . Ela é ser vivo?

(Não houve resposta.)

P: Vamos voltar para a fotossíntese. Quem viveria na Terra se não tivesse luz?

A1: Os vermes, barata, insetos.

A6: Os urubus.

P: E as plantas?

Todos concordaram que elas não viveriam.

P: Será que nós podemos fazer algum experimento para mostrar se a planta precisa de luz?

Neste momento, os alunos tentaram novamente explicar a razão de as plantas precisarem de luz. Não conseguiram entender de imediato que se tratava de um experimento. Após a pesquisadora insistir quanto ao experimento que poderia ser feito, um aluno respondeu:

A1, A3: Deixe uma planta no escuro para ver o que acontece.

A4: Minha mãe tem planta que fica no claro, mas sem sol, e não morre.

Apresentação do problema

P: Eu trouxe aqui duas plantas. Uma delas nós vamos deixar no claro e outra no escuro. Depois nós vamos observar e acompanhar o que vai acontecer com as plantas.

(Foram colocadas uma planta no claro e outra em local totalmente escuro, com a ajuda dos alunos. Esta última foi colocada em um armário fechado. As plantas eram da espécie *Kalanchoe blossfeldiana*, popularmente conhecida como kalanchoê, ou Calandiva).

P: Agora vocês vão colocar no caderno as hipóteses sobre o que acha que ira acontecer com a planta do claro e com a planta do escuro. O que é hipótese?

A3: É uma suposição.

P: Ótimo. É uma suposição do que irá acontecer.

Nesta primeira intervenção foi possível verificar as ideias relevantes dos alunos a respeito do assunto em estudo.

Quadro 5 - Síntese das ideias estabelecidas na estrutura cognitiva dos alunos

1 – Importância da luz do sol para a vida	<ul style="list-style-type: none"> • Fotossíntese • Temperatura do corpo e do planeta • Aquecimento do oceano
2- Falta de luz solar no planeta	<ul style="list-style-type: none"> • Congelamento do planeta • Falta de alimento • Falta de oxigênio
3- seres que podem viver na ausência de luz	<ul style="list-style-type: none"> • Vermes • Baratas • Urubus

Fonte: Autora

No final da atividade deste dia, os alunos escreveram as hipóteses em uma folha que posteriormente recolhemos. Observou-se que duas alunas não responderam a nenhuma das questões, apenas participaram, inclusive elaborando as hipóteses, mas não se pronunciaram durante a interação. As hipóteses dos alunos seguem abaixo no quadro 6.

Elaboração das hipóteses

Quadro 6 - Hipóteses dos alunos na atividade investigativa 1

Aluno	Planta no escuro	Planta no claro
1	Não conseguem viver porque não vai conseguir respirar o gás carbônico e nem soltar seu oxigênio	Vai sobreviver muito tempo, respirar gás carbônico e soltar o oxigênio
2	Não conseguirá realizar a fotossíntese	Vai respirar e realizar a fotossíntese
3	Acho que a planta vai morrer porque não vai fazer fotossíntese	Acho que vai viver por causa da fotossíntese
4	Não vai viver porque não faz fotossíntese	Consegue viver porque vai fazer fotossíntese
5	A planta vai morrer rápido	Com a luz do sol e a água vai sobreviver bem e vai crescer mais
6	A planta não vai conseguir respirar o gás carbônico e soltar o oxigênio	Vai viver naturalmente
7	Vai ficar muito fraca morrerá mais cedo por causa da falta de gás carbônico	Vai ficar mais forte que as outras, com mais nutrientes e com mais tempo de vida.

Fonte: Autora

Os alunos mostraram interesse em realizar a atividade, e esse fato demonstra o engajamento dos estudantes. A emissão de hipóteses permite que eles tomem consciência de suas próprias ideias (POZO, 1998). A ideia de que a planta do escuro morrerá por falta de ar é compatível com trabalhos de Medeiros, Costa e Lemos (2009) nos quais os alunos consideram que em local fechado a planta não se desenvolve por falta de ar.

Com base nas hipóteses elaboradas pelos estudantes, é possível verificar que os alunos conseguem fazer relações coerentes entre presença de luz, fotossíntese, dificuldades de sobrevivência no planeta na ausência de luz. Os significados já existentes na estrutura de conhecimento deles apresentaram-se satisfatórios para essa fase de escolaridade, no momento em que foi realizada a primeira intervenção. Muitos dos significados não estão em acordo com o conhecimento científico, no entanto, os alunos mostram que conseguem estabelecer relações entre a necessidade da presença de luz e a manutenção da vida no

planeta. Porém, no que se refere à respiração, percebemos incorreções quando apontam o gás carbônico como responsável pela respiração dos vegetais.

Neste primeiro encontro notamos que os alunos tiveram participação nas interações discursivas entre eles e com a professora/pesquisadora, atribuindo suas explicações ao fenômeno em estudo. Essa interação é um momento relevante para a aprendizagem. Conforme salienta Oliveira e Carvalho (2006) quando o aluno apresenta sua explicação para um dado fenômeno científico, ele está processando cognitivamente toda a sua compreensão da atividade. Duas alunas não tiveram nenhuma participação dialógica, mas emitiram hipóteses por meio de representações verbais de modo escrito. Esse fato indica que os alunos apresentam afinidade com certos modos semióticos para expressarem suas representações internas (PERALES PALACIOS, 2006).

Os alunos demonstraram ter significados claros e bem estabelecidos na estrutura de conhecimento quanto ao conceito de fotossíntese, compatíveis ao nível de escolaridade em que estão. No entanto, averiguou-se que não estabeleceram relações precisas entre fotossíntese e cadeia alimentar ao citarem os animais que possivelmente poderiam sobreviver na Terra na ausência da luz. O assunto cadeia alimentar é ministrado nas Séries Iniciais, assim como fotossíntese e respiração dos seres vivos. Portanto, observamos que não houve, até o momento, a transferência, de acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (2000), dos conhecimentos de fotossíntese para o assunto cadeia alimentar.

Quanto ao conceito de respiração, percebeu-se controvérsias relativas à emissão e obtenção dos gases respiratórios. Nesse caso, o entendimento dos alunos não está de acordo com o conhecimento científico. Outro aspecto relevante foi quanto ao conceito de ser vivo. Demonstraram claramente dificuldades em caracterizar um ser vivo, no que se refere às diferenças com fatores abióticos.

2ª Encontro

Observação e explicações das evidências

A observação das plantas para verificar seu desenvolvimento, o que mostrou as evidências aos alunos sobre a necessidade da luminosidade, foi realizada em mais duas intervenções. Nesse dia, iniciou-se com as observações das duas

plantas: a que ficou no claro e a outra do escuro. Colocamos ambos os vasos sobre a mesa do laboratório, ao redor da qual os alunos sentavam. Tivemos o cuidado de coloca-los na mesa antes do início da atividade para que os alunos não percebessem qual estava no claro e no escuro.

P: Qual dos dois vasos estava no escuro?

A6: O da esquerda.

P: Por quê?

A6: Porque parece que não cresceu igual ao outro vaso.

A2: As folhas não estão muito verdes como o outro.

P: E as meninas, o que acham?

A4: Porque as flores não desenvolveram muito.

P: Por que vocês acham que a planta do escuro não se desenvolveu direito?

(A maioria dos alunos respondeu que foi porque ela não fez a fotossíntese)

A6: Ela não pode fazer a fotossíntese nem respirar.

P: Fotossíntese e respiração são as mesmas coisas?

(Alunos responderam que não).

A6: Fotossíntese é a alimentação das plantas e respiração...

A2: O caule ajuda a respirar, a folha também.

A3: Ela respira pelo caule..

P: No escuro a planta também respira?

A1: Acho que não.

A2: Respira sim, mas é menos.

P: E as meninas?

A7: Acho que no escuro ela fez um pouquinho de fotossíntese.

Nesse segundo encontro verificou-se que o modo prático, isto é, a observação direta dos vasos, na qual os estudantes puderam comprovar evidências, e a situação dialógica proporcionada favoreceram a reflexão entre os alunos, conforme pudemos verificar nas suas respostas. Esse momento de discussão foi necessário para ativar os processos mentais que possibilitam o raciocínio, sendo este um dos objetivos da atividade investigativa.

Após a interação, pedimos aos alunos que registrassem por meio do modo representativo verbal escrito o que acontecera com cada planta. Esse momento da

atividade investigativa foi importante para os alunos perceberem, novamente, as evidências para resolverem o problema proposto nessa atividade. Em síntese, as informações que apareceram foram as seguintes: planta do claro: as folhas cresceram e estão mais verdes, as flores também se desenvolveram mais; planta do escuro: a planta se desenvolveu menos e as flores parecem estar menos desenvolvidas.

Dois alunos deram como sugestão colocar no claro a planta que ficara no escuro, para ver o que poderia ocorrer. Esse fato confirma o engajamento dos alunos na atividade investigativa, sendo uma das características necessárias apontadas pelo NRC (apud BYBEE, 2006). A professora/pesquisadora acatou a sugestão e dissemos que iríamos deixar as plantas assim por mais uma semana para nova observação. Essa sugestão dos alunos confirma que a atividade investigativa despertou a curiosidade, levando-os a refletir sobre o ocorrido, não ficando limitados apenas à observação ou manipulação dos objetos, conforme Azevedo (2006).

Dando sequência às atividades, pedimos que escrevessem o que as plantas precisam para fazer a fotossíntese e o que elas produzem quando realizam esse processo, observando novamente as duas plantas.

P: Vocês disseram que a planta do escuro ficou assim porque não fez a fotossíntese. Então escrevam o que vocês acham que a planta usa para fazer a fotossíntese. Depois o que ela produz quando faz a fotossíntese.

Durante o período em que estavam escrevendo alguns alunos perguntaram:

A3: Gás carbônico é a mesma coisa que ar?

A6: Gás carbônico é fumaça.

A1 e A2: Gás carbônico é ar poluído.

A7: Gás e ar são as mesmas coisas. Gás carbônico é um ar poluído.

(Os demais alunos concordaram que o gás carbônico é um “ar” poluído.)

Aproveitando a discussão, a professora perguntou:

P: Se o gás carbônico é poluído, as plantas, então, utilizam ar poluído?

(Vários alunos responderam que sim, mas explicaram que elas purificam esse gás poluído para fabricar o oxigênio).

Essa discussão mostra, novamente, que o resultado do trabalho investigativo possibilitou aos alunos a reflexão, pois no momento em que foi pedido para escreverem sobre as necessidades da planta para fazer a fotossíntese, com base na atividade investigativa realizada, eles revelaram suas incertezas sobre um determinado conhecimento que até então parecia ser claro para eles, como a discussão iniciada por A3. Isso revela que a atividade investigativa levou os alunos a refletirem sobre suas concepções, sendo esse um dos objetivos dessas atividades. Além disso, o fato ocorrido está de acordo com o verificado por Yore e Hand (2010), os quais destacam que a escrita ajuda o aluno a clarificar conceitos científicos que ainda estão confusos e com Oliveira e Carvalho (2006) para as quais a escrita como instrumento cognitivo tende a ser uma ferramenta importante para organizar e consolidar ideias rudimentares em conhecimento mais coerente e estruturado. Aqui é possível perceber a elaboração de significados subordinados, pois gás carbônico surge como gás poluído e fumaça. Neste caso, poluído e fumaça são especificidades para o gás carbônico. Além disso, houve também a elaboração de significado sobreordenado, pois o aluno A7 considerou o gás carbônico como “ar”. O conceito de ar é mais geral do que o conceito de gás carbônico.

As respostas à pergunta *O que as plantas utilizam para fazer a fotossíntese?* foram: as plantas precisam de oxigênio, nitrogênio, luz, gás carbônico da folha, ar, água, ar para respirar.

Sabe-se que as plantas necessitam, para a fotossíntese, da luz do sol, da clorofila e pigmentos acessórios como carotenóides, além da água e gás carbônico. A resposta dos alunos demonstram que eles têm conhecimentos muito confusos quanto ao que os vegetais utilizam para realizar a fotossíntese. Ao afirmarem que a planta necessita de gás carbônico, oxigênio, nitrogênio e ar, percebe-se claramente que não diferenciam os conceitos de ar e gases respiratórios.

Conexão das evidências ao conhecimento científico

Para explicar os resultados obtidos no experimento e o que ocorreu com as duas plantas, os alunos precisam ter acesso às informações. Nesse caso, foram utilizados dois modos representacionais: texto e figura que tratam da fotossíntese. Inicialmente os estudantes tiveram acesso ao texto. Ao ler o aluno constrói uma representação mental proposicional do mesmo (SCHNOTZ, 2002). Após a leitura

pedimos a eles para escreverem o que entenderam a respeito do texto e dessa maneira evidenciamos os significados produzidos.

Significados produzidos pelos alunos após modo de representação por leitura do texto

Com essa primeira atividade de leitura de texto (anexo A), obtivemos os seguintes resultados:

A1: O sol produz energia, mas só um pouco dela chega à Terra. A Terra precisa do sol para poder sobreviver. As plantas precisam da clorofila para absorver a energia do sol e fazer fotossíntese.

A2: O produtor (planta) usa as coisas naturais para sobreviver e produz alimentos para nós humanos, como o açúcar. O sol produz a energia e o calor. Só uma parte da energia chega à Terra para ajudar na fotossíntese, e os humanos..

A3: Eu entendi que a luz do sol é produtor de energia e a clorofila que faz a planta se desenvolver (fotossíntese).

A4: O sol é uma estrela que produz luz e calor para a Terra. Fotossíntese é forma de energia. Usa gás carbônico e solta o oxigênio.

A5: A planta precisa de resíduos minerais que se decompõem de restos de folhas e animais que a sustentam além do sol, oxigênio e água. É o caso de uma cadeia alimentar.

A6: O sol é uma fonte natural de calor. A planta necessita de luz e calor do sol. A clorofila ajuda a planta a absorver os gases, como o gás carbônico, juntando com a luz do sol e calor.

A7: O sol é uma estrela que produz energia. A fotossíntese é mais ou menos o alimento da planta. A clorofila das plantas produz açúcar que é um alimento para os animais e seres humanos.

Com a leitura do texto verificou-se que os significados elaborados pelos alunos após a leitura apresentam-se mais diferenciados, em relação aos que foram apresentados no início deste estudo indicados resumidamente nas tabelas 1 e 2. Percebeu-se que alguns termos começam a fazer parte do vocabulário dos alunos, como glicose, clorofila, fonte natural de calor, decomposição e resíduos minerais.

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (2000), à medida que constroem significados ou reorganizam os já existentes na estrutura cognitiva, o conhecimento tende a se tornar mais substantivo para os alunos.

Um dado importante aparece em A5, quando salienta que a planta precisa de resíduos minerais e exemplifica a cadeia alimentar. No texto entregue aos alunos havia uma figura de cadeia alimentar, mostrando resíduos orgânicos e processo de decomposição, mas essas informações não faziam parte do corpo do texto, o qual explicava apenas o processo de fotossíntese. Esse dado revela que a observação da imagem proporcionou uma construção mais efetiva dos significados relativos à fotossíntese, quando utilizada junto com o texto (PERALES PALACIOS, 2006).

Significados produzidos após modo de representação por observação da figura

Após a leitura do texto, os alunos receberam a figura de um esquema da fotossíntese para observarem e explicarem o processo (anexo B). O esquema apresenta as informações contidas no texto. O objetivo foi verificar os significados de fotossíntese elaborados a partir da figura. Para a leitura da imagem os alunos constroem uma representação mental analógica da mesma, conforme Schonotz (2002). Recolheu-se a figura. Os alunos, então, produziram um texto explicativo da imagem por meio do qual expressaram suas representações mentais. Obtiveram-se os resultados abaixo:

A1: A glicose que tem nos galhos da planta é retirada e vai para o solo. Pelo solo as plantas sugam pelas raízes, água e sais minerais. Para fazer fotossíntese ela suga energia solar e gás carbônico.

A2: A planta ao realizar a fotossíntese absorve o gás carbônico e solta o oxigênio. Então ela produz frutos para sobreviver.

A3: A planta usa o gás carbônico e libera o oxigênio, é a glicose que fica no açúcar e os minerais que vêm do animal morto que ajudam as plantas e a luz do sol.

A4: A planta ingere gás carbônico e solta o oxigênio. Com isso a glicose abaixa para o tronco até chegar à raiz, a qual recebe água e sais minerais do solo.

A5: Ela utiliza sais minerais, energia solar e solta o oxigênio e glicose e ajuda as outras plantas e humanos.

A6: A planta necessita de gás carbônico, energia solar e absorve água, sais minerais e produz a glicose e frutos.

A7: A planta recebe água e sais minerais do solo pela raiz e respira gás carbônico e junto com a glicose produz o oxigênio. O sol ajuda a manter o solo e a planta.

Com a observação da figura vários estudantes, como A2, A3, A5, A6, produziram significados coerentes com o conhecimento científico. Foi possível verificar também que com a integração entre os dois modos, os alunos, ao observarem a figura, conseguiram relacioná-la com algumas informações que apareciam apenas no texto, como a decomposição, citada por A3, e a produção de alimentos para os demais seres vivos, citada por A2, A5, A6. Como as informações da figura eram referentes apenas à fotossíntese e não à cadeia alimentar, foi-nos possível verificar que houve a produção de significados combinatórios, pois alguns estudantes conseguiram relacionar a cadeia alimentar com aspectos que envolvem também a fotossíntese. Pelas respostas quanto à figura, aparecem significados também relativos ao texto. Isso mostra que ao fazerem a leitura da imagem os alunos transferiram para ela os significados que elaboraram inicialmente com a leitura do texto.

Os dados acima apresentados são sustentados por Mayer (2005) e Yore e Hand (2010), quando enfatizam os cinco processos necessários para que se desenvolva a significação, para a qual deve ocorrer a seleção de palavras, imagens e a integração entre elas. Segundo esses autores, a integração dessas duas modalidades, com base nas teorias cognitivistas, resulta em processos mais elaborados para decodificar a informação. Ambos os modos trabalham em paralelo para produzir representações mentais. Porém, a integração estabelecida entre os modos representacionais aqui utilizados levou o aluno a produzir significados, mas nem sempre concordantes do ponto de vista científico.

Outro aspecto relevante no que se refere à imagem ocorreu quando um aluno relata que a glicose dos galhos foi para o solo. Na figura apresentada aos estudantes, havia algumas setas posicionadas no sentido descendente, indicando que a glicose desce das folhas para as raízes. A1 atribuiu às setas o significado de

que a glicose desce para o solo, sendo, portanto, incoerente cientificamente. Colin, Chauvet e Viennot (2002) advertem que a utilização de flechas em figuras pode ser um obstáculo ao entendimento do leitor, pois o mesmo, ao fazer a leitura da imagem, poderá atribuir significados não científicos. Os autores ressaltam ainda que a comunicação por meio de imagens e textos é refeita, reconstruída e transformada pelo receptor.

Um aspecto a ser considerado com relação à figura apresentada aos alunos é que a mesma não continha a palavra clorofila, como indicativo de um elemento para a realização da fotossíntese. A clorofila não foi citada em nenhuma das respostas dos alunos. Após terminarem a explicação da figura, por meio do texto que produziram, perguntamo-lhes:

P: Vocês observaram se nesta figura tem algum elemento que não está presente para a realização da fotossíntese?

A1: A clorofila.

A resposta de A1 foi confirmada por outros alunos. Isso mostra mais uma vez que a leitura da imagem foi complementada pela informação contida no texto e que os estudantes conseguiram fazer conexões entre as informações do texto e a figura. Na intervenção seguinte os alunos finalizaram a atividade investigativa 1.

Os textos elaborados pelos alunos, tanto a partir da leitura do texto de fotossíntese, quanto a partir da figura representativa desse processo, mostram que os estudantes utilizaram apenas detalhes do texto e da figura, e não fizeram uma cópia exata do material utilizado (MAYER, 2005).

3ª Encontro

No último dia, para finalizar a atividade investigativa, os alunos fizeram a conclusão. Para isso, produziram um desenho que representava as duas plantas, a do claro e a do escuro, e fizeram um breve comentário sobre o que ocorreu com elas. As explicações seguem abaixo. Para Carvalho (2006), este é o momento da atividade investigativa em que o aluno conclui a atividade. De acordo com o NRC (apud BYBEE, 2006), é o momento da comunicação dos resultados.

Conclusão (comunicação dos resultados dos alunos)

Os alunos elaboraram um desenho representando o que ocorreu com cada planta seguido de um pequeno texto explicativo. Os resultados estão abaixo.

A1: A planta do claro conseguiu ter tudo o que ela precisava para sobreviver. A planta do escuro não conseguiu respirar e pegar o gás carbônico e a luz solar.

A2: A planta do claro ficou mais bonita porque recebeu luz do sol e ar. A do escuro não conseguiu as coisas que a do claro conseguiu.

A3: A planta do claro conseguiu sobreviver porque recebeu luz e a do escuro não.

A4: A planta do escuro não conseguiu fazer fotossíntese, pois não tinha sol e faltou ar. A planta do claro conseguiu fazer fotossíntese.

A5: A planta do claro evoluiu mais e fez fotossíntese por causa dos raios solares. A do escuro não evoluiu, portanto, não fez fotossíntese por não ter recebido a luz solar.

A6: Planta do claro fez fotossíntese e está verde. A do escuro não fez a fotossíntese e está murchando, pois a luz do sol faltou para ela fazer a fotossíntese.

A7: A planta do claro fez fotossíntese porque tinha luz. A do escuro ficou murcha sem nutrientes porque ficou sem luz solar e não pode fazer a fotossíntese.

Nota-se nas conclusões dos alunos que poucos conseguiram estabelecer conexões entre as evidências observadas no experimento e os significados elaborados com a leitura do texto e com a figura, pois mantiveram-se atentos apenas ao resultado do experimento. No entanto, conseguiram estabelecer relação de causa e efeito entre presença de luz solar e atividade fotossintética, para a interpretação dos resultados. O estabelecimento dessas relações aponta habilidades cognitivas as quais são objetivos das atividades de investigação (GUMMER; CHAMPAGNE, 2006). A necessidade de luz para a planta realizar a fotossíntese foi claramente observada pelos alunos nessa atividade. Os alunos A1 e A4 relacionaram a ausência de ar com o fato de a planta não ter sobrevivido. A elaboração do significado sobre a necessidade do ar para a sobrevivência da planta pode ter ocorrido pelo fato de ela ter ficado dentro do armário. As explicações desses alunos mostram que fotossíntese e respiração são fenômenos confusos para

eles, sugerindo que a ideia de lugar fechado não permite a respiração, a exemplo do que ocorre nos animais. Além disso, A1 ressalta a falta de gás carbônico para a respiração da planta, sendo esta uma concepção incorreta em relação ao conhecimento científico.

A aluna A7 fez uma importante relação coerente entre fotossíntese e nutrientes para as plantas, ao indicar que a planta sem luz não produziu nutrientes. Salientamos que no texto lido pelos alunos o autor apresentou a relação entre fotossíntese e nutrição orgânica pela planta.

Reiteramos que os significados construídos são próprios e, por isso, podem ser discordantes do conhecimento científico, como evidenciam alguns exemplos acima.

7.1.2 Atividade Investigativa 2

Esta atividade foi realizada no mesmo dia em que os alunos fizeram a conclusão por meio de desenhos da atividade 1, correspondendo ao 3º encontro. Iniciamos utilizando novamente a figura que os alunos observaram na atividade anterior.

A imagem mostrava uma planta com as condições necessárias para a realização da fotossíntese e também os elementos produzidos durante o processo. Importante destacar que na figura não constava a clorofila (anexo B).

Então solicitamos que os alunos observassem novamente o desenho e relatassem que elemento faltava nele para a planta realizar a fotossíntese. Neste primeiro momento da atividade investigativa 2 tivemos o intuito de proporcionar o engajamento dos estudantes.

Engajamento:

P: Vocês se lembram desse desenho que vocês viram na aula anterior?

As: Sim

P: O que está faltando neste desenho para a planta fazer a fotossíntese?

Escrevam na folha.

Os alunos responderam que faltava a clorofila. Só a aluna A7 não conseguiu responder dizendo não saber. A necessidade de clorofila foi apresentada apenas no texto, o que indica que o modo verbal (texto) foi relevante para a elaboração dos significados, e os alunos foram capazes de transferir esse conhecimento obtido pela leitura do texto, para o modo de representação imagético.

Então continuamos a discussão:

P: Vocês responderam que é a clorofila. Se você tivesse que colocar a clorofila no desenho, onde você colocaria?

Alguns responderam no caule.

A1: Na folha.

P: Na folha ou no caule?

A2: Acho que no caule.

A1: Acho que é só na folha.

P: E as meninas, o que acham?

A4: Na folha.

A5: Na folha.

A7: Na folha.

P: Agora falem que cor é a clorofila?

As: verde.

Apresentação do problema

Mostrando folhas de diferentes cores aos alunos, a professora colocou o seguinte problema:

P: Quando eu tenho uma folha desta cor, verde, vermelha, roxa, ela também tem clorofila? Ela consegue fazer a fotossíntese?

A6: Faz porque a clorofila mudou de cor.

A2e A3: A clorofila pode ter outra cor.

A1: É, pode ter cor aleatória.

P: Existe isso, cor aleatória?

A1: É porque ela muda de cor.

P: Então vamos pensar em uma coisa. Cada substância dessa que dá cor para a planta tem um nome diferente. A clorofila é uma substância que dá que cor para a planta?

As: verde.

P: Então essas folhas coloridas também têm clorofila?

A6: Acho que sim, porque a clorofila muda de cor por causa da glicose

P: E as meninas, o que acham?

A4 e A: Acho que sim porque elas fazem a fotossíntese.

P: Bom, então agora vocês vão pensar neste problema: “As folhas coloridas também tem clorofila”? Escrevam na folha de papel suas hipóteses.

Quadro 7 - Hipóteses dos alunos na atividade investigativa 2

Alunos	Hipóteses sobre a presença de clorofila em folhas coloridas
1	A cor é aleatória. Clorofila pode mudar de cor
2	A clorofila pode ter outra cor
3	A clorofila pode ter outra cor
4	As folhas coloridas têm clorofila
5	Folhas coloridas têm clorofila
6	Clorofila muda de cor
7	Folhas coloridas têm clorofila

Fonte: Autora

Nas hipóteses apresentadas, notamos que os alunos ficaram indecisos. No entanto, concordam com a presença de clorofila mesmo admitindo que ela pode apresentar outra cor nas folhas coloridas.

Observação e explicações das evidências

Após anotação das hipóteses, a professora disse:

P: Agora nós vamos fazer um experimento para extrair a clorofila e vocês vão poder verificar se as folhas coloridas têm ou não têm clorofila.

Os alunos fizeram a atividade experimental para extração de clorofila. No momento em que desenvolviam a atividade a professora questionou os alunos.

P: Por que vocês estão colocando acetona para amassar as folhas?

Alguns alunos responderam que era para ajudar tirar a cor da folha.

P: Como vamos perceber se todas as folhas amassadas têm mesmo clorofila?

Então pegou um papel filtro e mostrou aos alunos como podemos verificar a presença da clorofila no papel após experimento com cada folha amassada. Os alunos observaram diferentes cores no papel filtro, e perceberam que nas folhas avermelhadas e roxas também havia a coloração verde. A professora fez o seguinte comentário:

P: As folhas mesmo não sendo totalmente verdes também têm clorofila. Observem novamente o papel. Estão vendo que todas têm a cor verde e que nas coloridas além do verde aparece outra cor?

As: Sim

P: Agora vocês vão fazer a conclusão. Qual era mesmo o problema inicial?

A1: As plantas coloridas também têm clorofila?

Os alunos elaboraram um pequeno texto para conclusão da atividade.

Um aluno perguntou se poderia escrever que viu a planta fazer a fotossíntese. Neste instante a professora pediu atenção para os alunos e disse:

P: Alunos, nesta experiência vocês viram a planta fazer fotossíntese?

A1: Não

P: Então vocês têm que colocar o que vocês viram, que foi a coloração das folhas.

Conexão das evidências ao conhecimento científico

A conexão com o conhecimento científico, em que os alunos devem ter acesso aos textos explicativos, foi realizada na próxima atividade investigativa, quando os alunos procuraram textos explicativos e figuras na internet para resolverem o problema da atividade 3 que também contemplava a atividade 2.

Conclusão (comunicação dos resultados dos alunos)

A seguir são apresentadas as conclusões dos alunos:

A1: Tem porque no experimento feito deu para saber que nos líquidos tinha clorofila

A2: Sim, porque fizemos o teste e deu para perceber que têm clorofila

A3: Sim, porque fizemos a experiência

A4: Fizemos a experiência e vimos que apesar de a folha ser colorida ela tem clorofila verde e outras substâncias mais para dar cor.

A5: Apesar de serem de cor diferente todas têm clorofila por meio de um experimento

A6: Sim porque fizemos o teste da cor

A7: As plantas coloridas também têm clorofila porque no teste que foi feito para tirar cor delas aparece um verde no canto.

Os alunos mantiveram-se envolvidos com o experimento durante toda a realização da atividade. Perceberam claramente nas folhas que não apresentam a coloração verde, além da presença da clorofila verde, outros pigmentos que lhes davam outra coloração.

4º Encontro

Após a realização da atividade investigativa 2 houve outro encontro, entre alunos e professora/ pesquisadora, duas semanas seguintes. Nesse encontro os alunos fizeram um desenho representativo de uma planta realizando fotossíntese, e indicaram os produtos necessários e os produzidos durante este processo. Com a elaboração dos desenhos pelos alunos, objetivou-se verificar as conexões estabelecidas entre figura, textos e atividades investigativas 1 e 2. Iniciamos o encontro com uma interação.

P: O que nós estamos estudando em Ciências?

A2: Plantas, flores.

A3: Fotossíntese.

A7: Luz solar.

P: Isso que vocês falaram tem alguma coisa em comum?

A5: Estão relacionadas porque a planta não faz fotossíntese sem a luz.

Para verificar os produtos da fotossíntese, indagamos os alunos sobre a glicose.

P: O que é glicose?

A2: É um material que a planta produz. É açúcar. A planta usa glicose para fazer fotossíntese.

A6: Ela produz a glicose no caule.

A1: É nos galhos, desce e vai para o solo, igual estava no desenho.

A3: Ela vem das folhas, vai para o caule e desce para raiz.

A7: É um ingrediente que vai para a fruta.

P: Onde fica a glicose na planta?

A6: Fica na fruta.

A4: Fica na fruta.

P: Por que no desenho ela estava descendo para a raiz?

A1: A glicose tem que ir para terra para a planta usá-la.

P: Para que nós usamos a glicose?

A3: Ela vai para nosso sangue.

(Não conseguiram avançar na discussão).

P: Por que quando vocês estudam cadeia alimentar nós começamos a cadeia pela planta?

(Não souberam responder. Então continuamos:)

P: Vocês me disseram no primeiro dia que sem a luz do sol nenhum ser vivo sobreviveria na Terra. Por quê?

A1: Porque os humanos não iriam conseguir manter a temperatura do corpo.

A3: As plantas não iam conseguir fazer a fotossíntese. Elas precisam do sol e da clorofila para fazer a fotossíntese.

P: Mas se não tivesse plantas não teria, por exemplo, vaca, cavalo, cachorro?

A3, Não porque o cachorro precisa de calor.

P: Então a fotossíntese tem a ver só com o calor?

A1: Não, por causa do ar da fotossíntese.

P: E a cadeia alimentar, o que tem a ver com a fotossíntese?

A3: É assim sem os microrganismos que ficam no solo a planta não vive porque eles também fazem a fotossíntese.

(A maioria não soube responder)

P: E porque que a cadeia alimentar começa com planta?

A1: Não é pela planta que começa é pelos decompositores. A planta suga os nutrientes dos decompositores e depois começa a cadeia alimentar.

A3: Eu concordo com o A1, que começa com os decompositores porque sem os decompositores não teriam plantas.

A6: Eu também acho que é com decompositor porque as plantas usam os nutrientes.

P: Então as plantas podem ser tiradas da cadeia alimentar e ficar só os decompositores e os animais?

A6: Não, porque senão o herbívoro não vai ter planta para comer:

P: Então seria porque o herbívoro não teria alimento?

(Não souberam responder).

Nessa interação foi possível verificar que os alunos haviam apresentado algumas concepções antes de iniciarmos as atividades, e que estas ainda permanecem muito estáveis na estrutura de conhecimento deles, como a necessidade da luz do sol apenas para manter o calor da Terra e a temperatura do corpo, como aparece em algumas respostas. O ponto mais polêmico dessa discussão foi quanto à cadeia alimentar, pois os alunos A1, A3 e A6, não conseguiram relacioná-la com a fotossíntese, atribuindo aos microrganismos o papel central na alimentação das plantas, porque produzem nutrientes para elas. Outro aspecto relevante é o fato de que cadeia alimentar não é um assunto encontrado em nenhum dos materiais apresentados aos alunos, texto, figura ou atividade investigativa, apareceu apenas como um desenho no final do texto dado aos estudantes (anexo A).

O significado atribuído à glicose é apenas para compor frutos e se deslocar às raízes, ou ainda ao solo, como mencionado por A1. Também conseguem relacionar a glicose à sua presença no sangue. A2, apesar de dizer que glicose é açúcar, demonstra que esses dois conceitos são bastante confusos para ele, pois cita que a planta produz açúcar, mas usa glicose para fazer fotossíntese.

Os resultados dessa intervenção mostram que a figura apresentada aos alunos na primeira atividade, na qual havia um esquema da fotossíntese (anexo B), foi um modo representacional mais relevante para o processo de significação do que o texto com as informações. A posição das setas indicando o sentido descendente da glicose na planta foi interpretada por alguns alunos como a glicose descendo

para o solo. Isso indica que a figura proporcionou efetiva produção de significados, apesar de não estarem em acordo com a ciência. A imagem da cadeia alimentar presente no texto que os alunos leram, também mostrou ser relevante na produção de significados pelos estudantes. Isso foi apontado pela maneira como os alunos relacionaram os microrganismos com a cadeia alimentar, atribuindo-lhes um significado de maior relevância para a sobrevivência das plantas do que a própria fotossíntese. Após essa interação inicial, entregamos uma folha em branco aos alunos e pedimos a eles que desenhasssem uma planta indicando o que ela utiliza e o que ela produz quando faz fotossíntese. Os dados apresentados nos desenhos, quanto aos componentes necessários para a realização da fotossíntese, foram:

A1: Gás carbônico, luz do sol, clorofila.

A2: Sol, gás carbônico, clorofila, glicose, água e sais minerais.

A3: Sol, microrganismos.

A4: Luz solar, água, glicose, gás carbônico.

A5: Luz solar, água, gás carbônico.

A6: Luz, calor, gás carbônico.

A7: Gás carbônico, luz solar, clorofila (indicou uma seta ascendente partindo do solo para a copa da planta), água.

Apesar de todos os alunos terem realizado a atividade investigativa para extração da clorofila, somente os alunos A1, A2 e A7 relacionaram a necessidade da clorofila para a fotossíntese. Este dado mostra que a maior parte dos alunos não conseguiu estabelecer conexões entre o texto da atividade 1 com a atividade investigativa 2 e a figura sobre fotossíntese. Apesar de estarem bem envolvidos com a atividade investigativa, tiveram dificuldades em transferir esses novos significados adquiridos em situação prática para situações que envolviam outras formas de representação, como o desenho que realizaram. A figura com um esquema da fotossíntese, apresentada aos alunos na segunda intervenção na atividade 1, mostrou-se mais relevante para a produção de significados. Os desenhos feitos pelos estudantes mostraram-se muito semelhantes com a figura esquemática da fotossíntese. Isso confirma que os alunos construíram uma imagem mental do tipo analógica com base na figura que analisaram. É importante ressaltar que no desenho apresentado a eles não havia clorofila, assim como no desenho da grande

maioria dos alunos. Outro dado relevante foi o significado que o aluno A3 apresentou para microrganismos, indicando que eles são necessários para a realização da fotossíntese. Salientamos novamente que essa informação não apareceu em nenhuma parte do texto nem na figura representativa do esquema da fotossíntese, mas sim em uma pequena figura indicando a cadeia alimentar no texto que os alunos utilizaram na atividade 1. Esses mesmos significados combinatórios entre fotossíntese e cadeia alimentar foram demonstrados pelo aluno A3 após a leitura da imagem na atividade 1. Esse fato demonstra que o aluno realizou conexão entre a imagem da cadeia alimentar com os demais modos representacionais apresentados.

Com relação à clorofila, os dois alunos que a indicaram como necessária à fotossíntese foram A1 e A7, e ambos também apresentaram a mesma significação para clorofila no texto que lhes foi apresentado na atividade 1. Os outros dois alunos, A3 e A6, que também tinham atribuído significado à clorofila na atividade com o texto, não a indicaram no desenho pedido nesta atividade. Os produtos da fotossíntese, de acordo com os alunos participantes do estudo, seguem abaixo:

A1: Oxigênio, glicose (apontou a seta da glicose no sentido descendente).

A2: Oxigênio e seu próprio alimento.

A3: Frutos.

A4: Oxigênio.

A5: Glicose e clorofila.

A6: Oxigênio, glicose (indicou as setas descendo para a raiz), água.

A7: Oxigênio, glicose (indicou as setas descendo para a raiz), frutos.

Um aspecto relevante é o referente aos frutos que aparecem no desenho de dois alunos, A3 e A7, indicados na planta como produtos da fotossíntese. Essa informação foi revelada no texto sobre fotossíntese que foi lido na primeira atividade (anexo A). O autor do texto explicava que o açúcar armazena-se em partes da planta e citou o caule da cana de açúcar e não o fruto propriamente. No processo de significação elaborado por esses dois alunos, o acúmulo de substâncias que ocorre na fotossíntese deposita-se no fruto. Porém, os desenhos feitos por ambos não mostram que esse depósito é do componente glicose, mas essa informação apareceu na interação anterior, nas respostas dos alunos, A7, A6 e A4, quando afirmaram que a glicose vai para a fruta. Se eles conseguiram ter esta compreensão

é porque estabeleceram conexões entre o texto e a figura representativa da fotossíntese.

É possível afirmar que em relação ao texto e a figura esquemática da fotossíntese apresentados na atividade 1, os desenhos dos alunos não mostraram uma evolução em termos de significados por eles elaborados. Os significados combinatórios entre decomposição e fotossíntese estão presentes. Apesar de muitos significados mostrarem-se em desacordo com o conhecimento científico, a maioria dos alunos permaneceu diferenciando os significados dentro de aspectos coerentes com a ciência. Esses dados apontam que os materiais de aprendizagem aqui utilizados apresentam significação potencial e lógico, conforme Ausubel, Novak e Hanesian (2000) de modo a permitir aos estudantes uma evolução de significados coerentes do ponto de vista científico. Dentre esses materiais, sugere-se que o esquema da fotossíntese, apresentado na atividade 1, no segundo dia tenha sido o mais relevante, devido aos significados que foram identificados no desenho feito pelos alunos.

O quadro abaixo apresenta sinteticamente a relação estabelecida entre o texto, atividade investigativa e figura, apresentados na atividade 1, com as representações dos alunos produzidas no desenho sobre a fotossíntese.

Quadro 8 - Conexões estabelecidas entre significados produzidos após modo de representação por leitura de texto e por observação da figura expressos nas representações dos alunos (desenhos)

Alunos	Significados expressos pela leitura do texto (no desenho dos alunos)	Significados expressos pelas atividades investigativas 1 e 2, (conforme texto da Conclusão)	Significados expressos pela leitura da figura (no desenho dos alunos)	Comentários
A1	Presença de clorofila nas folhas. Utilização de gás carbônico, água e minerais pelas raízes para fazer a fotossíntese Necessidade de luz para fazer fotossíntese.	Necessidade de luz para fotossíntese. Presença de clorofila.	Utilização de gás carbônico e de água e minerais pelas raízes para a fotossíntese. Produção de oxigênio Glicose vai para o solo	Predominância de significados elaborados a partir da figura da fotossíntese. Utilizou setas no seu desenho como na figura apresentada sobre fotossíntese.
A2	Planta utiliza a luz do sol para fazer fotossíntese. Presença de clorofila na planta. Absorve gás carbônico e libera oxigênio	Luz do sol para fazer fotossíntese. Presença de clorofila	Planta absorve o gás carbônico e libera oxigênio. Utiliza água e sais minerais do solo. Utilização do termo glicose	O aluno indica no desenho que a planta utiliza glicose para fazer fotossíntese.. Associou glicose como necessária para fazer fotossíntese. Significado provavelmente estabelecido após visualização do desenho. Não estabeleceu conexões entre o termo açúcar utilizado no texto, com glicose que apareceu na figura.
A3	Luz do sol é necessária à fotossíntese. Microrganismos que ajudam na decomposição auxiliam a fotossíntese.	Necessidade de luz para fotossíntese. Não relacionou fotossíntese com necessidade de clorofila.	Necessidade de luz para a fotossíntese. Glicose armazena-se nos frutos	Aluno apresentou conexões entre texto e figura da cadeia alimentar que havia no texto. Seu desenho não teve similaridade com a figura de fotossíntese. Não utilizou setas.
A4	Sol produz luz e calor para a fotossíntese. Produz oxigênio, absorve gás carbônico.	Necessidade de luz para fotossíntese. Não relacionou fotossíntese com necessidade de clorofila.	Planta absorve gás carbônico e solta oxigênio. Indicou a glicose como necessária para planta fazer fotossíntese e desce à raiz. Planta recebe	Utilizou setas no desenho como na figura da fotossíntese Predominância de Significados elaborados a partir da figura da fotossíntese

			água e sais minerais do solo.	
A5	Planta precisa de água, luz do sol. Relacionou a clorofila com a fotossíntese.	Necessidade de luz para fazer a fotossíntese. Relação da fotossíntese com clorofila.	Planta produz glicose. Absorve gás carbônico e água.	Aluna não indicou no desenho a presença de minerais e oxigênio, porém esses dois elementos aparecem nos significados tanto do texto como da figura. Equilíbrio entre de significados elaborados a partir da figura e do texto da fotossíntese. Utilizou setas como no desenho apresentado da fotossíntese.
A6	Planta necessita de luz do sol, gás carbônico e água.	Necessidade de luz para fotossíntese. Não relacionou fotossíntese com necessidade de clorofila.	Planta produz glicose. Absorve água. Necessidade de luz do sol para fotossíntese	Utilizou setas como na figura. Indicou a glicose descendo às raízes das plantas. Há um certo equilíbrio entre significados elaborados a partir do texto e da figura.
A7	Luz solar e gás carbônico necessários à fotossíntese. Produção de oxigênio	Necessidade de luz para a fotossíntese. Não relacionou fotossíntese com necessidade de clorofila.	Planta absorve água e sais minerais do solo. Absorve gás carbônico e libera oxigênio. Glicose produzida nas folhas desce para raiz	Utilizou setas como na figura. Seu desenho foi similar à figura sobre fotossíntese. Predominância de significados produzidos a partir da figura.

Fonte: Autora

Apesar de no texto lido pelos alunos, o autor não utilizar a palavra glicose, mas açúcar, é possível perceber que A3 estabeleceu conexões entre a figura, o texto e também a interação discursiva ao indicar no desenho que realizou que a glicose armazena-se no fruto. O fato de armazenar-se no fruto foi indicado pelo autor do texto que foi lido, e a glicose com a figura analisada. O aluno A3 relacionou em seu desenho a necessidade da presença dos microrganismos decompositores para a realização da fotossíntese. Ressaltamos que esse significado é proveniente da figura que havia no texto lido pelos alunos. Este fato indica que a figura foi relevante para o aluno na atribuição de significados, estando de acordo com Mayer (2005), quando afirma que o aluno em uma situação de ensino aprendizagem seleciona

imagens relevantes para o processamento na memória operacional visual, e a partir desses dados, constrói seu modelo mental (PERALES PALACIOS; JIMÉNEZ, 2002).

Ainda em relação à glicose, é possível perceber que A2 atribuiu a esse produto da fotossíntese um significado em desacordo com ciência quando indica no desenho a glicose como necessária para a realização da fotossíntese. Outro aspecto importante a ser ressaltado é que a clorofila aparece apenas no texto e não no desenho que os alunos analisaram, mas os alunos A1, A2 e A5, conforme apresentado no quadro acima, conseguiram expressar em suas representações, isto é, em seus desenhos, a necessidade da clorofila para a fotossíntese. Este fato mostra que os estudantes conseguiram transferir os conhecimentos de um modo representacional para outro (texto para desenho), bem como entender o uso coordenado desses modos (PRAIN; WALDRIP, 2006).

Os estudantes selecionaram palavras relevantes, neste caso a clorofila apresentada somente no texto. No entanto, A6 e A7 não evidenciaram em seus desenhos a necessidade de clorofila pela planta. Isso demonstra a não ocorrência de conexões entre o texto e a figura de fotossíntese.

O desenho dos alunos é a expressão de suas representações mentais. Dos sete estudantes analisados, cinco fizeram seus desenhos muito parecidos e utilizando as setas, como na figura que lhes foi apresentada sobre fotossíntese. Cada desenho apresentado por eles teve suas características próprias. Este fato está de acordo com Mayer (2005) quando afirma que os estudantes ao lerem figuras e textos, fazem uma seleção das palavras e imagens e as integram aos seus conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva. No caso de A2, o aluno apresentou em seu desenho a glicose como sendo necessária para a produção de fotossíntese. Esta mesma afirmação já havia sido feita por ele em uma interação quando iniciamos a atividade investigativa 2. Naquela oportunidade o estudante já havia visualizado a figura da fotossíntese, razão pela qual essa compreensão a respeito da glicose seja proveniente de tal visualização. Isso mostra que apesar de ser um significado em desacordo com o conhecimento científico, é estável para o aluno, pelo fato desse mesmo significado ter aparecido em seu desenho, evidenciando suas representações mentais. Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (2000), o aprendiz atribui significados aos materiais de aprendizagem a partir dos significados já existentes em sua estrutura de conhecimento. Na leitura do texto na atividade 1, o autor utiliza o termo açúcar para indicar a produção de matéria

orgânica pela planta. A2, apesar de afirmar na interação discursiva que glicose é açúcar, não conseguiu estabelecer conexões entre o texto e a figura sobre fotossíntese, apresentados na atividade investigativa 1, quanto à glicose.

Para os alunos que indicaram a presença de clorofila em seus desenhos, nota-se que com a leitura do texto, no qual constava a necessidade de clorofila para planta e provavelmente com a atividade investigativa 2, os estudantes além de fazerem a seleção das palavras para construir suas representações mentais, foram capazes de transferir esse conhecimento para o desenho que realizaram sobre a fotossíntese. Esse fato ocorreu também com os alunos que indicaram a glicose em seus desenhos, pois ao fazerem a leitura da figura, conseguiram selecionar a glicose como uma substância que faz parte do processo fotossintético.

Verifica-se que a figura apresentada foi importante para a elaboração dos significados de fotossíntese. Não há indícios nos desenhos dos alunos de que os significados apresentados sejam provenientes apenas da leitura do texto ou apenas da figura. No entanto, há uma predominância no desenho de alguns estudantes, de significados elaborados a partir da figura. Esses dados estão de acordo com Perales Palácios (2006), ao afirmarem que as imagens são mais facilmente compreendidas que os textos quando apresentadas aos alunos que ainda não têm uma boa compreensão do conteúdo. Esse fato é sustentado pelo desenho dos alunos, que se mostrou muito parecido com a figura sobre fotossíntese que lhes foi entregue.

Silva e Compiani (2006) afirmam que a utilização das imagens permite o desenvolvimento contínuo dos níveis de abstração para que o estudante tenha entendimento de conceitos, princípios e generalizações. Neste caso, para o conceito de fotossíntese não há um referente concreto; sendo assim, a figura permite gradativamente o processo de abstração. Esse fato pode ser verificado pela predominância, nos desenhos dos alunos, de significados de fotossíntese provenientes mais da figura, em relação ao texto.

É necessário ressaltar que as atividades investigativas foram bastante significativas para os alunos perceberem as evidências de que as plantas necessitam de luz para a realização da fotossíntese e também quanto à presença de clorofila nas folhas, independentemente da coloração delas, como foi enfatizado na atividade investigativa 2. Porém, a utilização de textos e imagens trouxe aos alunos muitas informações sobre o processo de fotossíntese e permitiu-lhes construir rede de significados favorecendo a compreensão do processo (PATTERSON;

NORWOOD, 2004). A necessidade de luz para a fotossíntese foi claramente compreendida por todos os alunos, já a compreensão da relação entre clorofila e sua necessidade para fotossíntese não foi satisfatória. Isso foi demonstrado nas respostas dos alunos A3, A4, A6, A7, por não indicarem a clorofila em seus desenhos, neste caso, não fazendo parte de suas representações internas.

7.1.3 Atividade Investigativa 3

Engajamento:

Após a realização dos desenhos pelos alunos, iniciamos uma interação antes de apresentarmos o problema da atividade 3. Este foi o 4º encontro com os alunos.

P: Vocês já viram isso? (mostra o terrário aos alunos)

P: Como se chama isso?

A6: É um ecossistema.

P: Por que você acha que é um ecossistema?

A6: Porque tem elementos vivos e não vivos.

P: Muito bem!

P: Isso se chama terrário. Vejam que não tem nenhum furo aqui na tampa. A planta está totalmente fechada. Vocês estão vendo que tem minhocas e formigas aqui dentro?

(Os alunos começaram a procurar e viram uma formiga)

A1, A3, A4: Tem uma minhocinha aqui.

A1: E água, professora, não tem?

P: Tem sim, a terra está molhada e não vamos colocar mais água. Depois vocês vão ver o que vai acontecendo com a água.

(Alunos observaram atentos o terrário)

Problema

Explicamos a eles como foi feito o terrário. Colocamos então a pergunta: *A planta conseguirá sobreviver no terrário? Por quê?* Os alunos colocaram suas hipóteses.

Quadro 9 - Hipóteses dos alunos na atividade investigativa 3

Alunos	Hipóteses sobre a sobrevivência da planta no terrário
A1	sim, porque mesmo fechada ela respira o próprio oxigênio.
A2	não sobrevive por falta de gás carbônico.
A3	Não, porque o ar vai acabar.
A4	Não, porque falta o gás carbônico.
A5	Sim porque ela respira gás carbônico, absorve oxigênio e solta gás carbônico.
A6	Não, porque falta o gás carbônico.
A7	Não, porque falta o gás carbônico.

Fonte: Autora

As hipóteses dos alunos foram emitidas no modo escrito. Após elaboração das hipóteses a professora/pesquisadora continuou:

P: será que aqui dentro ela tem todos os componentes que ela precisa para viver?

(demoraram para responder, então foi feita uma nova pergunta.)

P: tem alguma coisa aqui dentro que falta para a planta viver?

A6: O ar.

A5: Não, ela tem o ar.

A3: Ela tem o ar.

P: quem produz o ar aqui dentro?

A3: Ela mesma.

P: que gás que ela produz?

A1 e A3: O oxigênio.

P: Só o oxigênio?

(Não conseguiram responder)

P: Ela respira aqui dentro?

A3: Ela respira o gás carbônico e solta o oxigênio .

P: Ela sempre respira o gás carbônico?

A3: Bom, acho que ela respira os dois.

P: E vocês o que acham?

(silêncio)

P: E quando ela respira oxigênio, que gás ela solta?

A5: Não sei.

(dirigindo-se para A5, perguntou)

P: Você respira o oxigênio?

A5: Sim.

P: Que gás você solta quando respira o oxigênio?

A5: O oxigênio.

A1: A gente respira e solta o oxigênio.

P: Olha eu inspirei (faz movimento de inspiração), agora eu soltei o ar (faz movimento de expiração) que gás a gente libera?

As: oxigênio.

P: Oxigênio de novo?

A1: não é o gás carbônico.

P: Então que gás nós inspiramos?

As: O oxigênio.

P: E qual gás nós expiramos?

As: O gás carbônico.

P: A planta, respira como nós?

(não conseguiram avançar na discussão)

A3: Professora, será que a planta respira como a gente, respira gás oxigênio e solta gás carbônico?

P: Boa pergunta. Nós vamos ver isso depois nos textos na internet.

Neste mesmo dia fizeram a primeira observação e anotações na tabela elaborada pela professora.

Em relação ao conceito de respiração, nota-se que os alunos não têm clareza, nem mesmo em relação ao que ocorre no organismo humano. Consideramos que este é um aspecto fundamental para a compreensão de fotossíntese, pelo fato de muitos alunos, conforme aponta Charrier, Pedro e Maximo (2006), entenderem a fotossíntese como respiração da planta. Outro dado importante é que os alunos também, no momento em que foi perguntado quanto ao gás inspirado por eles, não tinham clareza quanto aos conceitos de inspiração e expiração. Admitimos ser este também um dado relevante para a compreensão do conceito de respiração.

Observação das evidências e conexão ao conhecimento científico

No quinto encontro, os alunos procuraram textos e figuras na internet a respeito de fotossíntese e respiração das plantas, para a resolução do problema apresentado sobre o terrário. . Tiveram liberdade para pesquisar os textos, porém com a orientação da professora/pesquisadora. Os alunos observaram também várias imagens representando a fotossíntese e respiração das plantas. No entanto, a professora/pesquisadora selecionou uma das imagens para todos fazerem a leitura da mesma (anexo C).

Após a pesquisa, cada aluno elaborou um texto explicativo dos assuntos que foram lidos e da imagem visualizada. A pesquisa de textos e imagens possibilita aos alunos conectarem as evidências observadas durante a atividade, ao conhecimento científico, conforme proposto pelo NRC (apud BYBEE, 2006) nas atividades investigativas.

Os significados elaborados a partir dos textos e da imagem estão indicados no item referente à conclusão (comunicação dos resultados pelos alunos)

6º Encontro

Na semana seguinte, os alunos fizeram nova observação do terrário e anotaram os dados na tabela. Nessas observações, foram verificadas a presença da água na parede do vidro, o desenvolvimento da planta e o comportamento das minhocas, bem como se permaneceram ou não vivas dentro do terrário. No sétimo encontro, referente ainda à atividade 3, eles fizeram a última observação, anotação e posteriormente elaboraram o texto com a conclusão da atividade investigativa. No total, foram realizadas quatro observações e anotações do terrário, por um período de vinte dias. Para ajudá-los na elaboração do texto, orientamos os estudantes a relacionarem as informações que obtiveram nos textos lidos na internet com o problema apresentado no início da atividade. Antes de realizarem o texto da conclusão, a professora/pesquisadora interagiu com os alunos por meio de uma discussão com todos sobre as condições que a planta encontrou para viver no terrário.

No momento em que visualizaram o terrário A2 iniciou a interação dizendo:

A2: Olha! A minhoca está se mexendo aqui dentro.

P: Viram a minhoca aí dentro?

Nesse momento os alunos ficaram alvoroçados ao verem a minhoca se movendo dentro do terrário. A professora distribuiu as tabelas aos alunos para fazerem as anotações sobre as condições da planta e retomou a discussão perguntando:

P: Como está a água no terrário?

A1: Está no vidro

A6: Está condensada

P: A planta está viva?

Os alunos concordaram que sim.

P: Então vamos chegar a uma conclusão.

P: A planta está tendo condições de viver no terrário?

A1: Ela está respirando o oxigênio e soltando o gás carbônico e está fazendo fotossíntese.

P: Que gás ela produz quando faz fotossíntese?

A1: O oxigênio

P: Então vamos pensar. A1 está dizendo que a planta está vivendo porque ela está fazendo fotossíntese. Vocês concordam?

Os alunos concordaram que sim.

P: E que gás ela usa para respirar?

A2: O oxigênio

P: Todos concordam que é o gás oxigênio?

Os alunos concordaram que sim.

P: Que gás ela usa para fazer a fotossíntese?

Antes mesmo de terminar a formulação da pergunta os alunos responderam:

As: O gás carbônico

P: Então o que a planta precisa para fazer a fotossíntese?

A1: Gás carbônico.

A3: Luz do sol.

P: O que mais? O que ela puxa daqui? Referindo-se ao vapor d'água condensado na parede do vidro.

As: Água.

P: O que ela produz na fotossíntese?

As: oxigênio

A3: fruto

P: Ela chega a produzir frutos na fotossíntese? O que ela produz que fica dentro dos frutos?

A7: Glicose

P: Quando ela produz a glicose, a glicose vai se armazenar onde?

As: nas folhas

P: Onde mais?

A3: no fruto

P: Onde mais?

As: No caule

P: O que existe na planta que ajuda ela a fazer a fotossíntese?

A1: A clorofila.

P: O que é mesmo que ela tem?

As: A clorofila.

A1: Ela usa a clorofila para puxar a luz solar.

P: Agora vamos pensar no terrário. Você A7, como é que a planta consegue viver no terrário?

A aluna não soube responder. Então a professora insistiu.

P: A planta está respirando dentro do terrário?

A aluna pensou e não respondeu. Então a professora continuou:

P: Vamos pensar em vocês. Que gás vocês usam para respirar?

As: O oxigênio

P: Que gás vocês liberam quando respiram?

As: O gás carbônico.

P: A planta é ser vivo?

As: É

P: Ela respira igual nós?

As: Respira

P: O que ela faz de diferente de nós, então?

As: A fotossíntese

P: Agora vamos voltar aqui no terrário A7 e entender como a planta vive aqui dentro. Que gás ela usa para fazer a fotossíntese?

As: O gás carbônico

P: Que gás ela produziu?

A7: O oxigênio

P: Então aí é a fotossíntese, utiliza o gás carbônico e libera o oxigênio.

Agora para ela respirar o que ela usa aqui dentro?

As: O oxigênio

P: E o eu ela libera?

As: O gás carbônico?

P: pra que ela usa esse gás carbônico no terrário? Pra fazer o que?

As: A fotossíntese

P: Então vocês estão entendendo que a planta faz os dois processos aqui dentro? Quais são os dois processos?

A1: Respiração e fotossíntese

P: Nós podemos dizer que esses dois processos são os mesmos?

As: Não

P: Vamos ver então agora no computador um desenho da planta representando a fotossíntese e a respiração

No decorrer da atividade, alunos perceberam que tanto a planta como as minhocas conseguiram viver dentro do terrário. Durante o desenvolvimento da atividade do terrário, os alunos mantiveram-se engajados e curiosos para saber o que poderia ocorrer com a planta e com as minhocas. No entanto, tiveram mais interesse quando utilizaram o computador para pesquisarem os textos e imagens sobre a respiração das plantas.

Conclusão (comunicação dos resultados pelos alunos)

A conclusão foi elaborada pelos alunos no encontro seguinte referente ao sétimo encontro, aproximadamente duas semanas após terem feito a leitura de imagens e texto na internet.

A seguir apresentamos os resultados dessa atividade investigativa, individualmente por aluno, incluindo o texto explicativo produzido pelos estudantes a respeito de como as plantas respiram, com base nos textos que leram na internet e na figura representando o processo de fotossíntese e respiração, como também o texto produzido por eles sobre a conclusão da atividade do terrário. Para verificar os

significados de respiração elaborados pelos estudantes a partir da leitura dos textos na internet, a professora/pesquisadora colocou a seguinte pergunta: *Como as plantas respiram?* Na conclusão verificamos as conexões estabelecidas entre os textos, a figura e o modo prático utilizado na atividade investigativa. Salientamos que a figura apresentada aos alunos representava a fotossíntese e a respiração, evidenciando os gases que são utilizados e os que são produzidos em ambos processos. A figura indicava também a transpiração da planta (anexo C).

Conclusão da atividade investigativa 3 e significados produzidos pelos alunos sobre texto e figura de respiração das plantas

Aluno 1

Como as plantas respiram?

Elas respiram gás oxigênio do ambiente. A respiração acontece durante o dia e durante a noite. Elas soltam o dióxido de carbono pelo ar do ambiente com a ajuda das folhas.

Explicação da figura

A respiração da planta é respiração do oxigênio e solta o gás carbônico. Na fotossíntese ela respira o gás carbônico e solta o oxigênio, e na transpiração ela solta o H₂O e isso acontece pela folha.

Conclusão da atividade do terrário

A planta consegue viver no terrário porque ela respira o O₂ do lugar e solta o CO₂, e também conseguiu fazer a fotossíntese, respirou o CO₂ que soltou da respiração e solta o O₂.

A1 apresenta significados confusos para respiração e fotossíntese. Tal fato pode ser percebido pelos produtos da respiração que menciona em seu texto. Isso ocorre porque o aluno não tem clara a distinção entre os conceitos de fotossíntese e respiração. Os símbolos do oxigênio e gás carbônico que apareceram nos textos e

na figura foram corretamente apropriados pelo estudante, demonstrando aprendizagem representacional (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 2000).

Na explicação da figura, o aluno mostra uma interpretação incorreta e produz significados também incorretos, os quais são transferidos para a atividade investigativa do terrário como se pode observar na conclusão, ao afirmar que na fotossíntese a planta respira o gás carbônico e solta o oxigênio. É possível perceber, pela sua conclusão, que houve conexão entre os textos lidos na internet e a figura observada, pois tanto na resposta da pergunta sobre como as plantas respiram quanto na explicação da figura, o aluno cita os elementos necessários à respiração da planta. Esses significados foram transferidos para a situação prática do terrário.

Aluno 2

Como as plantas respiram?

A respiração da planta ocorre de dia e de noite. É essencial a presença de abundante vegetação.

Explicação da figura

A respiração da planta pega o oxigênio e solta o gás carbônico. Já na fotossíntese é o contrário, ela solta o oxigênio e pega o gás carbônico.

Conclusão atividade do terrário

Sim, a planta vive no terrário porque no terrário ela faz a fotossíntese e libera o oxigênio e pega o gás carbônico.

Quanto aos significados produzidos na leitura dos textos, nota-se que o estudante não identificou claramente como ocorre a respiração. Na leitura da imagem é possível perceber, pelos significados elaborados, que há distinção entre os elementos que participam da respiração e da fotossíntese. Na conclusão, apesar de o aluno não avançar na sua discussão, é possível verificar que estabeleceu conexões entre a leitura da imagem e a atividade prática do terrário. Os significados

elaborados com a leitura da imagem, os quais foram predominantes em relação ao texto, foram transferidos para a resolução do problema apresentado nessa atividade.

Aluno 3

Como as plantas respiram?

As plantas respiram o oxigênio e solta o gás carbônico. Usa o gás carbônico para fazer a fotossíntese. Ela respira durante o dia e a noite.

Explicação da figura

A planta respira o O_2 e solta o CO_2 . Para fazer a fotossíntese respira o CO_2 e solta O_2 . Ela transpira H_2O .

Conclusão da atividade do terrário

Sim porque ela vai fazer a fotossíntese porque vai ter luz do sol e gás carbônico e água que tem lá. Ela usou o oxigênio para respirar e soltou o gás carbônico.

O aluno traz significados confusos para os conceitos de fotossíntese e respiração. Não há compreensão de ambos os conceitos pelo aluno. Ele utiliza na resposta os símbolos dos gases respiratórios, no entanto, esse significado não se estabiliza, pois não os utiliza na explicação de sua conclusão. No momento em que afirma, na conclusão, que a planta usou o oxigênio para respirar e soltou o gás carbônico, é possível perceber que ele conseguiu estabelecer conexões entre os significados produzidos pelo material utilizado, como os textos lidos e a figura, com a atividade prática do terrário e os transferiu para a resolução do problema apresentado.

Aluna 4

A aluna não compareceu no dia em que os alunos pesquisaram textos e figuras na internet. Compareceu apenas na aula seguinte, em que os alunos elaboraram o texto da conclusão.

Conclusão:

Sim, a planta tem água e para respirar ela usa o oxigênio que já estava lá dentro quando o vidro foi fechado, e solta o oxigênio.

Pelo fato de a aluna não ter participado da aula em que os alunos realizaram a pesquisa na internet, infere-se que para elaborar a conclusão possa ter utilizado conhecimentos adquiridos durante as interações realizadas entre professora/pesquisadora e alunos.

Aluna 5**Como as plantas respiram?**

Elas respiram oxigênio e soltam o gás carbônico. É um tipo de energia que é absorvida pela planta. Ela capta oxigênio e elimina gás carbônico.

Explicação da figura:

Fotossíntese puxa gás carbônico e solta oxigênio. Respiração puxa oxigênio e solta gás carbônico. Principalmente a folha faz isso.

Conclusão:

Sim, pois ela tem todos os nutrientes que ela precisa para fazer a fotossíntese e respiração, que são a água, terra e luz do sol.

A aluna não conseguiu realizar conexões entre o material utilizado para consulta (texto e figura) e a atividade prática do terrário, apesar de ter citado corretamente algumas das condições necessárias para que a planta sobreviva no terrário. Tal fato pode ser observado na conclusão, na qual a aluna não menciona elementos necessários à realização da fotossíntese e respiração que estavam

presentes tanto nos textos lidos como na figura observada. Esse fato demonstra que não houve a transferência dos significados elaborados para a resolução do problema.

Aluno 6

Como as plantas respiram?

A respiração das plantas ocorre em cada uma de suas partes. Realiza-se de dia e de noite. É também vital para manter o equilíbrio no tempo e muito gás na atmosfera.

Explicação da figura

As plantas respiram o O_2 e liberam o CO_2 . Na fotossíntese puxa o CO_2 e libera o O_2 . Na transpiração libera o H_2O .

Conclusão:

A6: sim, porque na fotossíntese ela puxa o CO_2 e libera o O_2 .

A explicação que o aluno faz dos textos lidos na internet apresenta-se confusa e não condizente com a explicação de como as plantas respiram, quando afirma: *É também vital para manter o equilíbrio no tempo e muito gás na atmosfera.* Esse argumento mostra que o aluno pode ter memorizado alguns trechos para escrevê-los na sua explicação, o que revela em parte aprendizagem memorística conforme, Ausubel (2000). Na explicação da figura aparecem os significados atribuídos aos símbolos gás carbônico e oxigênio. Infere-se que a representação desses dois gases pelos seus respectivos símbolos, tenha sido significativo para o aluno pelo fato de os mesmos aparecerem novamente na sua conclusão, apesar de a conclusão ser pobre em detalhes.

Aluna 7

Como as plantas respiram?

Durante o dia elas fazem fotossíntese, elas respiram de noite e de dia. Elas respiram o oxigênio. À noite elas respiram e consomem o O₂. Consomem moléculas de água com gás carbônico.

Explicação da figura

Na fotossíntese a planta usa o oxigênio e elimina o gás carbônico. O órgão que faz a fotossíntese é a folha.

Conclusão:

A planta vive no terrário porque está tendo luz solar e daí pode respirar e fazer a fotossíntese, respirando gás carbônico e soltando o oxigênio.

Na explicação da figura a aluna não contemplou a respiração, somente a fotossíntese. Pela conclusão é possível verificar que os conceitos de respiração e fotossíntese, bem como os elementos necessários para ambos os processos não estão claros para a aluna. Apesar de a imagem da internet representar tanto a fotossíntese como a respiração e também a transpiração, notamos que a aluna atribui significado apenas à fotossíntese. A aluna não estabelece conexões precisas entre o material utilizado para consulta e a atividade prática do terrário. Esse fato pode ser observado no texto que elaborou na conclusão, no qual menciona que a planta respira gás carbônico e solta oxigênio, sendo discordante do que apresentou no seu texto inicial, quando respondeu à pergunta sobre como as plantas respiram.

Considerações sobre as atividades investigativas

Nas respostas dos alunos na atividade 3, surge um dado importante quando A1 e A6 utilizaram os símbolos corretamente para representar o oxigênio (O₂) e gás carbônico (CO₂). Os símbolos foram apresentados nas figuras de fotossíntese e respiração e apropriados facilmente por esses alunos. A aprendizagem desses

símbolos é o tipo mais básico de aprendizagem significativa denominada de aprendizagem representacional.

Apesar de terem lido textos e imagens sobre esses dois fenômenos, alguns alunos, como A1, A3 e A7 mostram claramente não diferenciarem os conceitos fotossíntese e respiração. Isso pode ser verificado pela falta de clareza nos significados evidenciados em suas respostas, os quais se mostram confusos e ambíguos. De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (2000), a aprendizagem conceitual é também um tipo de aprendizagem significativa. Por não haver diferenciação entre esses dois conceitos os significados produzidos não são claros. A1 e A3 utilizam esses dois conceitos como sinônimos. Para Ausubel, Novak e Hanesian (2000), os conceitos são os alicerces para a aprendizagem de conhecimentos declarativos. Sem a clareza dos conceitos existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, a aprendizagem e conseqüentemente a resolução de problemas são comprometidas.

Apesar da dificuldade na compreensão dos conceitos de fotossíntese e respiração, envolvendo a participação do gás oxigênio e do gás carbônico em ambos processos, houve conexão pelos alunos entre o material consultado (textos e imagens) que foi utilizado nesta atividade, e na prática do terrário. Além disso, houve também transferência de significados para a resolução do problema apresentado. As evidências observadas pelos alunos foram relatadas e conectadas ao conhecimento científico conforme o texto produzido na conclusão, pois os alunos entenderam que no terrário a planta respira e faz fotossíntese.

Alguns significados não são condizentes com o conhecimento científico, como: *a planta respira o gás carbônico e solta o oxigênio*, conforme A1 e A7. Neste caso, mesmo após a utilização de diversos modos representacionais, os significados desses alunos permanecem instáveis, como evidenciado principalmente nas respostas de A1.

Com o resultado desta atividade investigativa 3, percebeu-se também que os significados elaborados pelos alunos 1, 5 e 7 tornaram-se mais diferenciados, como por exemplo, quando apontaram na redação que produziram pela síntese da leitura de textos e imagens, que a folha é o órgão responsável pela fotossíntese e respiração. Os alunos 1, 2, 3 e 7 conseguiram relacionar fotossíntese com respiração para sobrevivência da planta no terrário, demonstrando a elaboração de significados do tipo combinatório, conforme aponta Ausubel, Novak e Hanesian

(2000). A1 apesar de indicar corretamente tanto os gases produzidos como aqueles que foram liberados durante ambos os processos, não apresentou distinção clara quanto aos conceitos de fotossíntese e respiração por afirmar que a na fotossíntese a planta respira o gás carbônico e solta o oxigênio.

Quanto à utilização de multimodos de representação, podemos concluir que as interações discursivas foram necessárias para estimular a participação, bem como o engajamento e também identificar alguns conhecimentos prévios. No entanto, nem todos os alunos apresentam boa participação nas discussões.

O modo prático facilita a observação de evidências, as quais dão condições aos alunos de discutirem e refletirem sobre o problema proposto nas atividades investigativas. A utilização de imagens e textos, e sua conexão com a atividade prática favorece a transferência para a resolução do problema proposto nas atividades investigativas. Outro aspecto relevante é que a conclusão realizada pelos alunos permite que eles, a partir de seus dados que foram anotados nas tabelas, conectem essas evidências ao conhecimento científico, conforme o propósito das atividades investigativas, o qual foi obtido pela utilização e integração de diferentes modos representacionais, como o verbal, discussão de textos, as imagens e o modo prático.

Durante as atividades desenvolvidas, os alunos mantiveram-se engajados, mostraram-se interessados em desenvolvê-las. O fato de se manterem engajados facilita a elaboração de significados (NOVAK, 1981). A utilização dos diferentes modos representacionais como textos e imagens impressas, textos e imagens da internet, atividade prática, interação discursiva facilitou o engajamento dos alunos, conforme observaram Perales Palácios (2006). Durante o desenvolvimento das atividades foi possível perceber que, alternando-se os diferentes modos representacionais sobre o mesmo assunto, o interesse dos alunos era mantido. Esse fato mostra que para aprenderem um conteúdo, os estudantes precisam de modos representacionais diferentes sobre o mesmo assunto (LEMKE, 2003).

7.2 RESULTADOS INDIVIDUAIS POR ALUNO DAS ATIVIDADES AVALIATIVAS, DA ENTREVISTA E FORMAS HIERÁRQUICAS DE SIGNIFICADOS ESTABELECIDAS NA ESTRUTURA COGNITIVA

A partir deste item serão apresentados individualmente os resultados das atividades avaliativas de cada aluno, para que haja maior clareza quanto aos

significados construídos pelos estudantes, para análise final dos dados, como também quanto às formas de aprendizagem significativas estabelecidas individualmente pelos estudantes. Sendo assim, este item da pesquisa apresenta o processo de significação de cada estudante. Conforme já mencionado, este estudo tem como um de seus objetivos pesquisar os significados que os estudantes constroem enquanto realizam atividades investigativas mediadas por multimodalidades representacionais. Consideramos que a estrutura cognitiva do aprendiz é organizada de modo hierárquico, conforme Ausubel, Novak e Hanesian (2000) e Stenberg (2008). Os significados emergentes que são desenvolvidos dependem das relações do material de aprendizagem com as ideias já estabelecidas na estrutura cognitiva do estudante. Por isso, nesta seção serão apresentados os significados elaborados pelos alunos individualmente para que sejam analisadas também as formas de significados que foram estabelecidas.

As perguntas respondidas pelos alunos nas atividades avaliativas estão novamente indicadas na análise dos dados, conforme consta na metodologia. Para análise das relações hierárquicas entre os significados produzidos nas atividades investigativas e nas atividades avaliativas, é necessário o conhecimento dos significados já estabelecidos na estrutura cognitiva de cada aluno. Por isso, os conhecimentos prévios, os quais foram obtidos nas interações discursivas e na emissão das hipóteses na atividade 1, serão também apresentados.

Os resultados individualmente pelos alunos serão apresentados na seguinte sequência: atividades avaliativas, entrevista semiestruturada e a organização hierárquica dos significados estabelecida pelos alunos.

Atividades avaliativas

1ª Parte

1-a: Como seria possível que a ausência de luz do sol provocasse a destruição tanto dos dinossauros herbívoros, carnívoros, como de outras espécies de seres vivos?

1-b: Em um ambiente com ausência de luz, as plantas seriam primeiramente atingidas. Essa afirmação está correta? Por quê?

2- Analise esta afirmação:

As árvores amenizam o efeito estufa. Você concorda que elas sejam mesmo importantes para esta finalidade? Por quê?

3- Suponha que numa determinada região da Terra as plantas tenham as folhas com coloração avermelhada, amarela e marrom. Não há plantas com folhas verdes. No entanto, outros seres vivos como os animais vivem normalmente no local. Você acha possível que isso ocorra? Por quê?

2ª Parte (gráficos sobre fotossíntese e respiração)

1-Pode-se dizer que o fenômeno representado no gráfico 1 ocorre nos animais? Explique sua resposta.

2-O gráfico 2 pode representar também a respiração das plantas? Por quê?

3-Suponha que uma planta esteja em um vidro transparente fechado, iluminado e com condições para fazer fotossíntese, mas nesse mesmo ambiente há também um pouco de oxigênio. Responda:

a)Nessas condições a planta conseguiria viver? Por quê?

b)É possível que a quantidade do oxigênio possa ser aumentada nesse mesmo ambiente fechado com a planta em seu interior? Como?

Entrevista

Conforme já mencionado na metodologia, as perguntas que nortearam as entrevistas foram:

- 1) *Quais as atividades que foram realizadas que você consegue se lembrar?*
- 2) *Quais das atividades você mais gostou? Por quê?*
- 3) *Quais delas você não gostou?*
- 4) *O que a planta usa para fazer a fotossíntese?*
- 5) *O que a planta produz quando faz a fotossíntese?*
- 6) *A planta respira? O que ela precisa para respirar?*
- 7) *O que ela produz quando respira?*
- 8) *Quem são os seres vivos que começam a cadeia alimentar? Por quê?*

A organização hierárquica dos significados

Para análise dos significados hierárquicos, iniciamos com aqueles que foram estabelecidos pelos alunos durante as atividades investigativas, considerando as interações discursivas, as hipóteses elaboradas nas atividades, os desenhos e textos elaborados pelos estudantes e as conclusões das atividades. Posteriormente foram considerados os significados estabelecidos nas atividades avaliativas.

Para organização hierárquica dos significados estabelecidos na estrutura cognitiva dos alunos, tomou-se por base a proposta dos documentos oficiais de ensino apresentados no capítulo 5.

Para os significados sobreordenados, tomamos por base a importância da luz do sol, visto que é um conhecimento mais geral, para que o aluno compreenda a fotossíntese, sendo que para introduzir este assunto, há orientações curriculares para que seja inicialmente enfatizada a necessidade da luz solar para a compreensão dos processos seguintes. Para os significados subordinados tomamos por base o conceito de fotossíntese, assim como os mecanismos envolvidos nesse processo. O intuito ao considerar esse conceito foi verificar a ocorrência da *Diferenciação progressiva* desenvolvida pelos estudantes durante a utilização dos modos representacionais utilizados nas atividades investigativas. Consideramos combinatórias as relações estabelecidas entre fotossíntese, respiração e nutrição das plantas. Admitimos que a compreensão da fotossíntese envolve aspectos como nutrição vegetal e a diferenciação com respiração.

7.2.1 Análise dos Resultados do Aluno 1

7.2.1.1 Atividades avaliativas

Parte 1

1-A Como seria possível que a ausência de luz do sol provocasse a destruição tanto dos dinossauros herbívoros, carnívoros, como de outras espécies de seres vivos?

Porque os herbívoros não poderiam comer as plantas e os herbívoros não vão comer animais

1- B: Em um ambiente com ausência de luz, as plantas seriam primeiramente atingidas. Essa afirmação está correta? Por quê?

Sim porque elas não poderiam fazer fotossíntese para respirar

2- Analise esta afirmação:

As árvores amenizam o efeito estufa. Você concorda que elas sejam mesmo importantes para esta finalidade? Por quê?

Planta respira o gás carbônico do ar poluído para fazer fotossíntese

3- Suponha que numa determinada região da Terra as plantas tenham as folhas com coloração avermelhada, amarela e marrom. Não há plantas com folhas verdes. No entanto, outros seres vivos como os animais vivem normalmente no local. Você acha possível que isso ocorra? Por quê?

Não, porque os animais comem mais as folhas verdes, mas as coloridas também fazem fotossíntese.

Parte 2 (gráficos sobre fotossíntese e respiração)

1-Pode-se dizer que o fenômeno representado no gráfico 1 ocorre nos animais? Explique sua resposta.

Não, porque os animais não fazem fotossíntese. Eles também não têm clorofila

2- O gráfico 2 pode representar também a respiração das plantas? Por quê?

Sim, porque a planta, como outros seres vivos, respira ar dia e noite

3- Suponha que uma planta esteja em um vidro transparente fechado, iluminado e com condições para fazer fotossíntese, mas nesse mesmo ambiente há também um pouco de oxigênio. Responda:

a) Nessas condições a planta conseguiria viver? Por quê?

Sim, porque ela fabrica o oxigênio para ela respirar

b) É possível que a quantidade do oxigênio possa ser aumentada nesse mesmo ambiente fechado com a planta em seu interior? Como?

Sim, porque ela fabrica o oxigênio para ela respirar.

O aluno apresentou relações coerentes entre a importância das plantas para a sobrevivência dos seres vivos com a manutenção das plantas para a cadeia alimentar. Na resposta da pergunta 2 da parte I, é possível perceber que o aluno não apresenta clareza quanto aos significados de fotossíntese e respiração,

conforme já evidenciado na atividade investigativa 3, quando afirma em sua resposta que a planta respira gás carbônico para purificar o ar e usa o gás carbônico para fazer a fotossíntese.

Em relação à pergunta 3, apesar de sua resposta um pouco confusa, é possível perceber que o aluno atribuiu à clorofila importância para a realização da fotossíntese e afirmou que as plantas, mesmo não sendo verdes também têm esse pigmento. Sendo assim, a atividade investigativa 2, em que houve a extração da clorofila, foi significativa para ele. Isso pode ser verificado pela transferência desses significados para esta situação problema.

Quanto à parte 2, pode-se notar que o aluno não apresentou dificuldades em entender a linguagem dos gráficos. Sendo assim, foi possível perceber que o estudante conseguiu estabelecer conexões entre os modos de representação anteriormente utilizados, como figuras, experimento e texto com o modo semiótico por representação gráfica. Verifica-se novamente que o estudante identifica o processo da fotossíntese com a presença de clorofila nas plantas. A respiração também foi compreendida como sendo realizada pelas plantas e pelos animais durante o dia e a noite.

As respostas da questão 3 também demonstram que o aluno compreendeu o experimento sobre terrário e que conseguiu transferir para as situações problema os conhecimentos adquiridos durante a realização das atividades investigativas mediadas por multimodos de representação.

7.2.1.2 Entrevista

Em relação ao resultado da entrevista, disse que a atividade de que se lembra com mais detalhes foi a primeira, em que foi colocada uma planta no claro e outra no escuro. O aluno afirmou que para ele o filme foi a atividade que menos chamou atenção, porque ele prefere as atividades práticas. Este dado revela uma maior afinidade do aluno com o modo prático de representação.

Quanto à fotossíntese e respiração, disse que aprendeu com o gráfico que a planta respira de noite e durante o dia. Nas palavras do aluno, na respiração a planta usa o oxigênio e libera o gás carbônico. Na fotossíntese ela usa a luz do sol, clorofila, gás carbônico e produz o oxigênio. O aluno não citou glicose.

Quando questionado sobre o que é glicose, respondeu não se lembrar, mas que sabia que a planta manda o excesso dela para o solo, conforme ele viu no desenho. De acordo com Colin, Chauvet e Viennot (2002), para determinadas imagens os estudantes podem interpretar erroneamente o que é real e o que está representado na imagem. Neste caso, o aluno A1 elaborou significados bastante estáveis, porém não condizentes com o conhecimento científico. Outro aspecto importante a ser ressaltado é que os estudantes quando analisam imagens, dão muita importância às flechas, e com isso, não percebem elementos relevantes e podem distorcer os significados (COLIN; CHAUVET; VIENNOT, 2002). Quando indagado sobre por que a planta inicia a cadeia alimentar, respondeu que isso acontece porque a planta produz seu próprio alimento que é o oxigênio. Além disso, os herbívoros se alimentam de plantas, por isso, sem elas ninguém poderia viver.

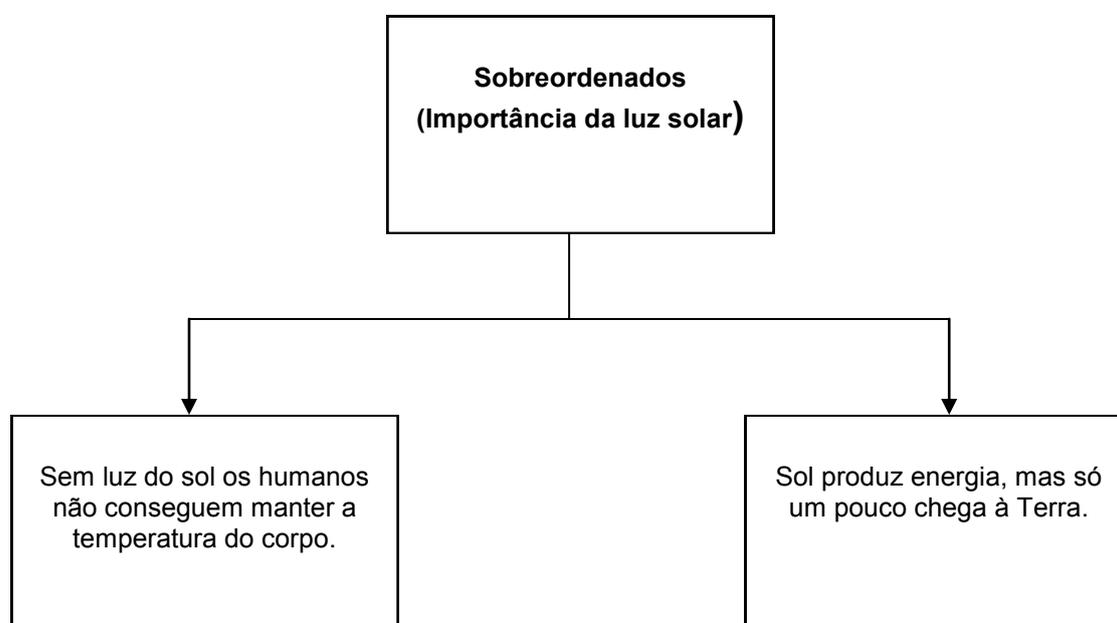
Para este aluno, as atividades práticas são modos semióticos que ressoam mais com seu estilo de aprendizagem, conforme ele mesmo relatou. Apesar de diversos modos representacionais terem sido utilizados para abordar a respiração das plantas, o gráfico foi um dos modos mais significativos para a compreensão do aluno. No entanto, consideramos que a imagem e o texto da internet utilizados na atividade 3 para ajudá-los na resolução do problema do terrário, também foram relevantes para sua compreensão, conforme apresentado na seção anterior nos resultados da atividade 3. Neste caso, pode-se afirmar que o aluno conseguiu fazer transferência de um modo representacional para outro e estabelecer conexões, isto é, formar rede de significação a partir dos modos representacionais.

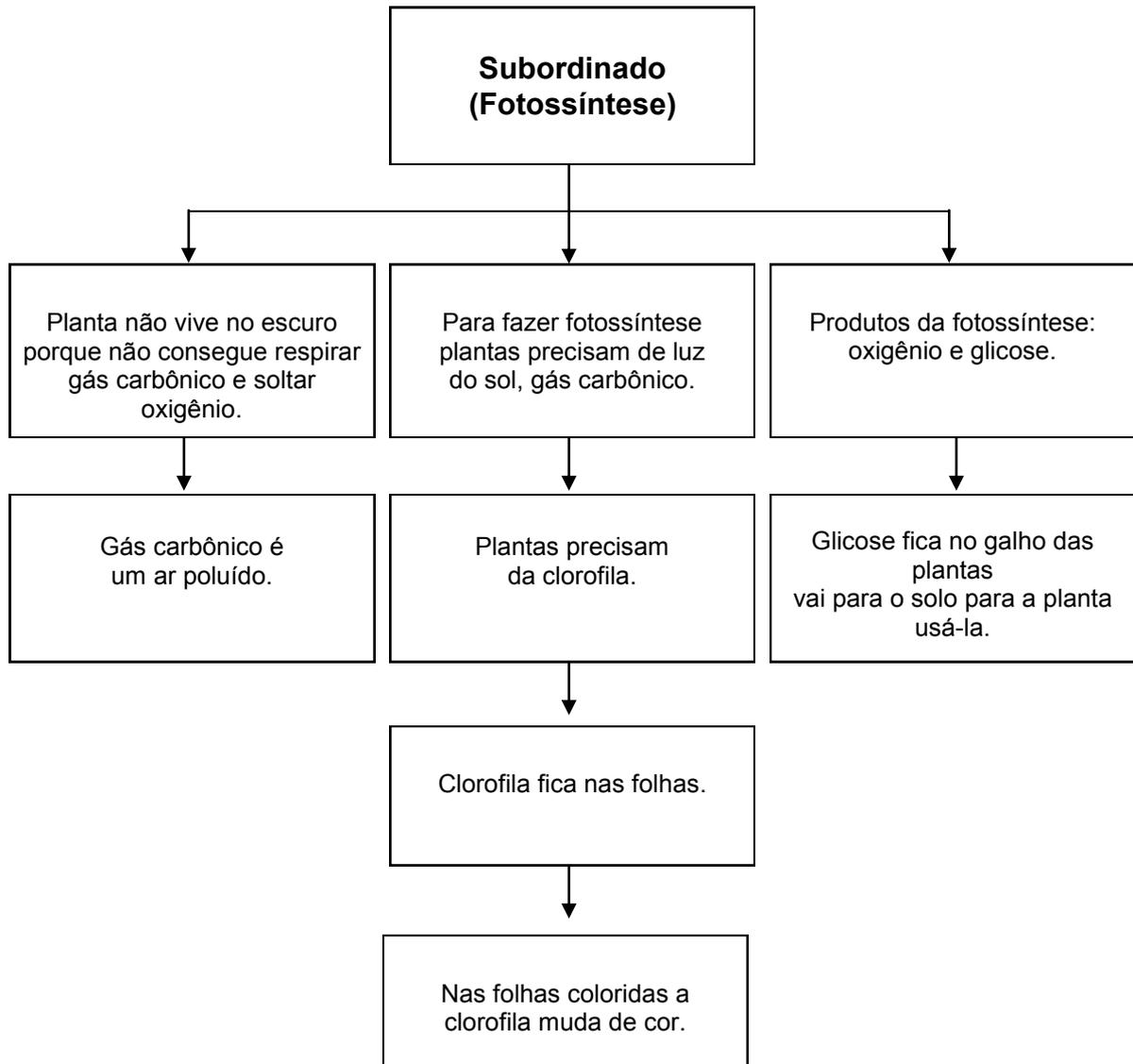
Conhecimentos prévios estabelecidos na estrutura cognitiva

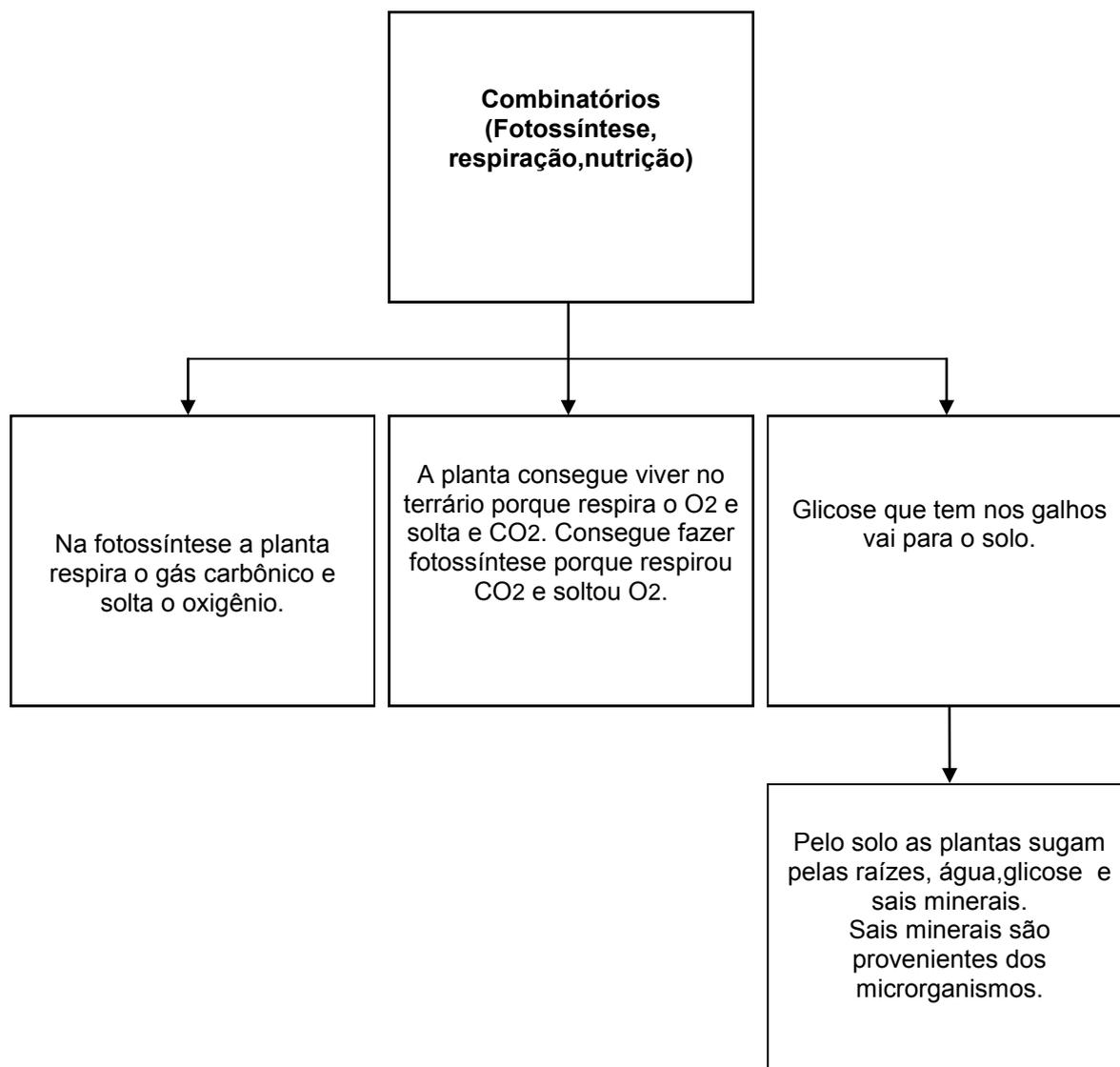
- Sol serve para ajudar a fazer fotossíntese. Não havendo fotossíntese não haveria oxigênio para respirar.
- Planta sem luz não vive porque não consegue respirar gás carbônico e soltar o oxigênio.
- Planta no claro vai sobreviver muito tempo, respirar gás carbônico e soltar oxigênio.
- Na ausência de luz poderiam sobreviver os vermes, baratas e insetos.
- Cadeia alimentar deveria começar com microrganismos porque eles produzem nutrientes para a planta.

7.2.1.3 Organização hierárquica dos significados

Significados estabelecidos no desenvolvimento das atividades investigativas







O aluno apresenta significados sobreordenados relativos à necessidade de luz para sobrevivência das plantas. A concepção de que a luz é necessária para fotossíntese já havia sido identificada nos conhecimentos prévios do aluno. Porém, com as atividades investigativas foi possível perceber a atribuição dos significados de que somente parte da energia luminosa chega a Terra.

Nos significados classificados como subordinados, em relação à fotossíntese, verifica-se que alguns conceitos tornaram-se mais específicos como para gás carbônico, quando o aluno indica ser um "ar poluído", para clorofila quando estabelece a relação subordinada de que as plantas precisam de clorofila, de que este pigmento fica nas folhas e também que as folhas coloridas apresentam clorofila.

O mesmo ocorreu para o conceito de glicose, quando o aluno afirma se tratar de um produto da fotossíntese e que fica no solo para a planta usa-la.

O aluno estabeleceu significados combinatórios entre fotossíntese e respiração da planta, ainda que tal relação não esteja totalmente de acordo com o conhecimento científico. No aspecto relativo à nutrição, verifica-se na compreensão do aluno aspectos quanto à nutrição inorgânica, os quais são corretos cientificamente, e relativo à orgânica quando cita absorção de glicose, porém incorreta cientificamente.

Nas atividades investigativas, percebemos que conforme o aluno as realiza, os significados classificados como subordinados foram se tornando mais específicos, sendo possível verificar a *diferenciação progressiva*. Podemos exemplificar quando o estudante afirma que a planta não vive no escuro porque não respira o gás carbônico; depois esses significados se diferenciam ainda mais quando considera que o gás carbônico é um gás poluído. Aqui verificamos que o aluno manteve os mesmos significados, já identificados na estrutura cognitiva, de que o gás carbônico é necessário para a respiração das plantas. Verifica-se que esse entendimento não foi modificado pelas atividades que o aluno realizou. Também não houve modificações quando o aluno afirmou que a planta precisa da luz do sol para fazer a fotossíntese, pois esse entendimento já estava presente em sua estrutura cognitiva, antes da aplicação das atividades. O aluno atribuiu corretamente significado à glicose e oxigênio como sendo produtos da fotossíntese.

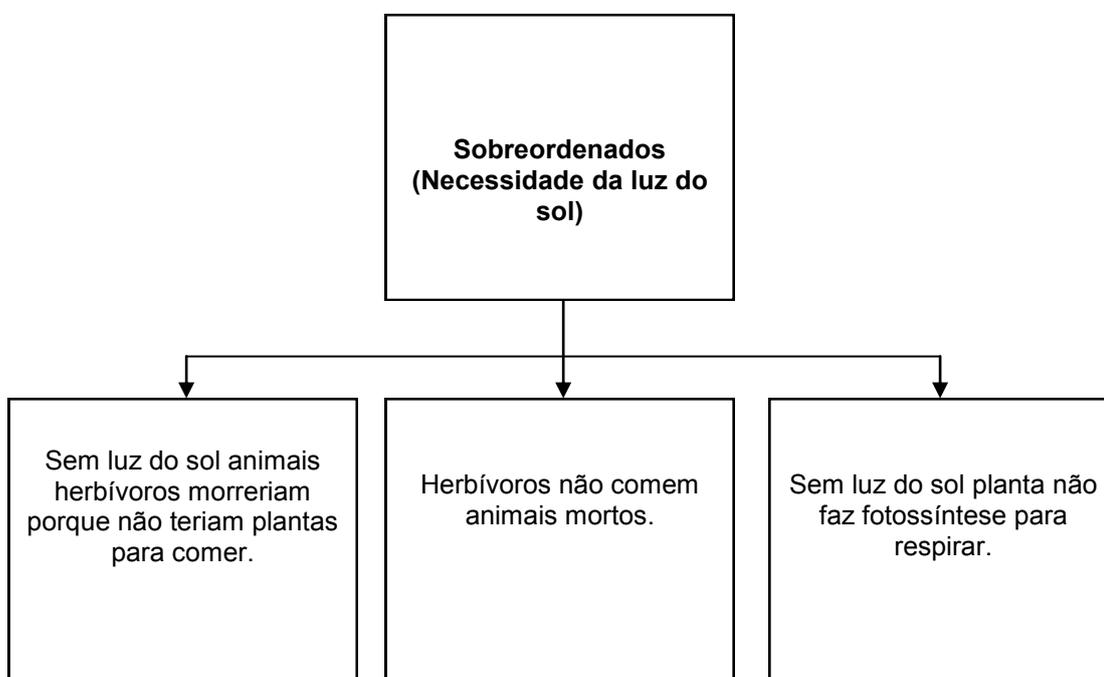
O significado de que a glicose desce até o solo para ser absorvido pela planta, permaneceu durante todo o desenvolvimento da pesquisa, o que foi posteriormente comprovado nos resultados da entrevista. Consideramos que o aluno estabeleceu conexões, porém não satisfatórias, isto é, de acordo com os científicos, considerando as informações apresentadas na imagem, com o texto explicativo sobre fotossíntese na unidade 1, apesar de os significados sobre a glicose de modo geral, ter se mostrado bastante estáveis em sua estrutura de conhecimento. Conforme Ausubel, Novak e Hanesian (2000) os significados novos que surgem como resultado da interação do material de aprendizagem com as ideias relevantes já existentes na estrutura cognitiva, armazenam-se e tornam-se estáveis.

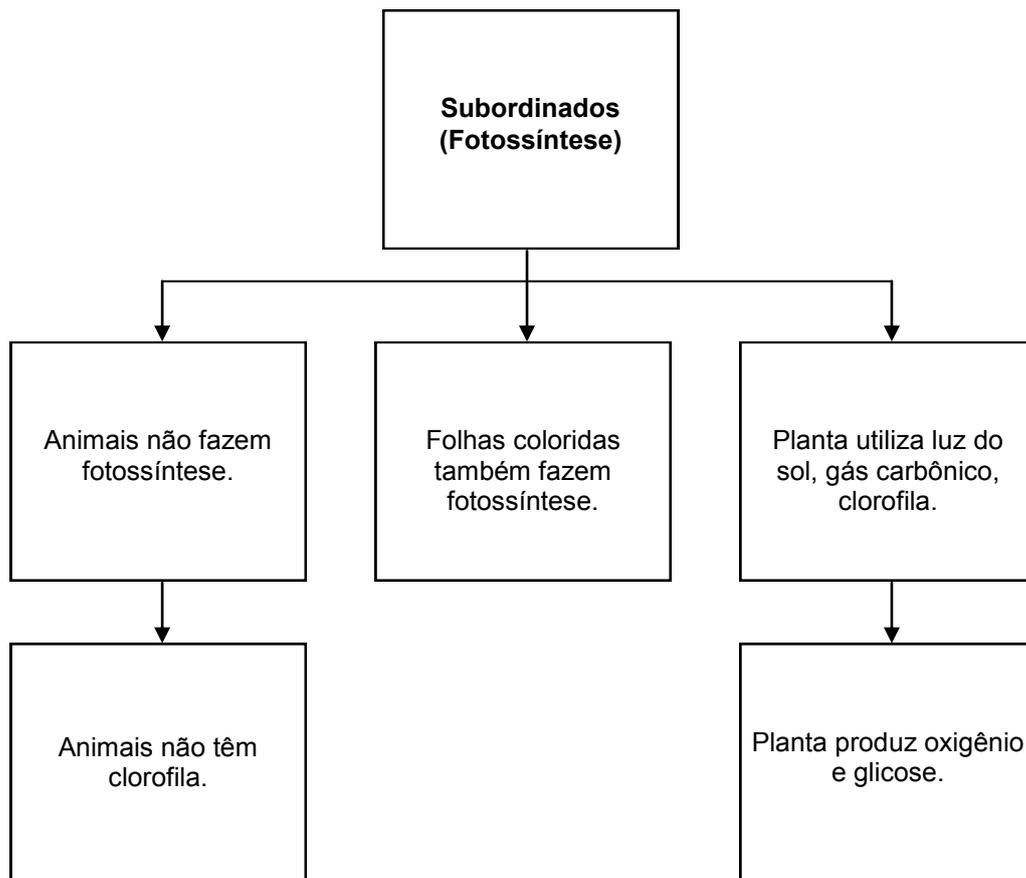
Outro aspecto relevante ocorreu durante o desenvolvimento da atividade 3 em que o aluno observou na internet imagem representativa de uma planta realizando fotossíntese e respiração, indicando os produtos necessários para ambos

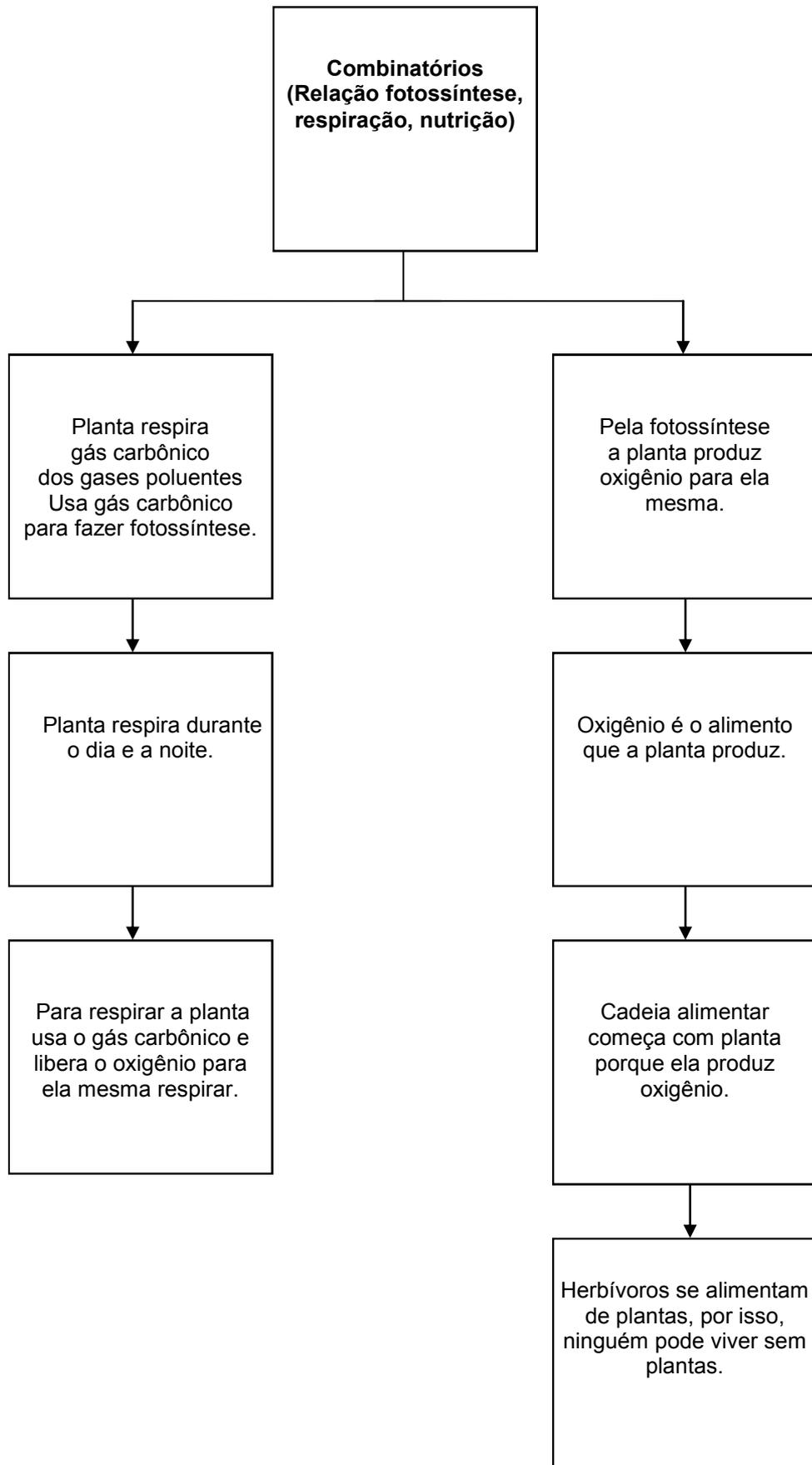
os processos e os elementos que são produzidos. Nota-se, pelos resultados, que o aluno apropriou-se dos símbolos representativos de oxigênio e gás carbônico, demonstrando novamente a produção de significados subordinados e combinatórios.

É importante salientar que a aprendizagem representacional é um tipo de aprendizagem significativa, e que formas e modos representacionais mais intuitivos, portanto, mais cognitivamente idiossincráticos para o sujeito, funcionam como subsunçores, tornando-se fontes precursoras para a construção de novos significados (ZÔMPERO; LABURÚ, 2010b).

Significados estabelecidos nas atividades avaliativas e entrevista







Os significados sobreordenados das atividades avaliativas foram enriquecidos em relação aos significados apresentados pelas atividades investigativas. O aluno relacionou a luz do sol com a necessidade dos demais seres vivos na Terra, como os animais herbívoros, e com a necessidade da fotossíntese para a própria planta respirar.

Quanto aos significados subordinados à fotossíntese, o aluno relacionou corretamente a ausência da clorofila nos animais com o fato de não realizarem fotossíntese, e também os elementos necessários a esse processo.

A primeira pergunta das atividades avaliativas refere-se à compreensão do papel das plantas na cadeia alimentar. O aluno apresentou significado coerente quanto à presença da planta relativa ao nível trófico e sua importância para a alimentação dos herbívoros. No entanto, falta a ele, conforme resultado da entrevista, a compreensão de que a planta inicia a cadeia alimentar devido à produção de matéria orgânica. Para o aluno, o alimento produzido pela planta é o oxigênio. Não houve compreensão de que a glicose é o nutriente produzido pela planta. Não houve produção de significados combinatórios entre a glicose e o papel das plantas como base para cadeia alimentar. Esta compreensão, que envolve os significados combinatórios, é fundamental para o entendimento do papel produtor da planta na cadeia alimentar.

Sendo assim, nos significados combinatórios produzidos nas atividades avaliativas, foi possível perceber também a relação entre fotossíntese e nutrição das plantas, principalmente quando o aluno relaciona a produção de oxigênio na fotossíntese como sendo seu alimento. Neste exemplo, é possível perceber a produção de significados combinatórios entre os conceitos de fotossíntese e nutrição das plantas, ainda que entendido de modo equivocado pelo aluno, ao considerar o oxigênio como alimento. Quanto ao fato de as plantas serem produtoras na cadeia alimentar, o aluno entende que os decompositores deveriam iniciar a cadeia por serem eles os responsáveis pela decomposição, conforme as concepções prévias do estudante. No entanto, essa concepção não foi mais identificada no decorrer das atividades avaliativas, sendo que na entrevista o aluno afirma ser a planta a produtora na cadeia trófica, porque produz alimento, que é o oxigênio. Consideramos que houve reorganização na estrutura cognitiva do aluno da relação estabelecida entre cadeia alimentar, microrganismos e plantas. Nas atividades avaliativas, ele evidenciou significados da planta como produtora na cadeia

alimentar e nas atividades investigativas que os microrganismos são necessários por estarem envolvidos na obtenção de sais minerais pela planta, demonstrando assim, uma reorganização em seus conhecimentos prévios.

7.2.2 Análise dos Resultados do Aluno 2

7.2.2.1 Atividades avaliativas

Parte 1

1. A Como seria possível que a ausência de luz do sol provocasse a destruição tanto dos dinossauros herbívoros, carnívoros, como de outras espécies de seres vivos?

Porque os herbívoros comem plantas e as plantas desapareceram. Com a falta de carne para os carnívoros eles foram extintos.

1.B Em um ambiente com ausência de luz, as plantas seriam primeiramente atingidas. Essa afirmação está correta? Por quê?

Sim, porque as plantas precisam da luz para fazer fotossíntese.

2. Analise esta afirmação:

As árvores amenizam o efeito estufa. Você concorda que elas sejam mesmo importantes para esta finalidade? Por quê?

Sim, porque as árvores absorvem o gás carbônico

3. Suponha que em uma determinada região da Terra as plantas tenham as folhas com coloração avermelhada, amarela e marrom. Não há plantas com folhas verdes. No entanto, outros seres vivos como os animais vivem normalmente no local. Você acha possível que isso ocorra? Por quê?

Sim, porque de qualquer maneira as plantas precisariam de nutrientes para sobreviver e fazer fotossíntese

Parte 2 (gráficos sobre fotossíntese e respiração)

1. Pode-se dizer que o fenômeno representado no gráfico 1 ocorre nos animais?

Não, porque os animais buscam nutrientes em outros animais e outras plantas, a clorofila.

2. O gráfico 2 pode representar também a respiração das plantas? Por quê?

Sim, porque a planta também é um ser vivo.

3 – Suponha que uma planta esteja em um vidro transparente fechado, iluminado e com condições para fazer a fotossíntese, mas nesse mesmo ambiente. Responda:

A. Nessas condições a planta conseguirá viver? Por quê?

Sim, porque nestas condições a planta puxa o oxigênio e solta o gás carbônico

B. É possível que a quantidade de oxigênio possa ser aumentada nesse mesmo ambiente fechado com a planta em seu interior? Como?

A planta produz oxigênio

O aluno elaborou significados estáveis relativos aos seguintes aspectos: necessidade de luz para a sobrevivência das plantas, conforme foi abordado na atividade investigativa número 1, necessidade das plantas para a cadeia alimentar e absorção do gás carbônico pelas árvores conforme a figura utilizada para representar a respiração das plantas. No entanto, pela resposta do aluno na pergunta 3 da parte 1, fica claro que ele não atribuiu a mesma significação à atividade de extração da clorofila por não ter conseguido perceber que a sobrevivência dos animais seja possível na presença de plantas com folhas coloridas pois as mesmas também conseguem realizar a fotossíntese. Na sua conclusão da atividade investigativa 2, o aluno relata que as plantas coloridas também têm clorofila, porém esses significados não se mantiveram estáveis porque não foram transferidos para a situação problema na pergunta 3 parte 1.

Com relação à parte 2, é possível perceber que o aluno estabeleceu conexão entre os significados de fotossíntese elaborados durante as atividades, e o gráfico 1. A resposta dada à pergunta 1 mostra evidências de que o aluno atribuiu a fotossíntese a função de nutrição para a planta. No entanto, existe uma proposição incorreta com o conhecimento científico quando cita a clorofila como alimento para os animais. Novamente há demonstração de que o aluno não atribuiu significado de acordo com a ciência, para as representações, como experimento, figuras e textos relativos à clorofila.

Em relação às perguntas 3a e 3b, os significados estabelecidos estão bastante confusos, pois mesmo afirmando que a planta utiliza o gás carbônico e libera o oxigênio, essa resposta não é satisfatória para a pergunta apresentada. Sua resposta não fornece evidência se houve ou não compreensão por A2 quanto aos gases envolvidos na respiração e na fotossíntese das plantas.

7.2.2.2 Entrevista

Quando questionado sobre a atividade de que mais gostou A2 citou o terrário porque aprendeu sobre fotossíntese e respiração. Nesse caso, para fazer a fotossíntese a planta usa o gás carbônico e solta o oxigênio e para respirar usa o oxigênio e solta o gás carbônico. A planta também usa para fazer a fotossíntese, a glicose, que o aluno afirmou ser o açúcar, luz do sol, gás carbônico, sais minerais, água e clorofila. Afirmou que na fotossíntese a planta produz o próprio alimento dela, que é o oxigênio.

Para fazer a respiração o aluno afirmou que a planta usa o oxigênio, sais minerais e solta o gás carbônico. Quando indagado sobre a cadeia alimentar, disse que ela começa com planta porque a planta fabrica o alimento oxigênio para os animais. Esse fato demonstra que o aluno não compreende o papel da glicose como sendo nutriente para a planta e seu papel como base para a cadeia alimentar. Com relação à glicose, o aluno afirmou que esse componente é necessário para a planta realizar a fotossíntese, conforme ele viu na figura apresentada na atividade 1. Além disso, afirmou que não havia aprendido nada a respeito de glicose nas séries anteriores.

Aqui há um aspecto importante para ser discutido. Infere-se que o material de aprendizagem, como o terrário, os textos e imagens pesquisados na internet tenham apresentado significado potencial e lógico, pois o aluno conseguiu estabelecer relações corretas cientificamente entre os diferentes modos representativos e as evidências observadas na atividade investigativa 3.

Conhecimentos prévios estabelecidos na estrutura cognitiva

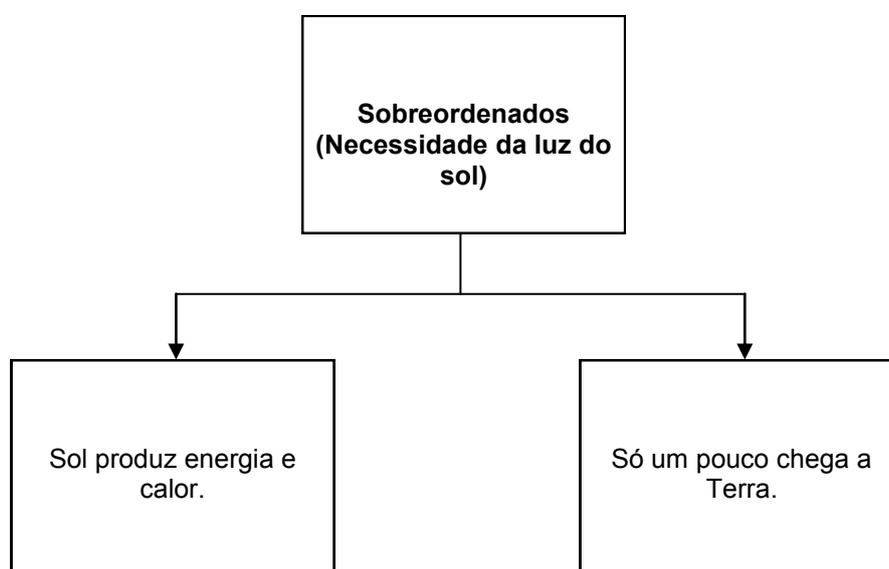
- As plantas precisam de luz para fazer fotossíntese
- Sem a luz do sol tudo na Terra iria congelar

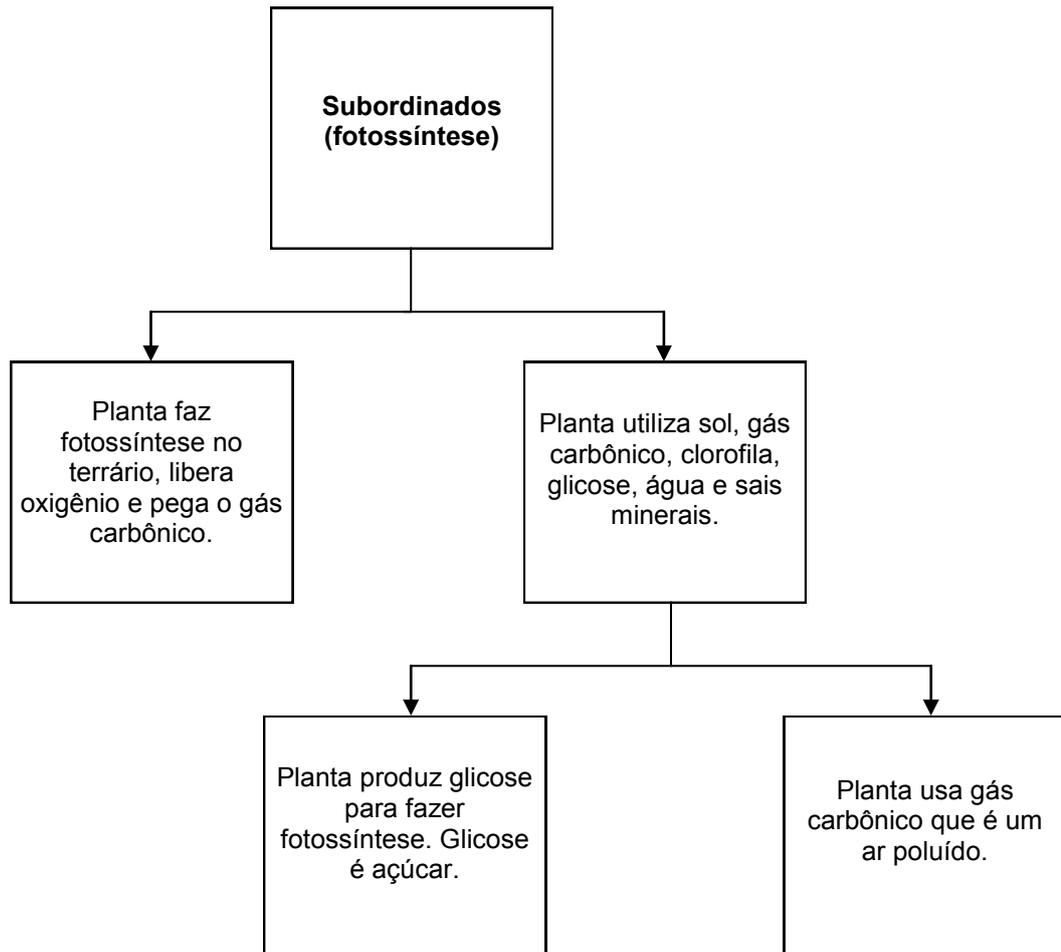
- As plantas sugam o gás carbônico e soltam o oxigênio
- Plantas são seres vivos, mas não sabe explicar por que.
- Planta na luz vai respirar e fazer a fotossíntese
- No escuro a planta respira pouco
- O caule e a folha ajudam a planta respirar
- Gás carbônico é ar poluído
- Planta não sobrevive no terrário por falta de gás carbônico.

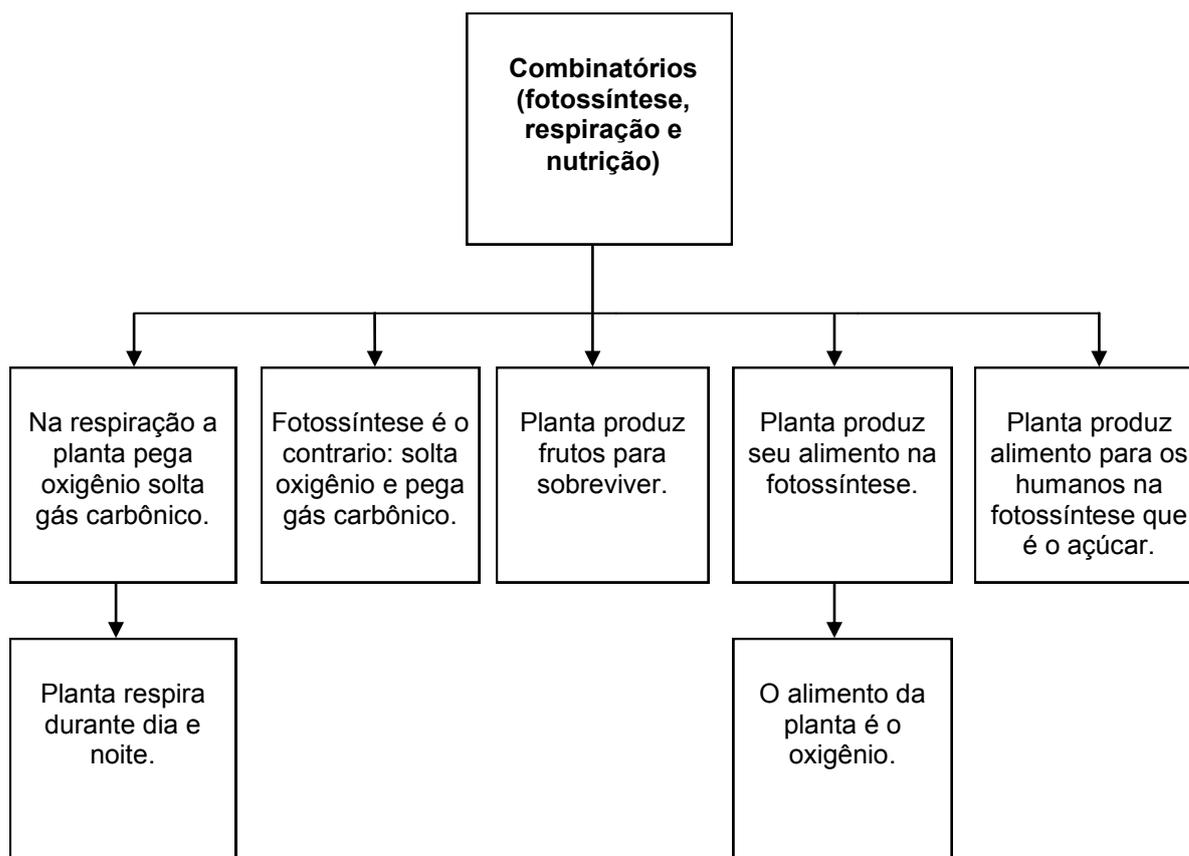
O aluno demonstrou ter muitos significados já estabelecidos em sua estrutura cognitiva, quanto ao assunto em questão, no entanto, muitos não condizentes com os científicos.

7.2.2.3 Organização hierárquica dos significados

Significados estabelecidos no desenvolvimento das atividades investigativas







O aluno já trazia em sua estrutura cognitiva a concepção quanto à necessidade da presença de luz para a realização de fotossíntese. Esses significados foram enriquecidos pela leitura do texto na atividade 1, no qual havia a informação de que nem toda energia luminosa chega a Terra. Estes significados foram então, apropriados pelo aluno.

Os significados subordinados ao conceito de fotossíntese foram principalmente quanto aos produtos necessários a este processo. Neste caso, foi possível perceber que alguns conceitos tornaram-se mais específicos como glicose, que o aluno relacionou com açúcar e de modo incoerente como sendo necessária à fotossíntese, e com o conceito de gás carbônico, o qual A2 admite como ar poluído.

Para o aluno, a planta produz frutos para sua sobrevivência, mas ele não compreendeu que a glicose está contida nos frutos. No entanto o aluno conseguiu reconhecer que glicose é o mesmo que açúcar. Porém, não conseguiu reconhecer que a planta é a base da cadeia alimentar devido à produção de glicose.

No entender do aluno, por conter glicose os frutos são necessários à sobrevivência das plantas. No final da atividade investigativa 2, ele indicou que a glicose é necessária à realização de fotossíntese. Um aspecto que pode ser

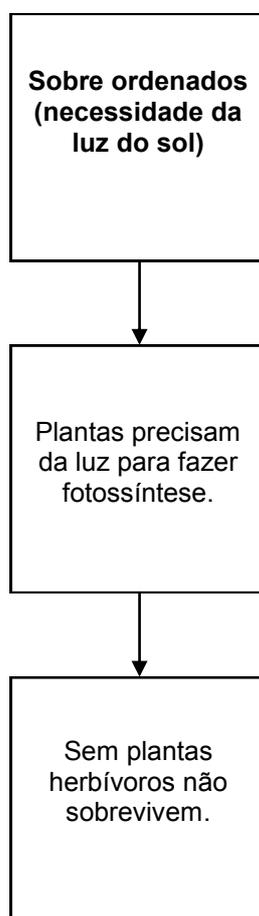
verificado quanto a maior especificidade dos significados relativos a glicose, é a afirmação do aluno de que a planta produz alimentos para os humanos na fotossíntese que é o açúcar.

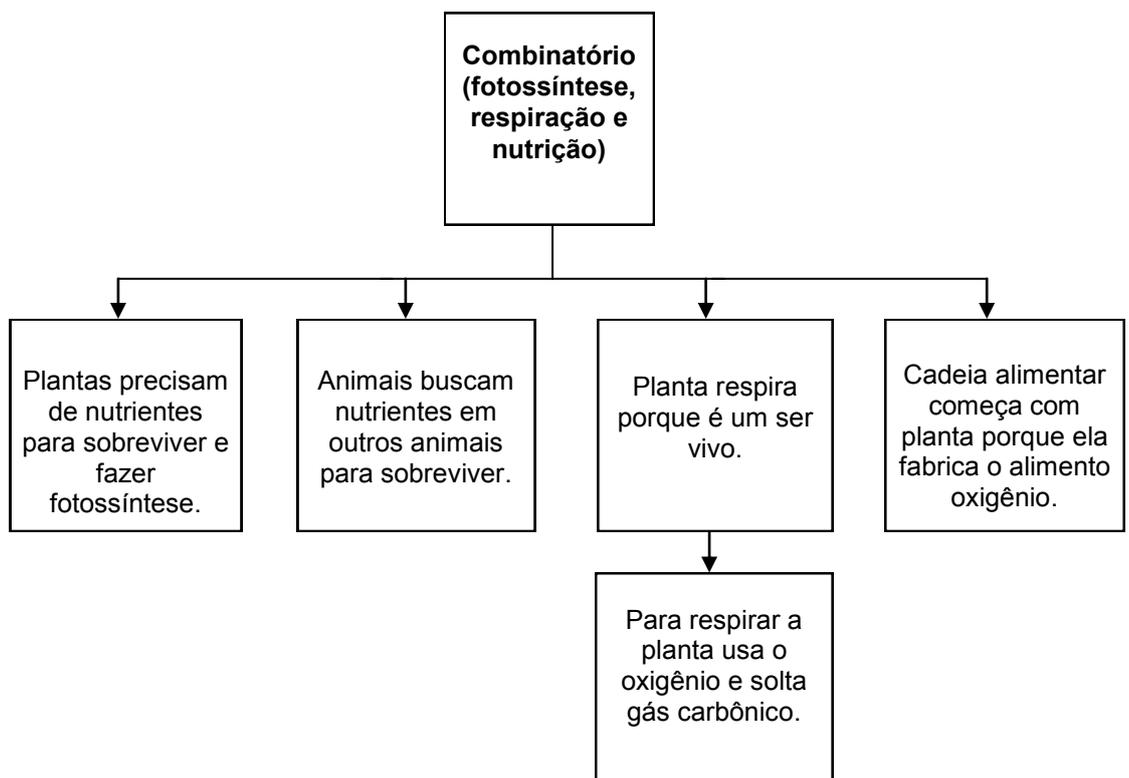
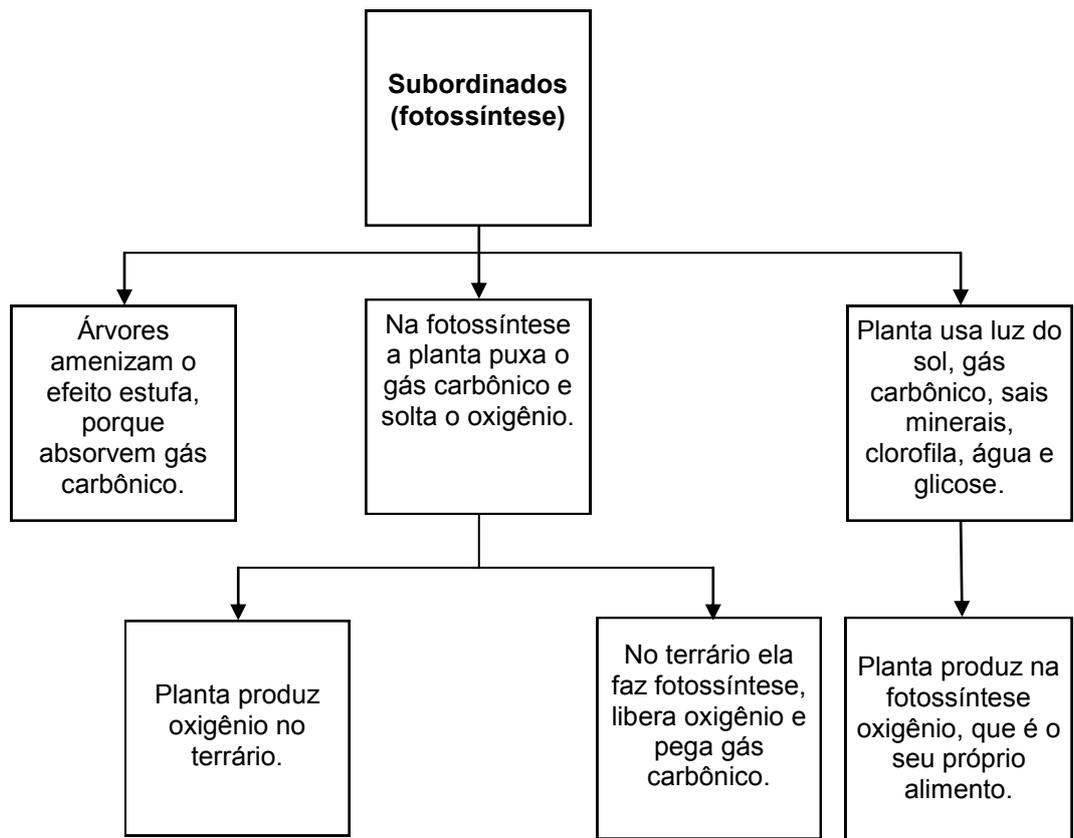
Nota-se que os significados para glicose elaborados pelo aluno são discordantes do conhecimento científico, mas significativos para ele. Nesse aspecto Ausubel (2000) afirma que os significados produzidos durante as atividades de ensino nem sempre são condizentes com a Ciência.

Há significados combinatórios entre fotossíntese e respiração. Houve compreensão coerente, de acordo com a ciência, entre gases utilizados e os produzidos na fotossíntese e na respiração. Para o conceito de fotossíntese, o aluno conseguiu diferencia-lo como um processo que a planta realiza durante o dia e a noite. Na relação entre fotossíntese e nutrição, o aluno atribui significado ao oxigênio produzido, como alimento para a planta.

As atividades investigativas favoreceram o entendimento do aluno quanto aos componentes necessários para a planta realizar a fotossíntese e também quanto ao que ela produz. Além disso, o aluno conseguiu entender que a planta respira durante o dia e durante a noite. Houve, portanto, reorganização dos significados encontrados em suas concepções prévias em que a planta respira menos durante a noite.

Significados estabelecidos com as Atividades Avaliativas e Entrevistas





Nas atividades avaliativas verifica-se novamente a presença dos significados sobreordenados quanto à necessidade de luz para as plantas e após exibição do vídeo, há significados relacionados com presença de plantas e sobrevivência dos animais herbívoros.

A2 demonstrou ter vários conhecimentos já estabelecidos em sua estrutura cognitiva. A ideia de que o gás carbônico é um gás poluído permaneceu mesmo após o aluno ter realizado as atividades. O significado de que a glicose é alimento para os humanos e de que a planta usa glicose para fazer fotossíntese parece ter ficado estabilizado na estrutura cognitiva do aluno. O termo glicose apareceu pela primeira vez nas atividades investigativas na figura representativa de fotossíntese. A concepção de glicose permaneceu durante todas as atividades realizadas, incluindo as avaliativas. Neste caso, ficou claro que o aluno não atribuiu os significados esperados na leitura do texto e da figura de fotossíntese utilizados na atividade investigativa 1, de que a glicose ou açúcar é produzida pela planta durante a fotossíntese e não utilizada por elas durante esse processo, conforme apresentado no quadro 07 sobre as conexões entre figura, atividades investigativas e leitura da imagem . Neste caso, há relação entre glicose, plantas e fotossíntese já estabelecida na estrutura do aluno. Porém, é necessário que haja uma reorganização desses significados produzidos pelo aluno sobre esta relação, para que se tornem correta cientificamente.

A ideia dos gases utilizados na fotossíntese foi relacionada com a situação prática do terrário, mostrando que esses significados tornaram-se mais específicos.

Com relação aos produtos da fotossíntese e da respiração, o aluno demonstrou ter construído significados coerentes. Esses dados apareceram novamente na entrevista dele. Esses significados foram transferidos para a atividade prática do terrário, apesar de A2 não ter desenvolvido satisfatoriamente a explicação na sua resposta da atividade 3 parte 2.

Nos significados combinatórios da avaliação, o aluno demonstrou estabelecer relações entre nutrientes e necessidade de alimentos para as plantas, mas não conseguiu atribuir à fotossíntese o significado de produção de matéria orgânica. Fica claro que, para o aluno, a fotossíntese tem significado somente na produção de oxigênio. Ao afirmar que os animais buscam nutrientes em outros animais para sobreviver, demonstra também clareza quanto ao papel dos animais na cadeia alimentar, mas não quanto ao papel das plantas. Quando o aluno cita que a

planta respira porque é um ser vivo, indica a significação estabelecida entre os conceitos de ser vivo, planta e a função vital respiração.

7.2.3 Análise dos Resultados do Aluno 3

7.2.3.1 Atividades avaliativas

Parte 1

1.A Como seria possível que a ausência de luz do sol provocasse a destruição tanto dos dinossauros herbívoros, carnívoros, como de outras espécies de seres vivos?

Sim, sem as plantas os herbívoros iam morrer e sem os herbívoros os carnívoros morrem.

1.B Em um ambiente com ausência de luz, as plantas seriam primeiramente atingidas. Essa afirmação está correta? Por quê?

Sim, porque tinha uma nuvem de gases.

2. Analise esta afirmação :

As árvores amenizam o efeito estufa. Você concorda que elas sejam mesmo importantes para esta finalidade? Por quê?

Sim, ela suga o gás carbônico

3. Suponha que numa determinada região da Terra as plantas tenham as folhas com coloração avermelhada, amarela e marrom. Não há plantas com folhas verdes. No entanto, outros seres vivos como os animais vivem normalmente no local. Você acha possível que isso ocorra? Por quê?

Sim, elas precisam de clorofila e elas têm um pouco

Parte 2 (gráficos sobre fotossíntese e respiração)

1. Pode-se dizer que o fenômeno representado no gráfico 1 ocorre nos animais?

Não, nos animais falta clorofila

2. O gráfico 2 pode representar também a respiração das plantas? Por quê?

Sim, ela para de fazer a fotossíntese e começa a respirar

3. Suponha que uma planta esteja em um vidro transparente fechado, iluminado e com condições para fazer a fotossíntese, mas nesse mesmo ambiente. Responda:

A. Nessas condições a planta conseguirá viver? Por quê?

Sim, ela suga o gás carbônico e solta o oxigênio

B. É possível que a quantidade de oxigênio possa ser aumentada nesse mesmo ambiente fechado com a planta em seu interior? Como?

Sim, porque ela solta oxigênio

O aluno elaborou significados estáveis relativos à necessidade de luz para a sobrevivência das plantas, conforme foi abordado na atividade investigativa número 1, necessidade das plantas para a cadeia alimentar, e quanto ao fato de as árvores absorverem o gás carbônico, conforme a figura utilizada para representar a respiração das plantas.

Conseguiu relacionar satisfatoriamente o vídeo com a necessidade das plantas para a cadeia alimentar e extinção dos dinossauros. A resposta dada à questão 1b, demonstra que o aluno não entendeu bem a pergunta, mas conseguiu fazer a inferência de que a nuvem de gás levou à destruição das plantas pela ausência de luz. Esse fato demonstra que o aluno estabeleceu conexões entre a representação externa (vídeo), e a primeira atividade investigativa relativa à necessidade de luz para as plantas. Na resposta da questão 2, o aluno demonstrou ter compreendido que a planta absorve o gás carbônico e assim ameniza o efeito estufa.

Na pergunta 3 da parte 1, fica claro que ele não atribuiu a mesma significação à atividade de extração da clorofila por não ter conseguido perceber que a sobrevivência dos animais seja possível na presença de plantas com folhas coloridas, pois as mesmas também conseguem realizar a fotossíntese. Na sua conclusão da atividade investigativa 2, o aluno relata que as plantas coloridas também têm clorofila, porém na resposta da atividade avaliativa 3 parte 1, ele não avança em sua explicação. Na resposta, afirma que as plantas coloridas têm um pouco de clorofila, mas não relacionou a presença dos animais na região com folhas coloridas, que estava indicado na situação problema. Portanto, não conseguiu transferir satisfatoriamente os significados elaborados na atividade investigativa 2 para a situação problema apresentada nas questões avaliativas.

Quanto às questões relativas aos gráficos, foi possível verificar que o aluno conseguiu estabelecer conexões entre a representação gráfica com os textos e imagens trabalhadas sobre fotossíntese e respiração nas atividades investigativas 1 e 3. Quanto às questões 3 A e 3 B, também demonstrou que realizou conexões entre os modos representativos práticos (terrário), textos e imagens sobre fotossíntese e respiração que foram trabalhados na atividade investigativa 3. No entanto, na resposta à questão 3 A, o estudante relacionou a sobrevivência apenas com trocas gasosas, por não ter avançado em sua explicação, não foi possível avaliar a compreensão dele com relação à realização de fotossíntese e respiração, mas em sua resposta à questão 3 A, O aluno demonstrou ter conseguido estabelecer a transferência de significados dos modos representativos utilizados durante as atividades investigativas para as situações problema apresentadas nas atividades avaliativas.

7.2.3.2 Entrevista

Quando indagado sobre quais atividades e lembrava que foram desenvolvidas, o aluno citou a atividade 1, com os dois vasos, o terrario e o vídeo sobre a extinção dos dinossauros. O vídeo foi a atividade de que o aluno mais gostou porque gosta muito de assistir a vídeos. Não relatou nenhuma atividade de que não tenha gostado. Afirmou que aprendeu mais com a leitura dos textos.

Em relação ao terrário, o aluno explicou que a planta conseguiu sobreviver porque dentro dele tem água, luz e a planta consegue respirar e fazer fotossíntese. De acordo com o aluno, para fazer a fotossíntese a planta precisa de luz do sol e gás carbônico. Ela fabrica oxigênio e glicose que fica no fruto.

Quanto à respiração explicou que a planta só respira à noite e não respira o oxigênio, mas sim o gás carbônico e libera o oxigênio na respiração. Quanto à cadeia alimentar, respondeu que a planta a inicia porque ela produz o oxigênio, e se não houvesse plantas, os animais morreriam por falta do oxigênio.

Com as respostas da entrevista é possível verificar que o aluno elaborou significados estáveis quanto à necessidade de luz e de gás carbônico para realização da fotossíntese. A necessidade de luz para sobrevivência da planta já havia sido afirmada na interação ocorrida na atividade 1 e também nos significados elaborados na leitura do texto também relativo à atividade 1.

O significado elaborado pelo aluno de que o fruto é um produto da fotossíntese ficou estabelecido em sua estrutura de conhecimento. Esta explicação do aluno aparece em vários momentos nas atividades investigativas, como por exemplo, quando realizou o desenho, no final da atividade investigativa 2, na qual indicou que a planta produz frutos com glicose durante a fotossíntese. Na compreensão do aluno, o fruto significa um produto da fotossíntese.

Os significados entre fotossíntese e respiração da planta mostraram-se confusos na entrevista. Na explicação da figura representativa de fotossíntese na atividade 1, o aluno afirmou que a planta usa o gás carbônico e libera o oxigênio durante esse processo. Porém, não há clareza para o estudante quanto à respiração. Isso pode ser confirmado pela sua resposta à questão avaliativa 2, relativa ao gráfico da respiração na qual o estudante explicou que a planta para de fazer a fotossíntese e começa a respirar. Portanto, mesmo com o desenvolvimento das atividades, o aluno não conseguiu estabelecer significados claros quanto a esses dois processos realizados pelo vegetal.

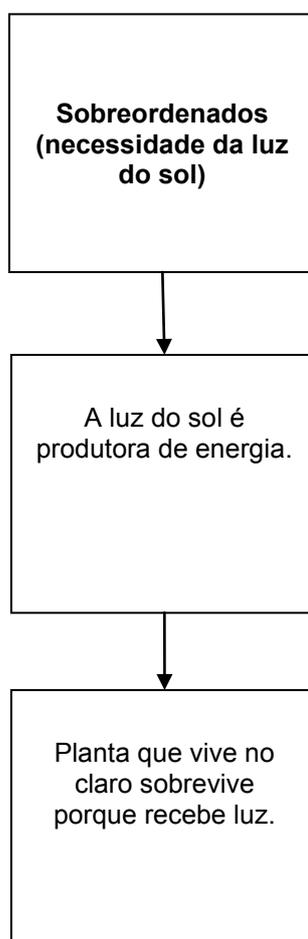
O aluno elaborou o significado de que o oxigênio é o alimento da planta. É importante ressaltar que no início das atividades, ele tinha a compreensão de que os microrganismos seriam os produtores.

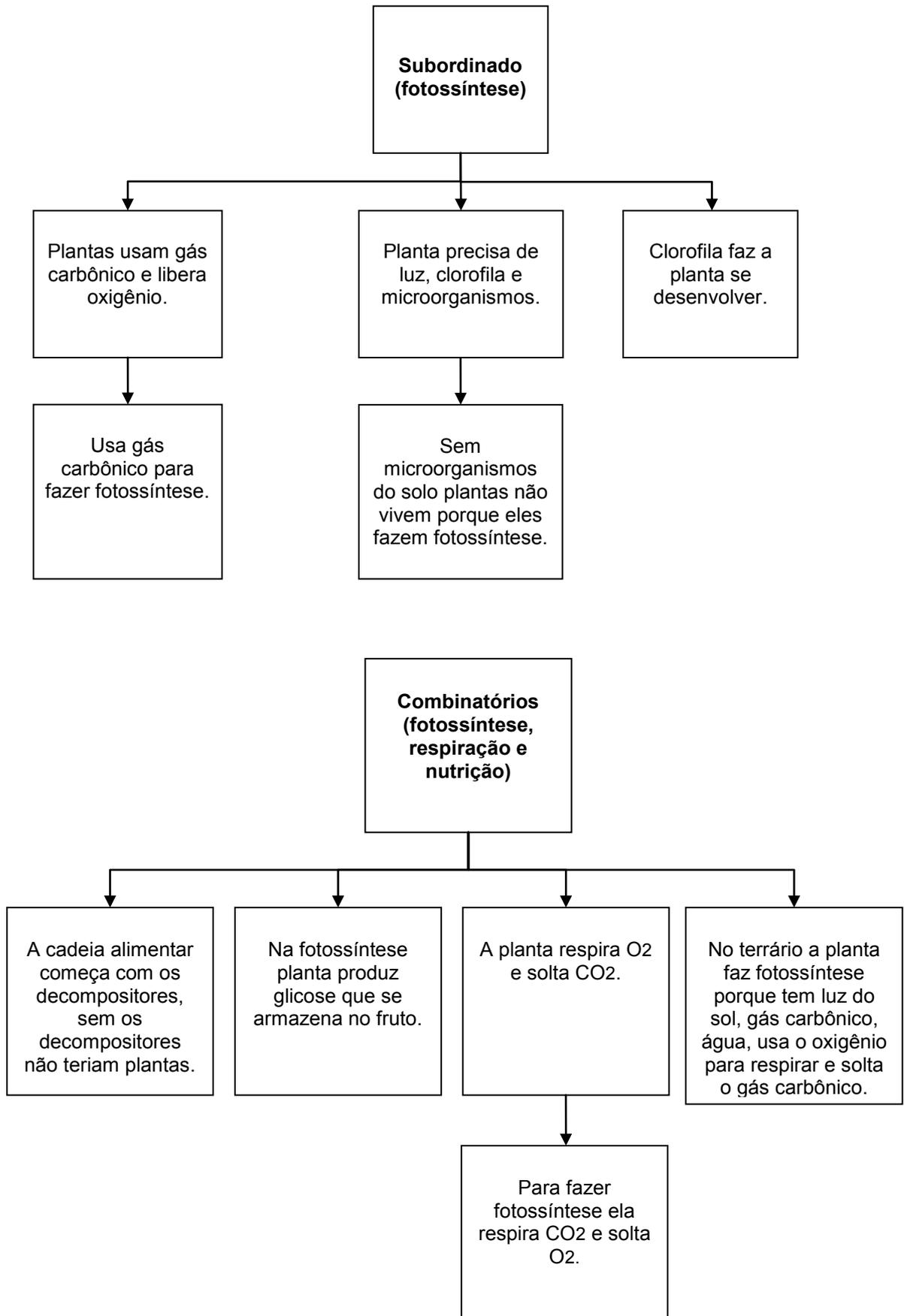
Conhecimentos prévios estabelecidos na estrutura cognitiva

- Luz do sol ajuda regular a temperatura do corpo, aquece oceano.
- Luz do sol é necessária para a planta fazer fotossíntese.
- Planta no escuro não faz fotossíntese.
- Planta respira pelo caule.
- Nas folhas coloridas a clorofila tem outra cor.
- No terrário a planta não consegue viver muito tempo por falta de gás carbônico.
- Planta respira o gás carbônico e solta o oxigênio.

7.2.3.3 Organização hierárquica dos significados

Significados estabelecidos no desenvolvimento das atividades investigativas





Os significados classificados como sobreordenados mostram que o aluno atribuiu à presença da luz do sol a condição para a sobrevivência da planta, sendo esse significado mais inclusivo quanto a fotossíntese, conforme documentos oficiais de ensino.

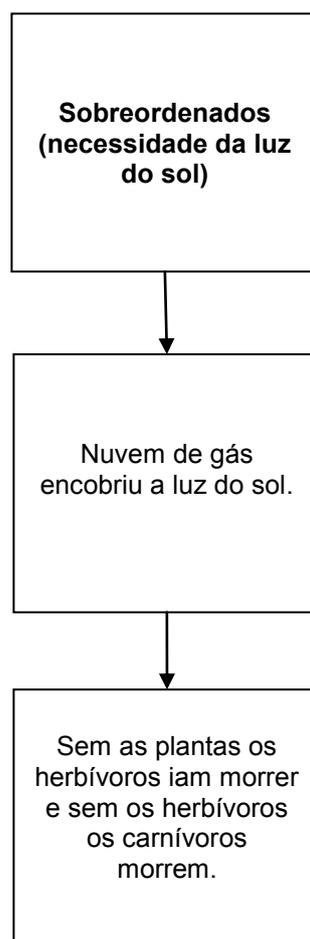
Como significados subordinado, a utilização do gás carbônico, produção de oxigênio são significados que se tornaram mais específicos em relação ao conceito mais geral de fotossíntese.

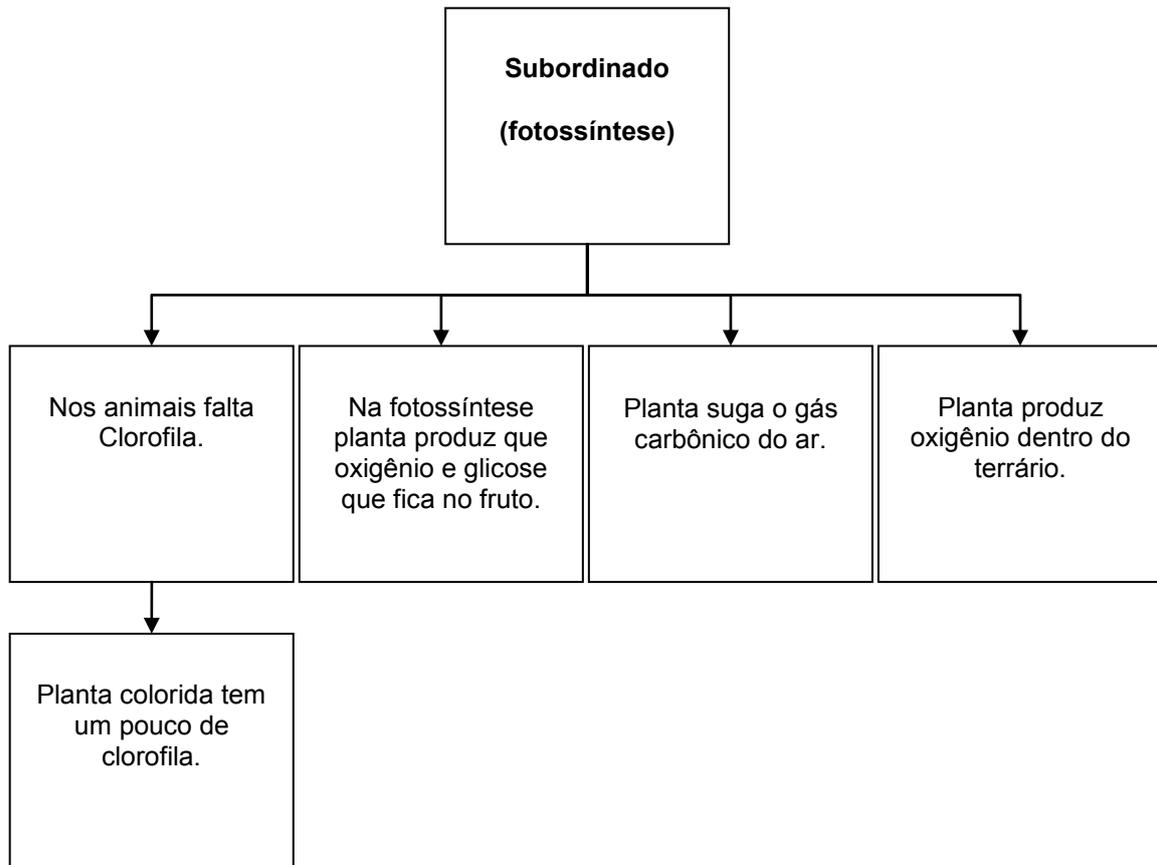
Comparando-se os conhecimentos prévios do aluno com os significados estabelecidos a partir das atividades investigativas, é possível verificar que os significados foram enriquecidos. O aluno começou a utilizar corretamente os símbolos O_2 para designar o oxigênio e CO_2 para designar o gás carbônico. Permaneceu confuso ainda o conceito de respiração e fotossíntese das plantas, assim como identificado em seus conhecimentos prévios. Foi possível detectar também, com relação ao processo de fotossíntese e respiração, que o aluno não tem clareza sobre em quais processos a planta absorve o gás carbônico e o oxigênio, e em quais ela libera o oxigênio e o gás carbônico.

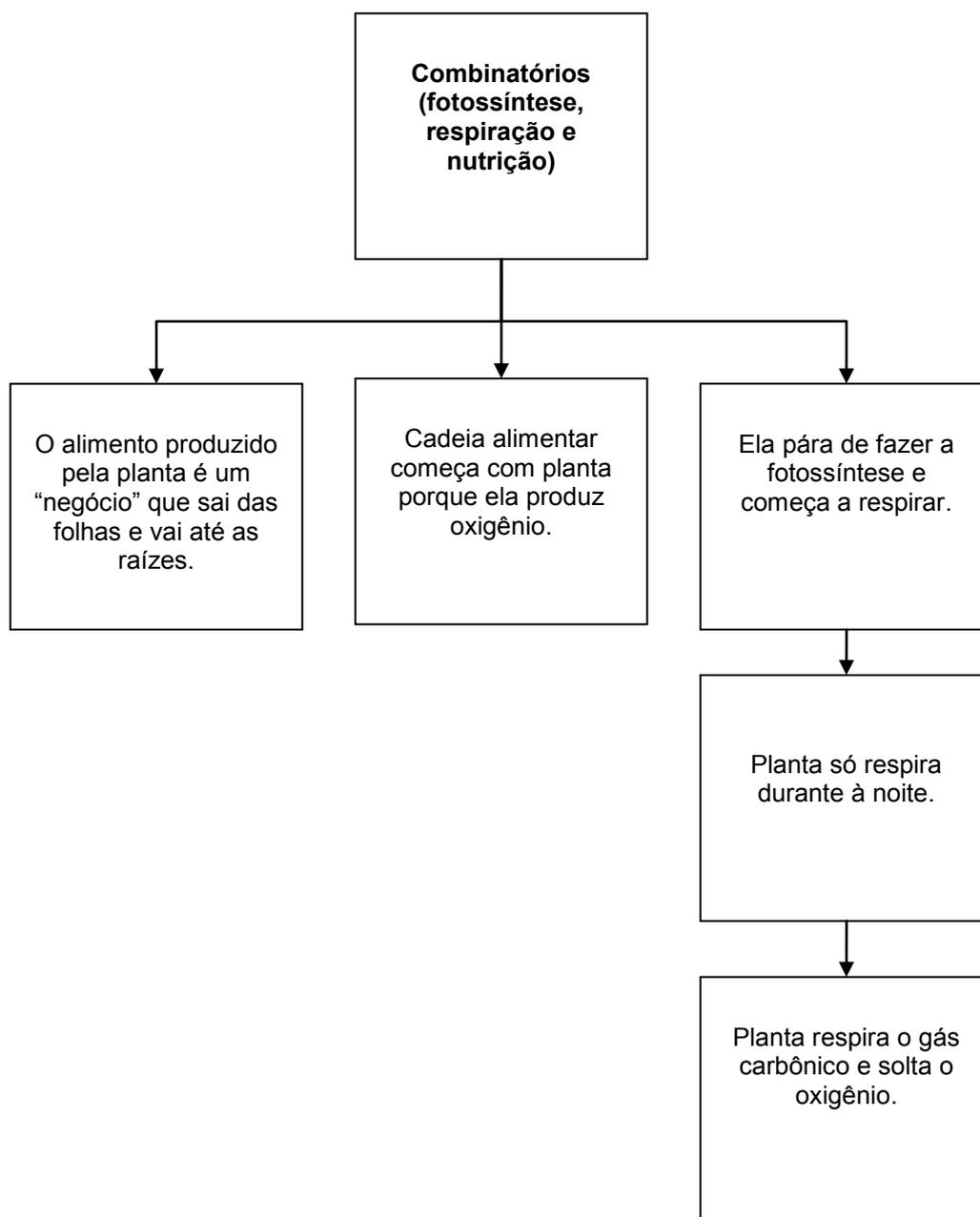
Nos conhecimentos prévios, foi detectado que a clorofila muda de cor nas folhas coloridas, mas após a atividade investigativa, o aluno afirmou que as folhas coloridas apresentam um pouco de clorofila. Apesar de o estudante não transferir esse conhecimento para a situação problema apresentada na atividade avaliativa, consideramos que as atividades investigativas mediadas por multimodos de representação, permitiram ao aluno enriquecer o conceito de clorofila.

O aluno atribuiu corretamente significado à figura existente no texto da primeira atividade investigativa, em que os microrganismos fornecem nutrientes minerais às plantas, apesar de essa figura não ter sido o aspecto principal de análise da fotossíntese. Foi possível verificar a produção de significados elaborados quanto ao papel dos microrganismos com a fotossíntese. Ao afirmar que os decompositores iniciam a cadeia alimentar e que as plantas utilizam nutrientes provenientes da decomposição dos microrganismos, pode-se concluir que o aluno elaborou significados combinatórios entre fotossíntese, microrganismos e nutrição das plantas. No entanto, o aluno atribuiu incorretamente o papel de produtor aos microrganismos pelo fato de a decomposição realizada por eles fornecer nutrientes às plantas.

Significados das atividades avaliativas e entrevista







O aluno relacionou corretamente a ausência de luz do sol, devido à nuvem que se formou impedindo o desenvolvimento da planta, e conseqüentemente relacionou a extinção das plantas na Terra com a morte dos carnívoros. Ausência de luz do sol, sobrevivência das plantas e dos animais são significados sobreordenados porque são considerados mais gerais para o entendimento do processo de fotossíntese.

Alguns significados tornaram-se mais específicos conforme pode ser verificado na subordinação quando o aluno elabora os significados para clorofila, indicando que esse pigmento não está presente nos animais e que as plantas

coloridas produzem um pouco. O aluno apresentou como sobreordenado o entendimento de que a luz é necessária à fotossíntese e como subordinados os demais componentes para este processo, como a necessidade da clorofila e do gás carbônico. Indicou também, como significado subordinado, a produção de oxigênio dentro do terrário.

Quanto aos significados classificados como combinatórios, o aluno conseguiu estabelecer a relação de trocas gasosas no terrário. Pela resposta do aluno às questões avaliativas, não ficou clara a sua compreensão em relação aos processos de fotossíntese e respiração. Apesar de ter afirmado corretamente na atividade avaliativa 3 que no terrário a planta usa gás carbônico e libera o oxigênio, estes significados não se mantiveram estáveis na entrevista, pois o estudante disse que na respiração a planta utiliza o gás carbônico e libera o oxigênio.

É importante ressaltar que o aluno reorganizou seus conhecimentos para cadeia alimentar, ao afirmar na entrevista que a planta é a responsável por iniciar a cadeia alimentar porque produz oxigênio e por isso, sem as plantas os herbívoros e carnívoros não sobreviveriam. Nota-se que houve reorganização quanto ao papel das plantas como produtoras e não mais dos microrganismos. No entanto, o aluno não apresentou significados entre a produção de matéria orgânica pela planta e seu papel produtor na cadeia trófica, mas sim ao oxigênio.

Não foi possível verificar nas respostas às questões avaliativas, significados combinatórios relativos à nutrição vegetal, mas sim nas atividades investigativas, conforme já apresentado.

7.2.4 Análise dos Resultados da Aluna 4

7.2.4.1 Atividades avaliativas

Parte 1

1-A Como seria possível que a ausência de luz do sol provocasse a destruição tanto dos dinossauros herbívoros, carnívoros, como de outras espécies de seres vivos?

Porque sem a luz do sol as plantas não iam fazer a fotossíntese e os dinossauros herbívoros não tinham o que comer e os carnívoros também não.

1-B Em um ambiente com ausência de luz, as plantas seriam primeiramente atingidas. Essa afirmação está correta? Por quê?

Sim, porque sem a luz não ia fazer fotossíntese.

2- Analise esta afirmação:

As árvores amenizam o efeito estufa. Você concorda que elas sejam mesmo importantes para essa finalidade? Por quê?

Sim, porque as árvores respiram o gás carbônico e soltam o oxigênio.

3- Suponha que numa determinada região da Terra as plantas tenham as folhas com coloração avermelhada, amarela e marrom. Não há plantas com folhas verdes. No entanto, outros seres vivos como animais vivem normalmente no local. Você acha possível que isso ocorra? Por quê?

Sim, porque as coloridas têm clorofila para fazer oxigênio

Parte 2 (gráficos sobre fotossíntese e respiração)

1- Pode-se dizer que o fenômeno representado no gráfico 1 ocorre nos animais? Explique sua resposta.

Não porque os animais não fazem fotossíntese.

2- O gráfico 2 pode representar também a respiração das plantas? Por quê?

Sim, porque as plantas respiram igual a nós. Se ela não respirar ela morre.

3- Suponha que uma planta esteja dentro de um vidro transparente fechado, iluminado e com condições para fazer fotossíntese, mas nesse mesmo ambiente há também um pouco de oxigênio. Responda:

a) Nessas condições a planta conseguiria viver? Por quê?

Sim, porque ela absorve o gás carbônico e produz oxigênio.

a) É possível que a quantidade de oxigênio possa ser aumentada nesse mesmo ambiente fechado com a planta em seu interior? Como?

Sim, porque a planta produz oxigênio.

A aluna estabeleceu significados coerentes com o conhecimento científico, conseguiu relacionar corretamente a necessidade de luz para a planta realizar fotossíntese, como também a necessidade das plantas na manutenção da cadeia alimentar com os demais níveis tróficos. Esses mesmos significados foram transferidos para a questão 1B.

Na resposta da questão 2, percebe-se claramente que a aluna não tem clareza sobre o conceito de respiração quando afirma que a planta respira o gás carbônico e libera oxigênio. Quanto à presença de clorofila nas plantas coloridas, pode-se afirmar que a aluna atribuiu significados coerentes com a ciência na atividade 2 sobre a extração da clorofila por ter conseguido transferi-los a uma nova situação. O mesmo ocorreu com a análise do gráfico. Neste caso, percebe-se que a aluna conseguiu estabelecer uma correta conexão entre o gráfico e as imagens e textos que foram lidos sobre fotossíntese e também a respiração, mesmo este conceito não estando totalmente claro para a aluna, como revelado na resposta da questão 2.

Na resposta das questões 3 A e 3B , também é possível verificar que a aluna atribuiu significados claros e estáveis à atividade do terrário e conseguiu transferi-los para a situação problema colocada.

7.2.4.2 Entrevista

Das atividades que se lembra com mais detalhes, a aluna ressaltou o desenho de fotossíntese que foi entregue na atividade investigativa 1e da atividade prática da extração de clorofila, porém disse ter gostado de todas as práticas, mas disse ter aprendido mais com a atividade investigativa 1 em que foi deixada uma planta no claro e outra no escuro.

Quando indagada sobre a fotossíntese, disse que a planta utiliza o gás carbônico, água e luz do sol, lembrou também da clorofila, mas não sabia explicar o que era a clorofila. Quanto aos produtos da fotossíntese, a aluna disse ser o oxigênio e a glicose. Para ela glicose é um tipo de açúcar para a planta fabricar o fruto.

Quanto ao alimento que a planta produz na fotossíntese, a aluna disse ser um negócio que sai das folhas e vai “tipo pelas veias” até as raízes. Isso eu vi naquele desenho da fotossíntese. Glicose é o açúcar que nós precisamos e a planta também. A planta é importante porque produz oxigênio *pra* gente.

Quando indagada quanto à respiração, a aluna revelou que a planta respira toda hora. Disse que se lembrou do gráfico. Para a aluna a planta respira o oxigênio e libera o gás carbônico como no terrário. Para ela a cadeia alimentar é iniciada pela

planta porque ela serve de alimentos para os carnívoros. Os carnívoros morrem e fornecem alimentos para a planta, começando “tudo de novo”.

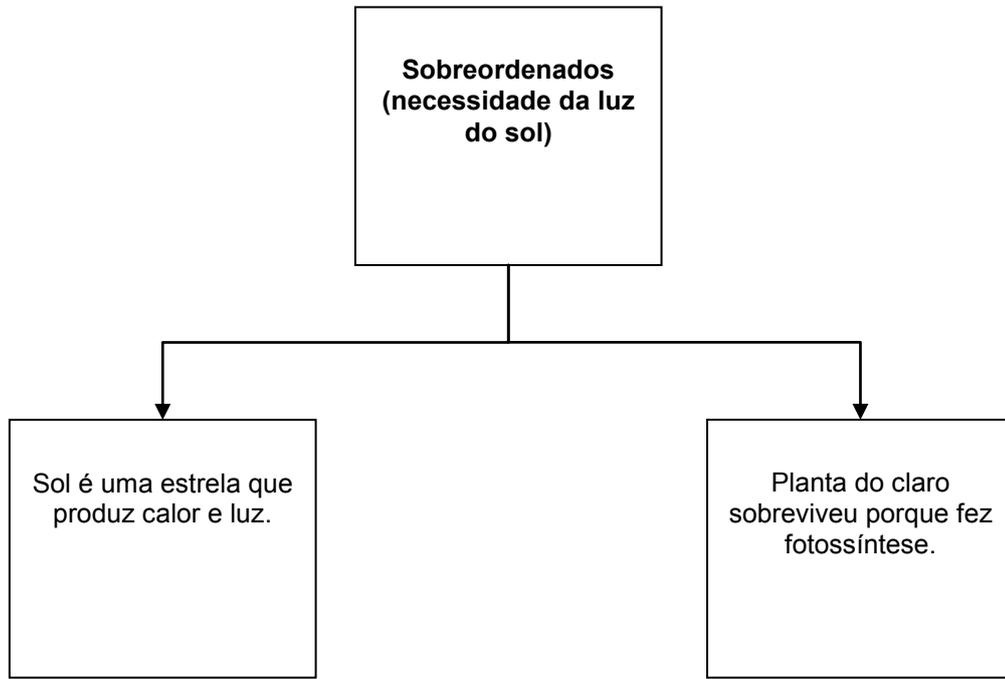
Pelos dados apresentados na entrevista é possível verificar que a aluna atribuiu corretamente significados aos materiais de aprendizagem quanto ao que a planta utiliza e o que produz durante a fotossíntese. Quanto à glicose verifica-se que as conexões entre texto e figura utilizadas na atividade 1 formaram significados estáveis quando afirma que a glicose fica no fruto e que é algo que sai das folhas e vai até as raízes. É importante ressaltar aqui a analogia feita entre circulação nas plantas e nos animais. Esse foi um fato importante detectado na entrevista com relação ao alimento produzido pela planta na fotossíntese. Diferente do que os demais alunos disseram, ser o oxigênio o alimento produzido na fotossíntese, esta aluna referiu-se à glicose, porém, a aluna não relacionou a glicose produzida na fotossíntese com o fato de ser produtora na cadeia alimentar.

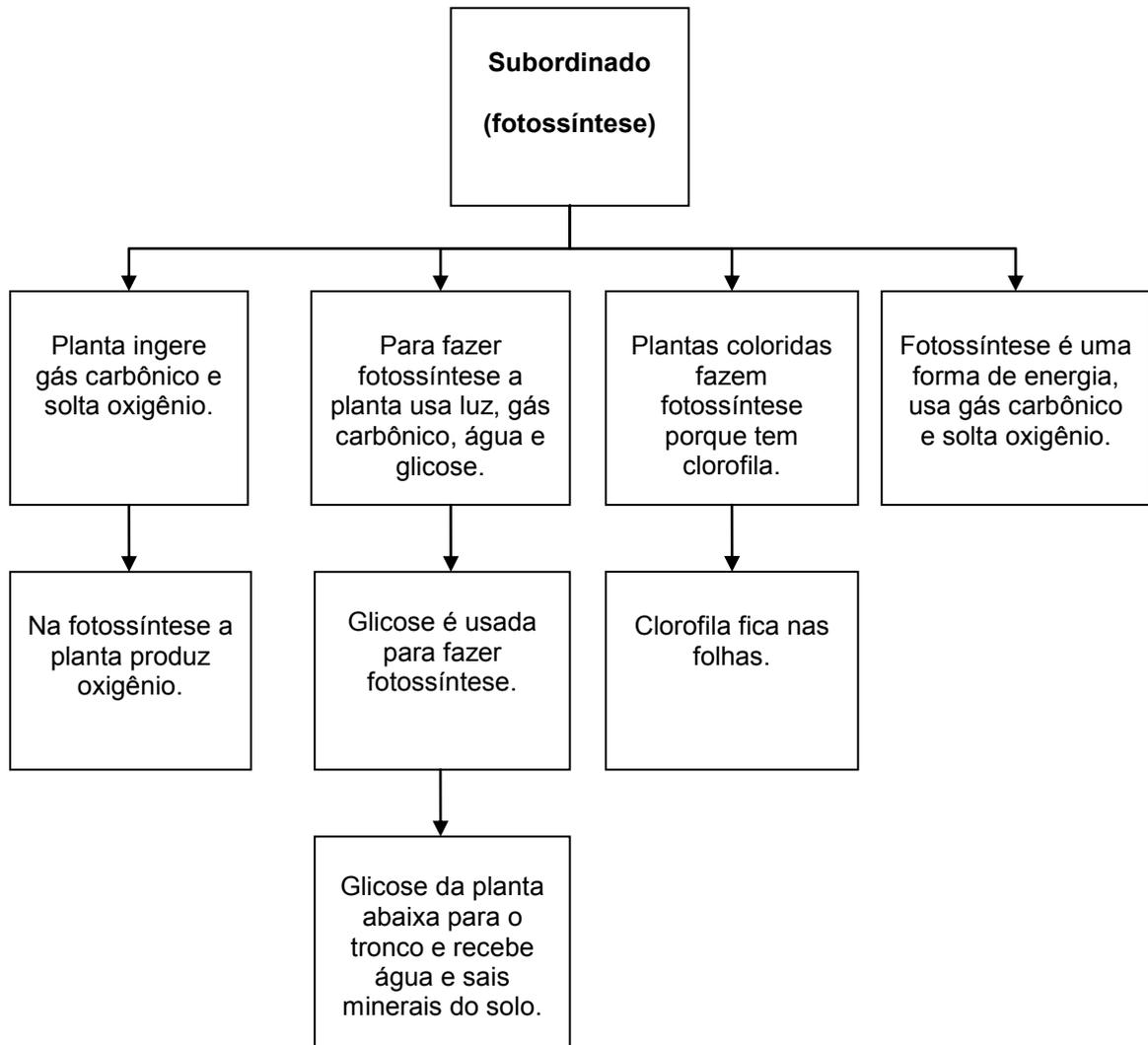
Ao afirmar que a planta respira todo dia e que se lembrou dessa informação no gráfico, revela que este modo de representação, favoreceu a significação quanto à respiração vegetal. Quando a aluna relaciona a respiração com o que ocorreu no terrário, verifica-se que houve conexões entre gráfico e atividade prática.

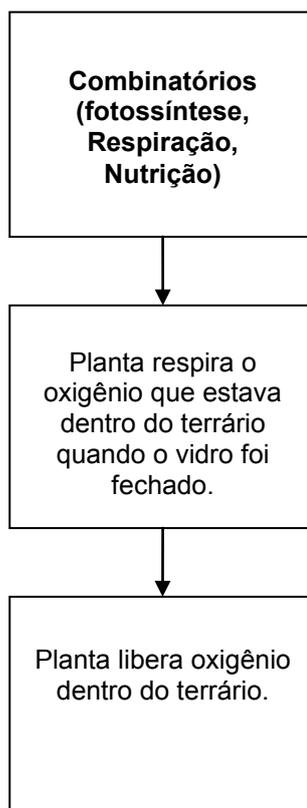
Conhecimentos prévios estabelecidos na estrutura cognitiva

- Planta no escuro não vive porque não faz fotossíntese
- Planta dentro do armário fechado morre por falta de ar
- Clorofila fica nas folhas
- Folhas coloridas podem ter clorofila porque elas fazem fotossíntese
- Glicose fica na fruta
- Planta não sobrevive no terrário por falta de gás carbônico

7.2.4.3 Organização hierárquica dos significados

Atividades Investigativas





Nos significados sobreordenados elaborados pela aluna, foi possível verificar que ela estabelece relações entre fotossíntese e necessidade de luz para planta. Os significados subordinados apresentados revelam que os conceitos de glicose e clorofila tornaram-se mais específicos. Com relação à glicose a aluna atribuiu incorretamente a este componente o significado de ser um elemento necessário à realização da fotossíntese.

Nos significados em relação à glicose elaborados nas atividades investigativas, foi evidenciado que a aluna entende a glicose como substância necessária à produção de fotossíntese. A aluna já apresentava a concepção de que a glicose fica no fruto. Com as atividades investigativas e a utilização de multimodos, a aluna elaborou o significado discordante com a ciência de que a glicose sai do fruto, vai para as raízes, sendo posteriormente utilizada junto com água e sais minerais do solo. Esta concepção permaneceu durante todo o período em que a pesquisa foi desenvolvida. O conceito de glicose, fruto e fotossíntese já estavam, portanto, presentes na estrutura cognitiva da aluna, há então, a necessidade de que esses conceitos sejam reorganizados na estrutura cognitiva da estudante, para que elabore significados de acordo com os científicos.

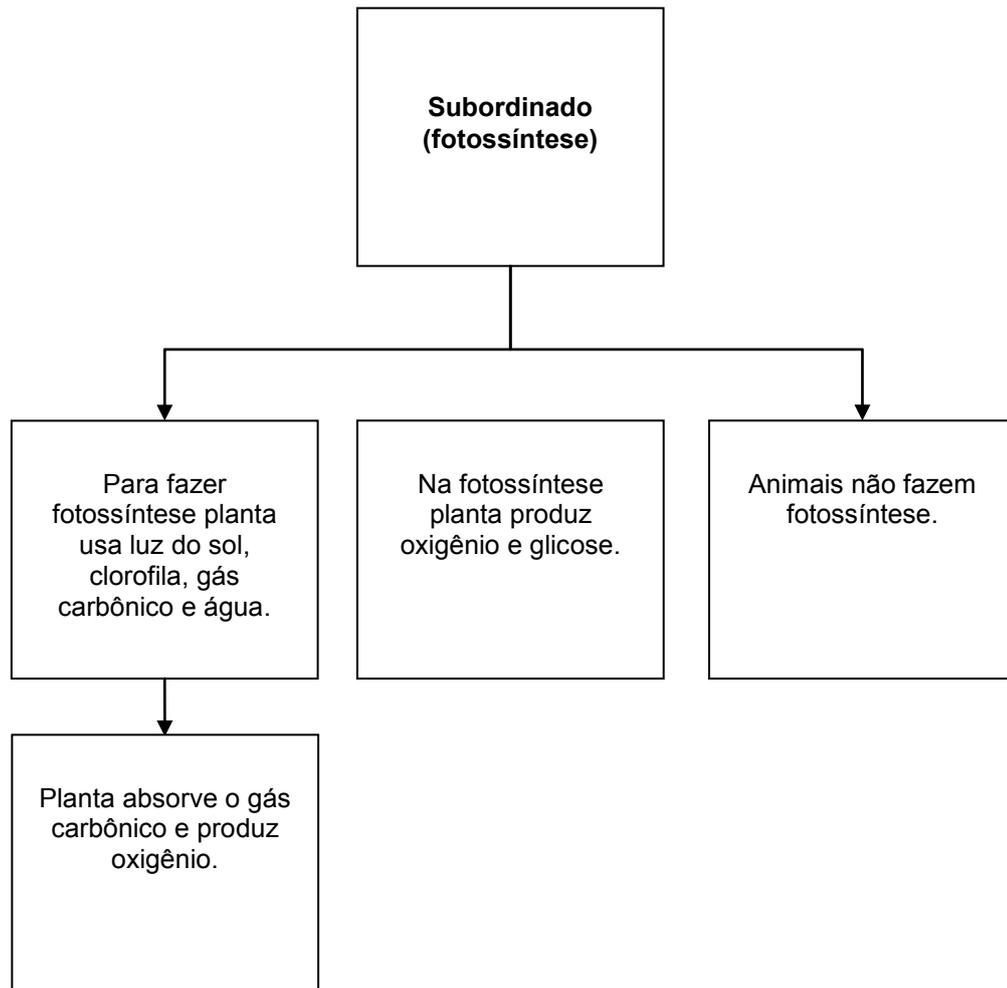
Para clorofila atribuiu corretamente a significação de que as plantas coloridas têm clorofila. Esse significado tornou ainda mais específico ao considerar que a clorofila é encontrada nas folhas.

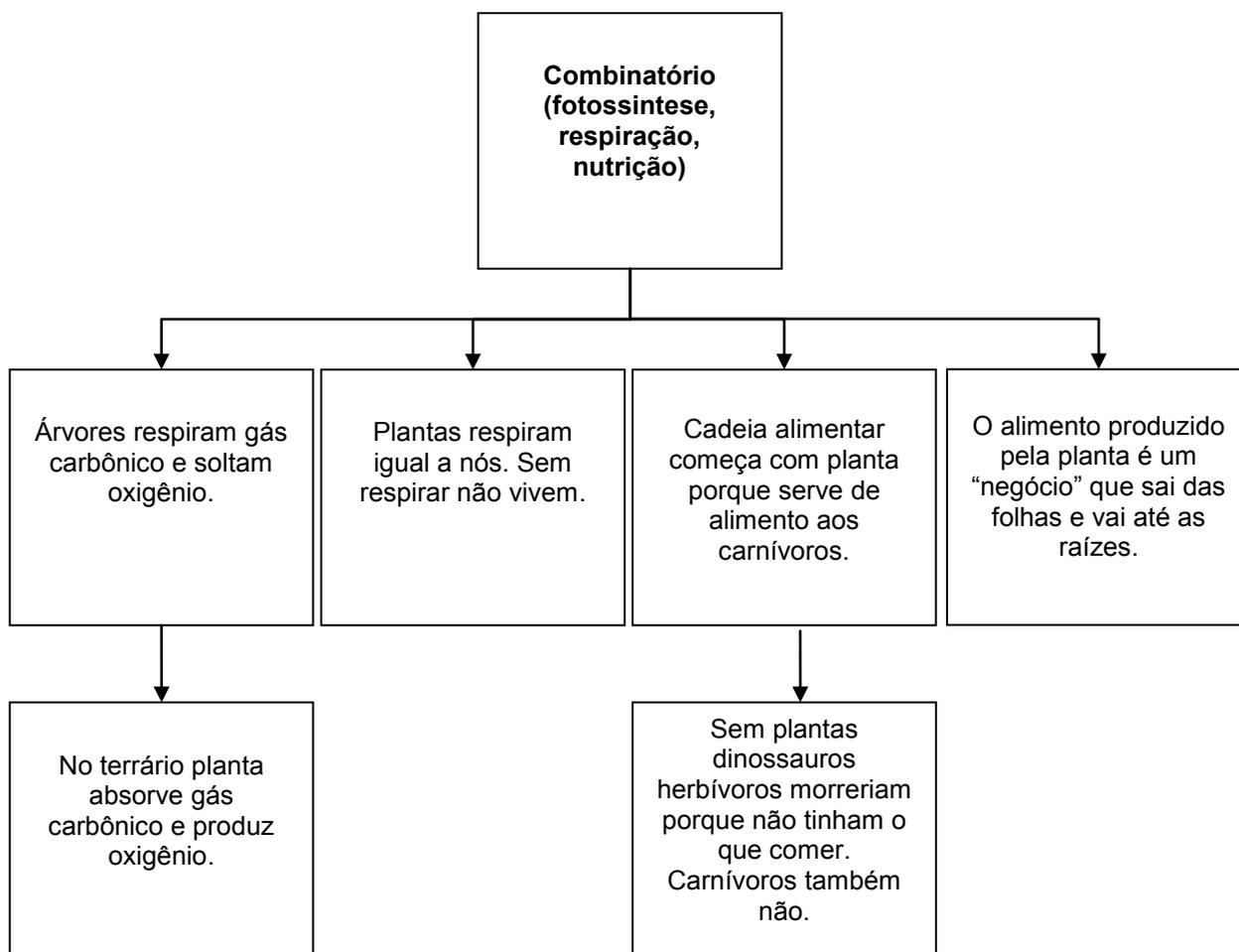
Quanto aos conceitos de respiração e fotossíntese a aluna demonstra não ter clareza sobre ambos. Entende que a planta produz oxigênio na fotossíntese, mas em alguns momentos afirma que a planta respira gás carbônico. Em relação a esses dois processos ela estabeleceu conexões precisas entre os textos, as figuras e a atividade prática do terrário. No entanto, a estudante apresentava inicialmente a concepção de que a planta não iria sobreviver no terrário.

Nos significados combinatórios a aluna relacionou corretamente os conceitos de fotossíntese e respiração. Na atividade do terrário demonstrou entendimento relativo à produção de oxigênio. Não foram identificados significados combinatórios referentes à nutrição vegetal e fotossíntese.

Significados Atividades Avaliativas e Entrevista







Os significados sobreordenados das atividades avaliativas confirmam a necessidade da luz do sol para realização da fotossíntese. Nos subordinados a aluna manteve os significados estabilizados quanto aos gases que são utilizados durante a fotossíntese. No entanto, nos significados combinatórios entre fotossíntese e respiração, há novamente controvérsia entre os conceitos de fotossíntese e respiração no significado de que a árvore respira gás carbônico e solta oxigênio.

Nas atividades investigativas a aluna demonstrou o significado de que a glicose é um elemento necessário à produção de fotossíntese. No resultado das atividades avaliativas e da entrevista, foi possível perceber que a aluna reorganizou o significado para glicose, como sendo um elemento produzido durante a fotossíntese, sendo esta o alimento da planta.

O significado de respiração para plantas e animais começa a se estabilizar na estrutura cognitiva da aluna, por ela afirmar que as plantas respiram como nós e

que elas não vivem sem respirar.

Conforme já apontado no resultado das atividades investigativas, a aluna apresentava inicialmente a concepção de que a planta não iria sobreviver no terrário por falta de gás carbônico. Pelos resultados das atividades avaliativas e entrevista, foi possível perceber que esta concepção foi superada e que houve compreensão de que no terrário a planta realiza fotossíntese e produz oxigênio para sua sobrevivência, evidenciando a compreensão de que o gás carbônico é absorvido pela planta para que produza a fotossíntese.

7.2.5 Análise dos Resultados da Aluna 5

7.2.5.1 Atividades avaliativas

Parte 1

1-A Como seria possível que a ausência de luz do sol provocasse a destruição tanto dos dinossauros herbívoros, carnívoros, como de outras espécies de seres vivos?
É porque a luz do sol serve para fotossíntese e sem isso não tinha plantas.

1- B: Em um ambiente com ausência de luz, as plantas seriam primeiramente atingidas. Essa afirmação está correta? Por quê?
Sim, pois a fotossíntese ajuda as plantas

2- Analise esta afirmação:

As árvores amenizam o efeito estufa. Você concorda que elas sejam mesmo importantes para esta finalidade? Por quê?

Sim porque ela faz oxigênio e por isso melhora a poluição

3- Suponha que numa determinada região da Terra as plantas tenham as folhas com coloração avermelhada, amarela e marrom. Não há plantas com folhas verdes. No entanto, outros seres vivos como os animais vivem normalmente no local. Você acha possível que isso ocorra? Por quê?

Sim porque a glicose de todos os tipos de planta é verde. Mesmo ela sendo colorida os animais precisam delas para se fortalecer.

Parte 2 (gráficos sobre fotossíntese e respiração)

1-Pode-se dizer que o fenômeno representado no gráfico 1 ocorre nos animais?

Explique sua resposta.

Não, os animais não fazem fotossíntese.

2- O gráfico 2 pode representar também a respiração das plantas? Por quê?

Sim, porque a planta precisa respirar 24 horas por dia para sobreviver.

3- Suponha que uma planta esteja em um vidro transparente fechado, iluminado e com condições para fazer fotossíntese, mas nesse mesmo ambiente há também um pouco de oxigênio. Responda:

a) Nessas condições a planta conseguiria viver? Por quê?

Sim, porque ela fabrica o oxigênio para ela mesma.

b) É possível que a quantidade do oxigênio possa ser aumentada nesse mesmo ambiente fechado com a planta em seu interior? Como?

Sim, pois ela fabrica oxigênio, assim ela faz o gás carbônico e solta o oxigênio.

A aluna conseguiu estabelecer relações entre o vídeo da extinção dos dinossauros com a necessidade de luz para a sobrevivência das plantas. Assim como foi verificado nas atividades investigativas, a aluna não consegue diferenciar glicose de clorofila. Esse fato pode ser verificado quando ela afirma que todas as folhas coloridas também têm glicose. Na entrevista abaixo, pode-se verificar também que ambos os significados são bastante confusos para a aluna.

Com relação aos gráficos, a aluna mostrou clareza em sua interpretação. Com isso foi possível verificar a transferência dos significados estabelecidos na atividade investigativa 3, para as situações problema na parte 2, tanto dos gráficos como na questão 3.

7.2.5.2 Entrevista

Ao ser questionada sobre a atividade de que mais gostou, ela citou o vídeo dos dinossauro, a atividade da planta do claro e do escuro e do terrário. A aluna disse ter aprendido mais com o vídeo porque achou a teoria da extinção dos dinossauros interessante, e que gostou de todas as atividades.

Segundo a estudante quanto aos elementos necessários à fotossíntese, ela disse que se confunde com a clorofila e glicose, mas afirma que a planta também

usa água e luz do sol. *Não sei se ela puxa o gás carbônico o oxigênio.* Além disso, afirmou que a glicose deixa a planta verde e também disse ter dificuldade em diferenciar glicose e clorofila.

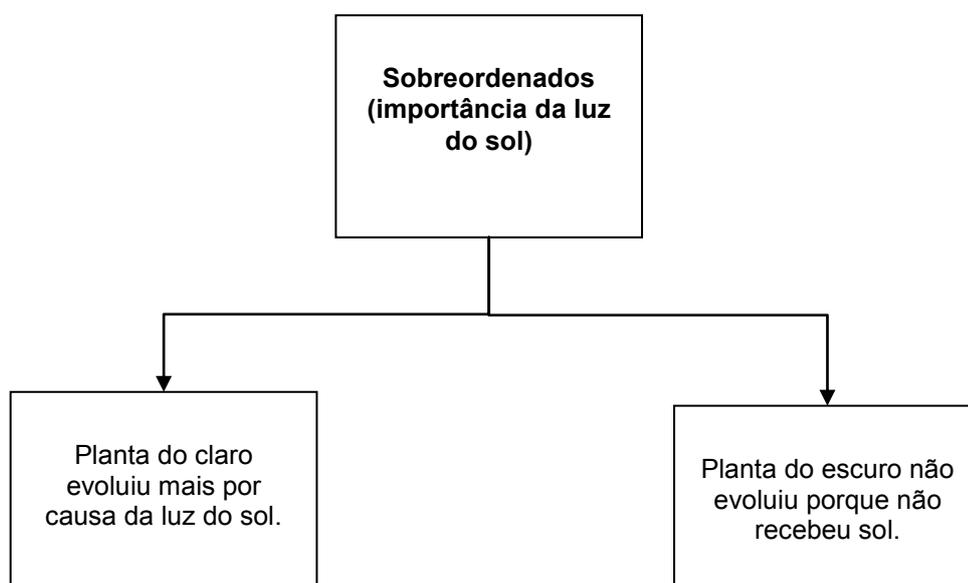
Quanto ao que a planta produz na fotossíntese, a aluna afirmou ser o oxigênio e o gás carbônico. Sobre a respiração informou que a planta respira 24 horas por dia. *Ela puxa o oxigênio e solta o gás carbônico.* Na fotossíntese ela puxa o gás carbônico e solta o oxigênio. Nas palavras da aluna, a cadeia alimentar deve começar pelas plantas porque elas servem de alimentos para os herbívoros.

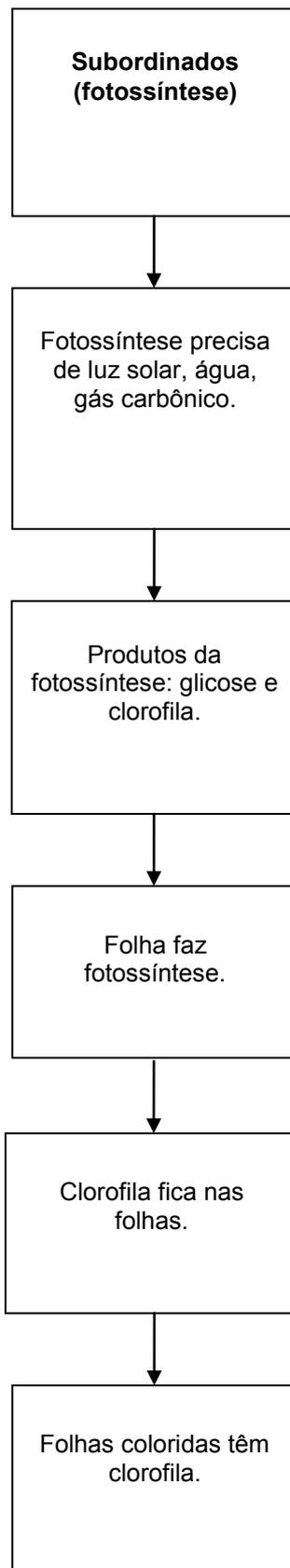
Conhecimentos Prévios Estabelecidos na Estrutura Cognitiva

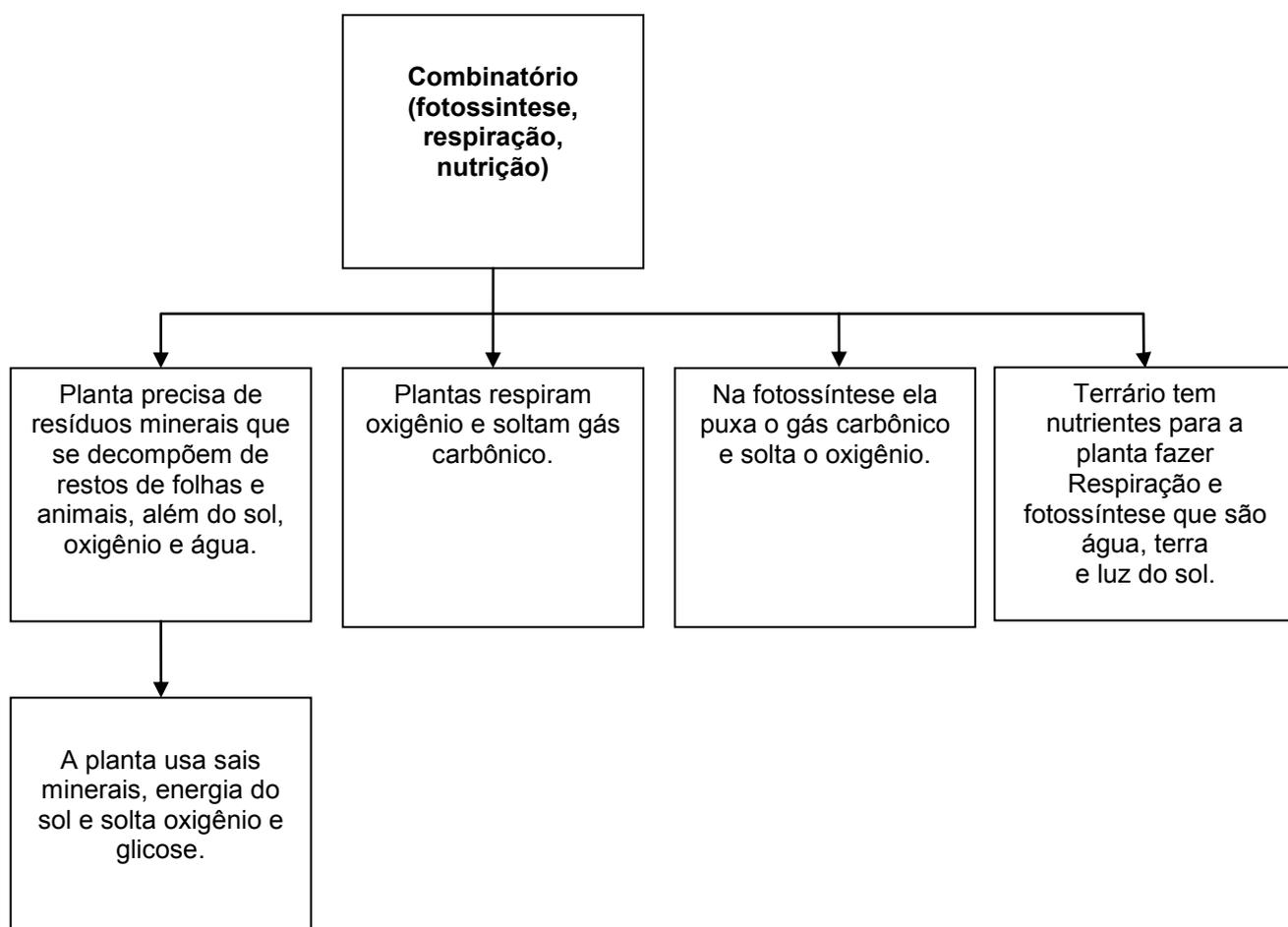
- Sem luz do sol não teria alimentos para a gente comer
- O capim faz fotossíntese porque é um ser vivo
- No escuro a planta morre rápido
- Na luz a planta cresce melhor
- A planta respira gás carbônico
- Nós respiramos oxigênio e soltamos oxigênio

7.2.5.3 Organização hierárquica dos significados

Significados Estabelecidos nas Atividades Investigativas







A aluna já traz conhecimentos prévios a respeito da necessidade da luz do sol para a sobrevivência das plantas. De acordo com os conhecimentos prévios apresentados, ela demonstrou não ter clareza quanto à participação dos gases respiratórios em humanos.

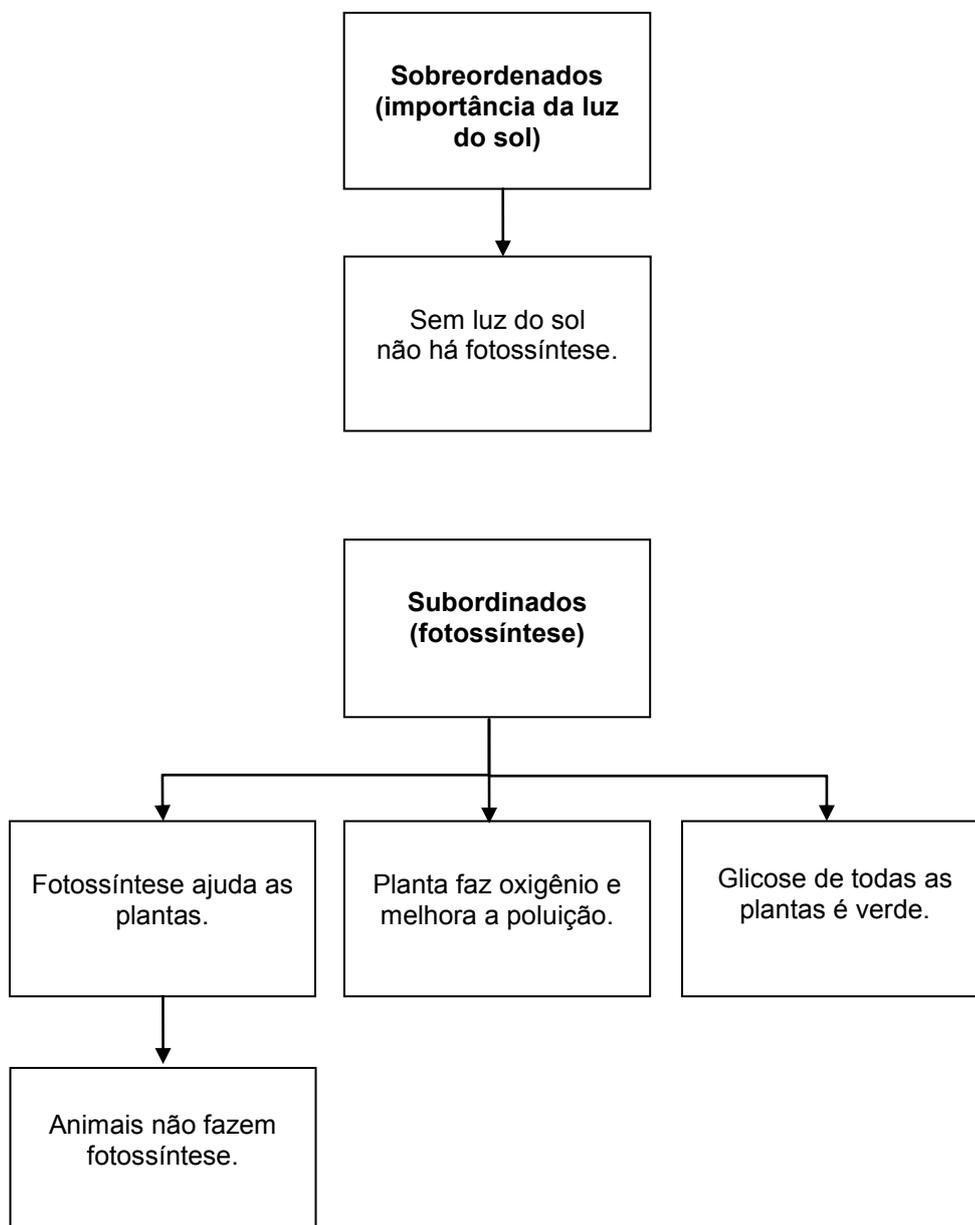
Os significados quanto à importância da luz solar permaneceram estáveis durante as atividades investigativas. No decorrer dessas atividades com a utilização de alguns modos de representação como figuras e textos, a aluna evidenciou outros significados, como por exemplo, a necessidade de resíduos minerais pelas plantas, que provavelmente resultaram da observação da imagem de cadeia alimentar apresentada no texto (anexo A).

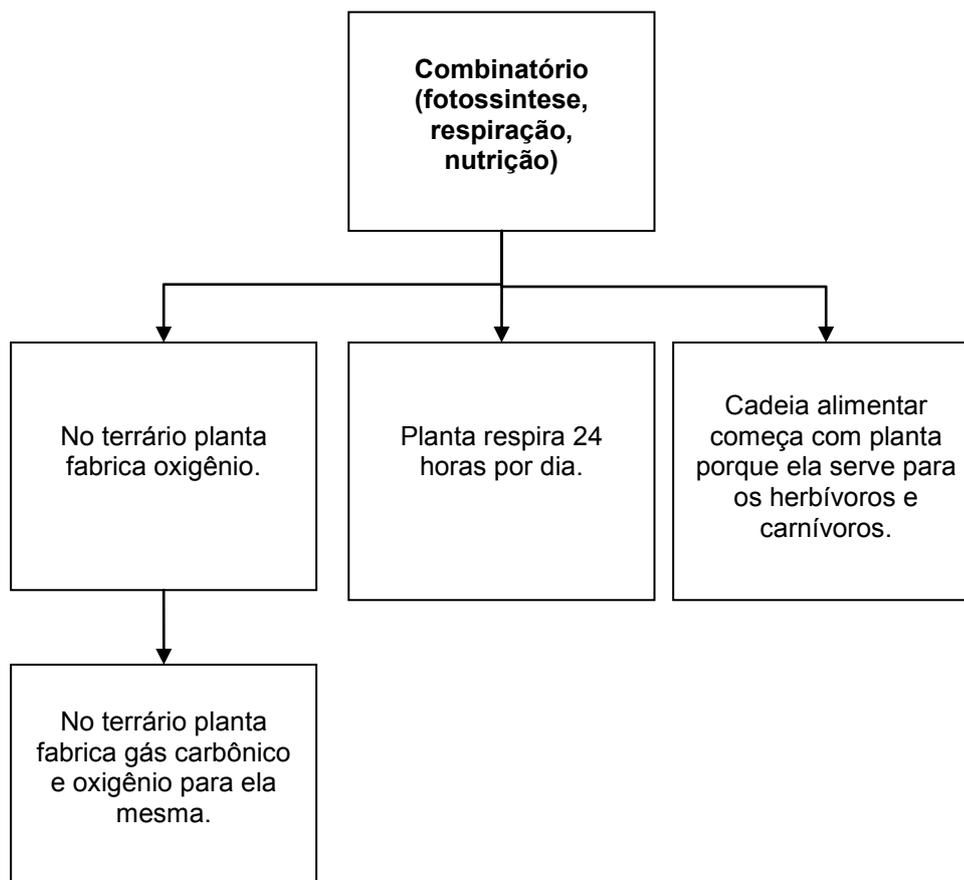
A aluna mostrou compreensão correta quanto aos elementos necessários para fotossíntese. O significado de clorofila no processo fotossintético mostra-se instável em sua estrutura cognitiva, pois em alguns momentos ela afirma ser a clorofila necessária para a fotossíntese e em outros, como no quadro 7, afirma ser

um produto da fotossíntese. Esse fato foi comprovado na conclusão da atividade do terrário, quando a aluna afirmou serem a água, a terra e a luz do sol necessárias à fotossíntese, não mencionando a clorofila. No entanto, o significado de clorofila foi se diferenciando ao longo das atividades, pois a aluna indicou que a clorofila fica nas folhas e que as folhas coloridas também apresentam clorofila. Houve a produção de significados combinatórios entre fotossíntese e respiração. Relacionou corretamente, nas atividades de investigação, a participação dos gases oxigênio e gás carbônico tanto na fotossíntese como na respiração das plantas.

Significados Estabelecidos no Desenvolvimento das Atividades Avaliativas e

Entrevista





Os significados de que há necessidade de luz solar para a fotossíntese, foram mantidos nas atividades avaliativas. Naqueles subordinados ao conceito de fotossíntese, percebeu-se, novamente, os significados confusos que a aluna apresenta para os conceitos de glicose e clorofila. Esse fato foi admitido pela aluna até mesmo na entrevista, quando afirmou confundir glicose e clorofila. Sendo assim, verifica-se claramente a necessidade da compreensão conceitual para um correto entendimento dos processos que envolvem a fotossíntese.

A aluna também apresentou significados combinatórios coerentes para a compreensão de fotossíntese. A partir dos significados elaborados nas atividades investigativas e utilização de multimodos de representação, percebeu-se que a aluna conseguiu transferir os significados produzidos a respeito de respiração para a o modo representacional gráfico, assim como a atividade do terrário para a situação problema 3. Sendo assim, é possível afirmar a estabilidade desses significados produzidos pela aluna.

7.2.6 Análise dos Resultados do aluno 6

7.2.6.1 Atividades avaliativas

Parte 1

1-A Como seria possível que a ausência de luz do sol provocasse a destruição tanto dos dinossauros herbívoros, carnívoros, como de outras espécies de seres vivos?

Porque os herbívoros sobrevivem de plantas e esses gases tampam o sol e os carnívoros sobrevivem dos herbívoros, então os carnívoros morreram.

1- B: Em um ambiente com ausência de luz, as plantas seriam primeiramente atingidas. Essa afirmação está correta? Por quê?

Sim, pois a planta precisa de luz para sobreviver.

2- Analise esta afirmação:

As árvores amenizam o efeito estufa. Você concorda que elas sejam mesmo importantes para esta finalidade? Por quê?

Sim, pois ela respira o gás carbônico e libera o oxigênio.

3- Suponha que numa determinada região da Terra as plantas tenham as folhas com coloração avermelhada, amarela e marrom. Não há plantas com folhas verdes. No entanto, outros seres vivos como os animais vivem normalmente no local. Você acha possível que isso ocorra? Por quê?

Sim, pois mesmo sendo colorida ela possui os mesmos nutrientes.

Parte 2 (gráficos sobre fotossíntese e respiração)

1-Pode-se dizer que o fenômeno representado no gráfico 1 ocorre nos animais? Explique sua resposta.

Não porque os animais precisam de alimentos e as plantas precisam de clorofila.

2- O gráfico 2 pode representar também a respiração das plantas? Por quê?

Sim, pois as plantas nunca param de respirar.

3- Suponha que uma planta esteja em um vidro transparente fechado, iluminado e com condições para fazer fotossíntese, mas nesse mesmo ambiente há também um pouco de oxigênio. Responda:

a) Nessas condições a planta conseguiria viver? Por quê?

Sim, pois nessas condições a planta respira o gás carbônico e solta o oxigênio

b) É possível que a quantidade do oxigênio possa ser aumentada nesse mesmo ambiente fechado com a planta em seu interior? Como?

Sim, pois a planta fabrica oxigênio.

Na primeira parte das atividades, o aluno demonstra clareza nos significados. Sendo assim, pode-se afirmar que o aluno conseguiu transferir os significados das questões investigativas para as avaliativas no que se refere à importância da luz para os seres vivos e à clorofila. Os significados mantiveram-se confusos quanto aos gases que participam dos processos respiratórios e fotossintéticos.

Na parte 2, o aluno aplicou corretamente nos gráficos os significados produzidos com a utilização dos modos representacionais utilizados nas atividades investigativas. Na questão 3, nota-se novamente que o aluno apresenta significados equivocados para quanto à participação de gases respiratórios nos processos de fotossíntese e respiração. Admite que a planta fabrica oxigênio, mas não distingue claramente em quais dos processos.

7.2.6.2 Entrevista

Quando indagado sobre qual atividade gostou mais ele citou o vídeo dos dinossauros. Quanto à atividade que considerou ter aprendido mais, nas palavras do aluno, ele disse ser a atividade do terrário, isto é, a atividade investigativa 3. Afirmou que dentro do vidro a planta faz fotossíntese e respira.

Ao ser questionado quanto aos elementos necessários à fotossíntese, disse ser o gás carbônico, a luz do sol, a água que fica em gotinhas no vidro e a clorofila que já está na planta. *Ao fazer a fotossíntese a planta produz o alimento dela que é o fruto, onde fica a glicose e libera o oxigênio.*

Quanto à respiração, em suas palavras, disse que a planta respira toda hora.

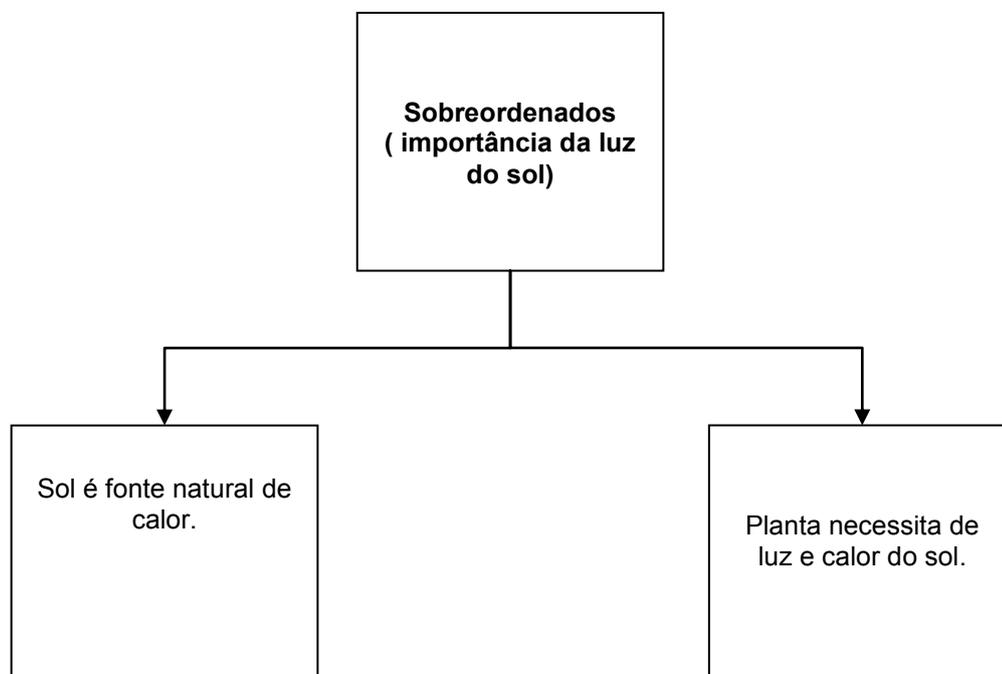
Para isso ela usa o gás carbônico e transforma em oxigênio. Sobre a cadeia alimentar, afirmou que ela se inicia com a planta porque vai continuar com os herbívoros e depois os carnívoros. Para o aluno, os decompositores são importantes porque vão decompor os restos de animais e plantas para limpar o planeta.

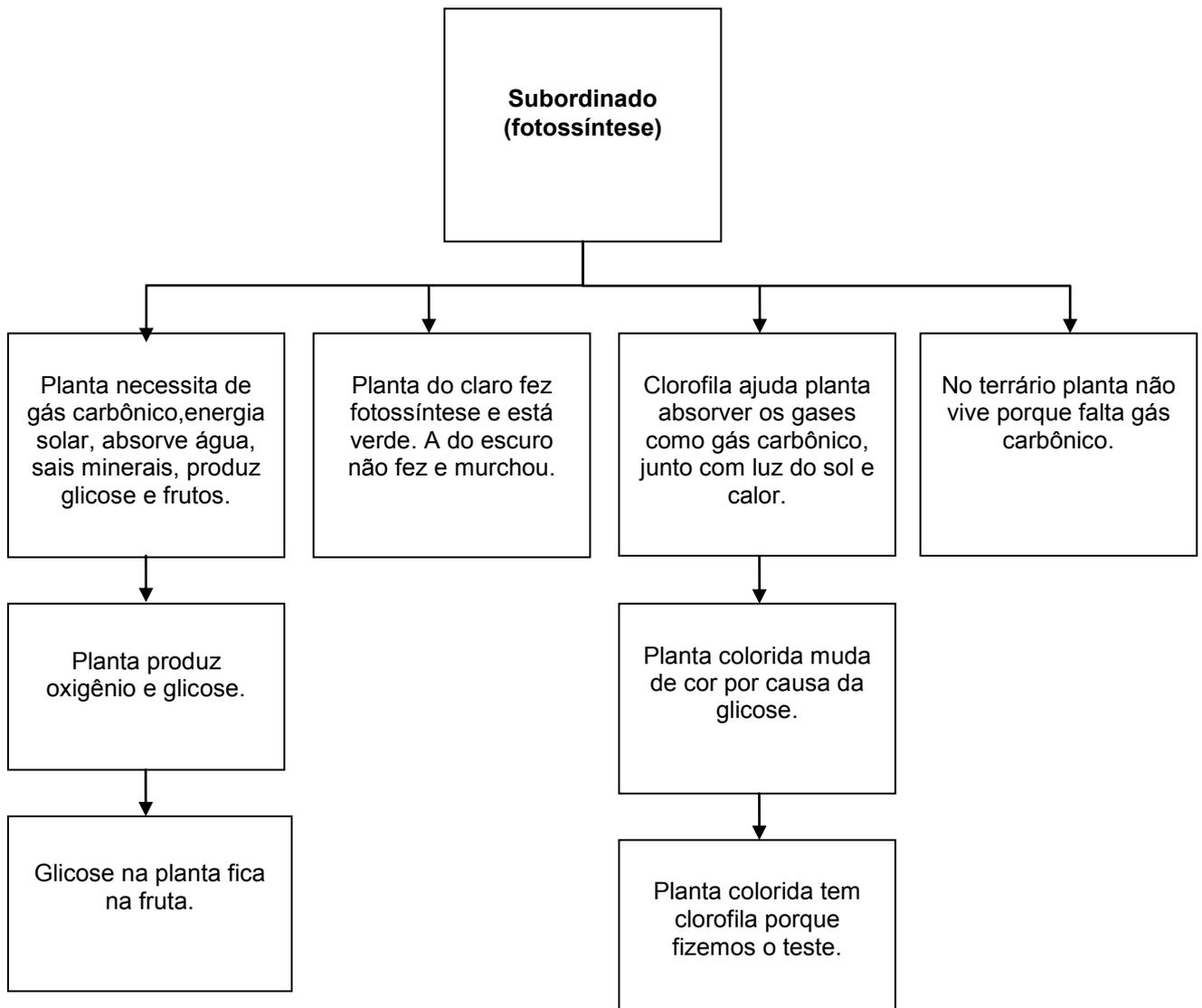
Conhecimentos prévios:

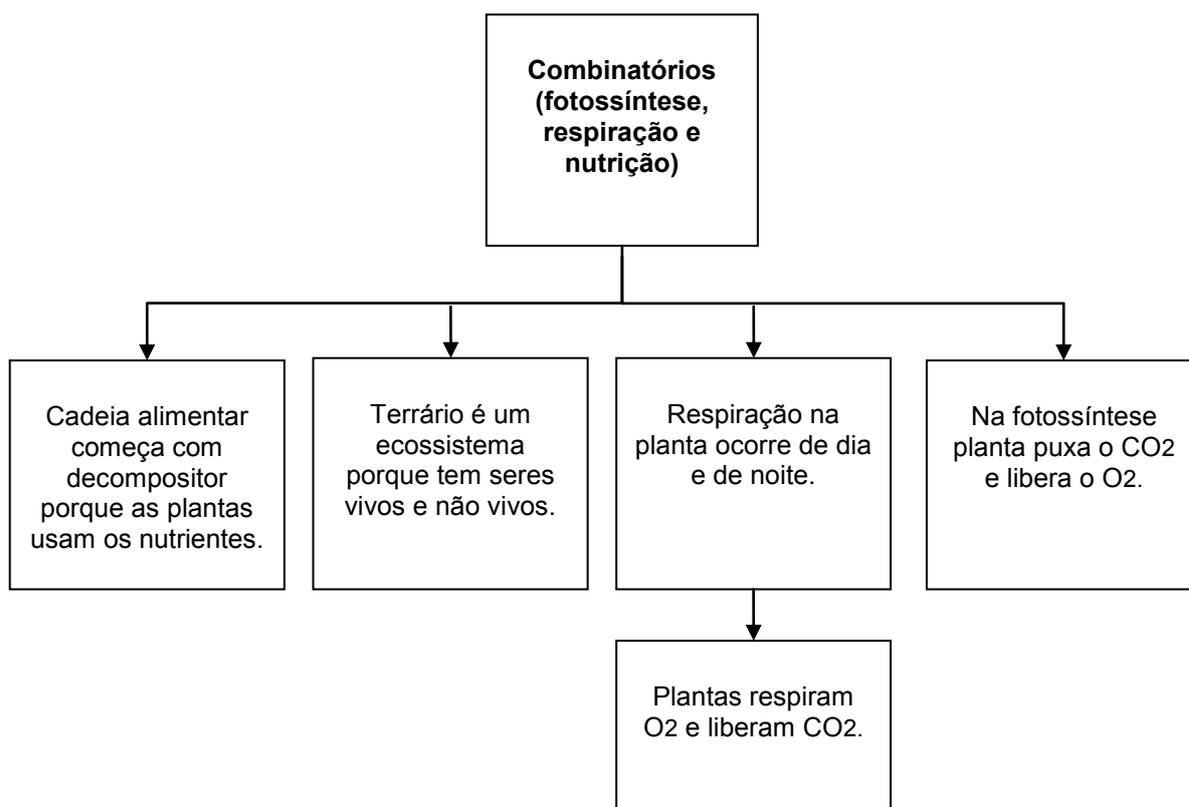
- Planta em local escuro não vai respirar o gás carbônico e soltar o oxigênio.
- Planta em local iluminado vai viver normalmente.
- Fotossíntese é a alimentação das plantas.
- Gás carbônico é fumaça

7.2.6.3 Organização hierárquica dos significados

Significados estabelecidos nas Atividades Investigativas

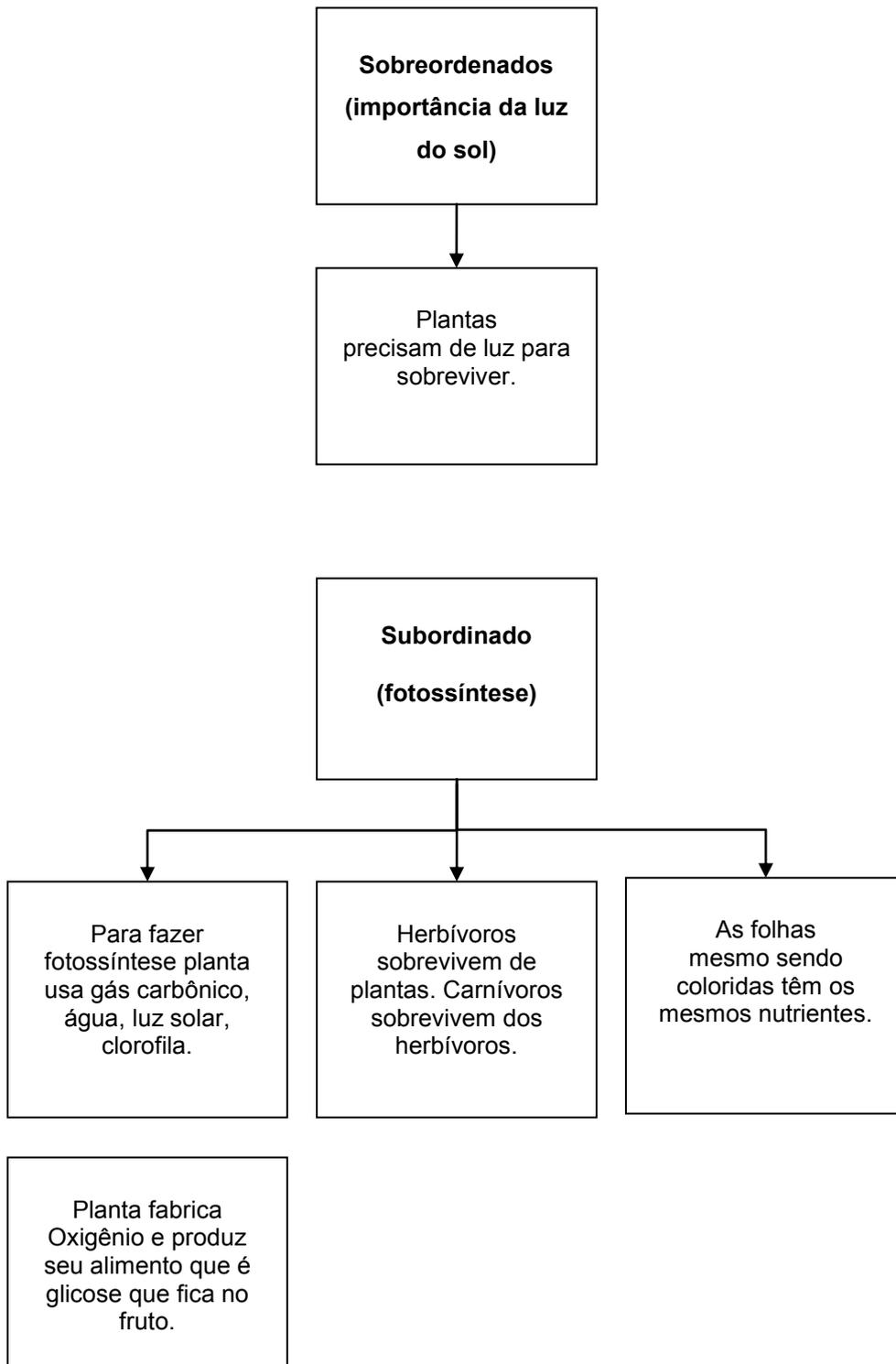


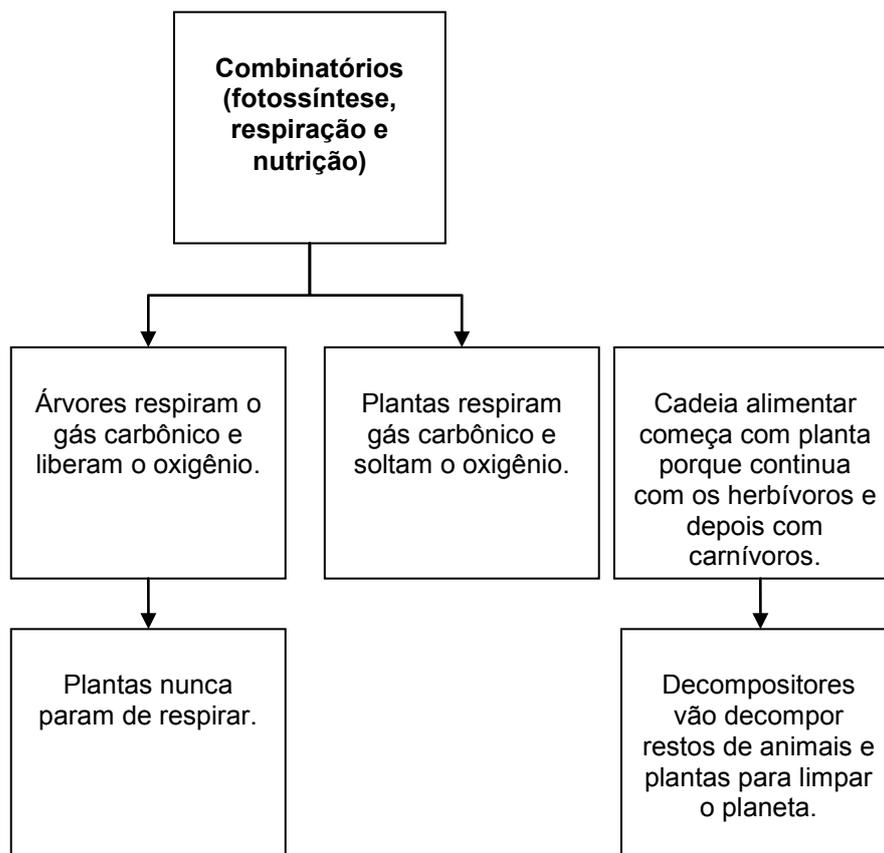




Os significados sobreordenados em relação à necessidade da luz para a fotossíntese permaneceram nas atividades investigativas. Os significados subordinados tornaram-se mais diferenciados com relação à glicose, por exemplo, ao afirmar que a glicose fica na planta e também para a clorofila. No entanto, conforme já comentado anteriormente, o aluno não tem clareza quanto aos conceitos de glicose e clorofila. Isso pode ser verificado quando o aluno afirma que a glicose muda de cor nas plantas coloridas. O estudante já apresentava em seus conhecimentos prévios a ideia de que a fotossíntese é a alimentação da planta. Pode-se verificar que, com o desenvolvimento das atividades investigativas, o aluno estabeleceu a relação de que a glicose, que fica na fruta, é o alimento da planta, conforme apresentado nos significados subordinados. Com isso, é possível perceber que a relação estabelecida pelo aluno entre glicose, fruta e alimento tornou-se mais diferenciada ao longo do desenvolvimento das atividades investigativas.

O estudante também estabeleceu relações combinatórias coerentes entre terrário, ecossistema, fotossíntese e respiração das plantas. O fato de afirmar que o terrário é um ecossistema revela que o aluno compreendeu que, dentro do vidro, a planta encontrou condições ideais para se manter viva.

Significados Estabelecidos nas Atividades Avaliativas e Entrevista



Os resultados da entrevista são compatíveis com aqueles encontrados nas atividades investigativas e avaliativas. O aluno demonstrou compreensão da necessidade de luz para planta, dos elementos necessários à fotossíntese e dos que são produzidos. Em relação à participação do gás carbônico e do oxigênio na fotossíntese, os significados foram corretamente mantidos das atividades investigativas para as avaliativas. No entanto, a presença de gás carbônico e do oxigênio no processo respiratório não foi satisfatória, pois atribuiu o significado ao gás oxigênio de produto da respiração, e ao gás carbônico de elemento necessário ao processo. Esse fato pode ser comprovado na entrevista quando o aluno afirma que na respiração a planta transforma o gás carbônico em oxigênio.

As relações combinatórias entre fotossíntese, respiração e o terrário foram mantidas também nas atividades avaliativas. Isso pode ser confirmado porque o aluno conseguiu transferir esses significados combinatórios para as situações problema apresentadas na atividade avaliativa 3. É possível afirmar também que o aluno conseguiu analisar corretamente os gráficos relativos à fotossíntese e respiração das plantas, pois considerou que somente elas fazem fotossíntese e que respiram dia e noite. Sendo assim, foi capaz de transferir os significados

estabelecidos na leitura de textos e análise da imagem apresentada na atividade avaliativa 3.

Comparando-se os significados para cadeia alimentar que apareceram no momento considerado como engajamento na atividade investigativa 3, no qual o aluno afirmou serem os decompositores que iniciam a cadeia alimentar por produzirem nutrientes para as plantas, é possível que as atividades investigativas e avaliativas tenham produzido a reorganização desses significados, pois na entrevista o aluno afirmou que as plantas iniciam a cadeia alimentar porque servem de alimentos aos herbívoros estes aos carnívoros e que os decompositores são importantes porque vão decompor os restos de animais e plantas para limpar o planeta. Aqui, pode-se perceber que os significados para os decompositores, cadeia alimentar e herbívoro começam a se reorganizar. No entanto, não há ainda a compreensão das plantas como produtores devido à produção de matéria orgânica na fotossíntese.

7.2.7 Análise dos Resultados da Aluna 7

7.2.7.1 Atividades avaliativas

Parte 1

1-A Como seria possível que a ausência de luz do sol provocasse a destruição tanto dos dinossauros herbívoros, carnívoros, como de outras espécies de seres vivos?

Porque primeiro as plantas que morreram e sem as plantas eles não iam conseguir viver.

1- B: Em um ambiente com ausência de luz, as plantas seriam primeiramente atingidas. Essa afirmação está correta? Por quê?

Sim, porque sem a luz do sol a planta não ia sobreviver porque ela precisa de luz do sol para fazer a fotossíntese.

2- Analise esta afirmação:

As árvores amenizam o efeito estufa. Você concorda que elas sejam mesmo importantes para esta finalidade? Por quê?

Sim, porque elas ajudam diminuir o efeito estufa porque elas usam o gás carbônico e isso diminui porque o efeito estufa tem esse gás.

3- Suponha que numa determinada região da Terra as plantas tenham as folhas com coloração avermelhada, amarela e marrom. Não há plantas com folhas verdes. No entanto, outros seres vivos como os animais vivem normalmente no local. Você acha possível que isso ocorra? Por quê?

Sim, porque todas também têm clorofila.

Parte 2 (gráficos sobre fotossíntese e respiração)

1-Pode-se dizer que o fenômeno representado no gráfico 1 ocorre nos animais? Explique sua resposta.

Eu acho que não porque os animais não precisam da luz do sol como as plantas para sobreviver.

2- O gráfico 2 pode representar também a respiração das plantas? Por quê?

Sim, porque a planta precisa respirar se não ela morre.

3- Suponha que uma planta esteja em um vidro transparente fechado, iluminado e com condições para fazer fotossíntese, mas nesse mesmo ambiente há também um pouco de oxigênio. Responda:

a) Nessas condições a planta conseguiria viver? Por quê?

Sim porque o importante é ela ter o oxigênio e nesse caso ela conseguiria viver sim.

b) É possível que a quantidade do oxigênio possa ser aumentada nesse mesmo ambiente fechado com a planta em seu interior? Como?

Eu acho que não, porque se ela tinha um pouco só e o vidro era fechado como ia aumentar o oxigênio?

7.2.7.2 Entrevista

A aluna disse ter gostado de todas as atividades que foram desenvolvidas, mas aprendeu mais com a atividade 2, sobre a extração da clorofila.

Quando indagada sobre os elementos utilizados na fotossíntese, disse ser a luz solar, a clorofila e o gás carbônico. Quanto ao que a planta produz, disse se

lembrar apenas do oxigênio. Sobre a glicose, disse não se lembrar, mas sabe que ela existe na planta.

Para a planta realizar a respiração, disse ser necessário o oxigênio e a luz solar e que a planta libera o gás carbônico na respiração. A cadeia alimentar inicia-se com as plantas porque os animais comem as plantas, mas não soube explicar por que elas estão na base da cadeia alimentar.

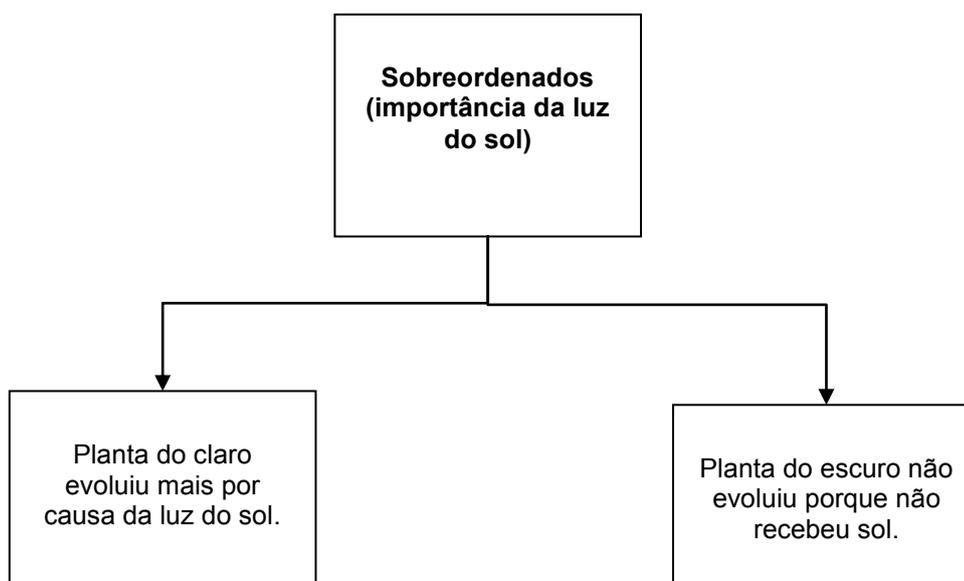
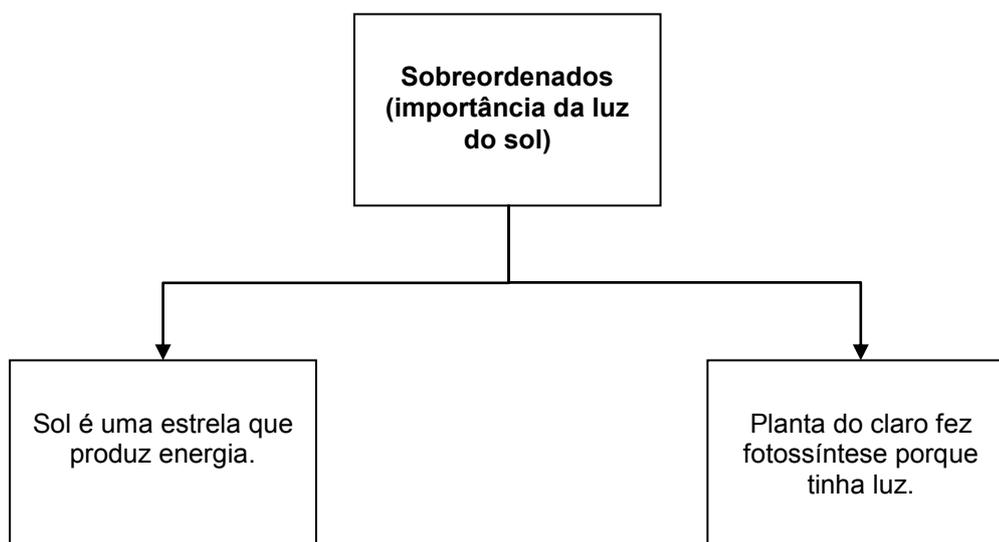
Foi possível perceber pelo resultado da entrevista que a aluna apresentava dificuldades em expor oralmente suas ideias. A maior parte dos resultados das atividades dessa aluna foi possível obter pelo modo escrito ou por desenhos realizados por ela. Ficou claro também que esta aluna teve maior afinidade com o modo prático, como ela mesma relatou, no desenvolvimento das atividades investigativas. Neste caso, é possível afirmar que o modo prático ressoa bem com seu estilo de aprendizagem, mas os modos verbais escrito e desenho, proporcionaram a ela maior facilidade em expressar os significados.

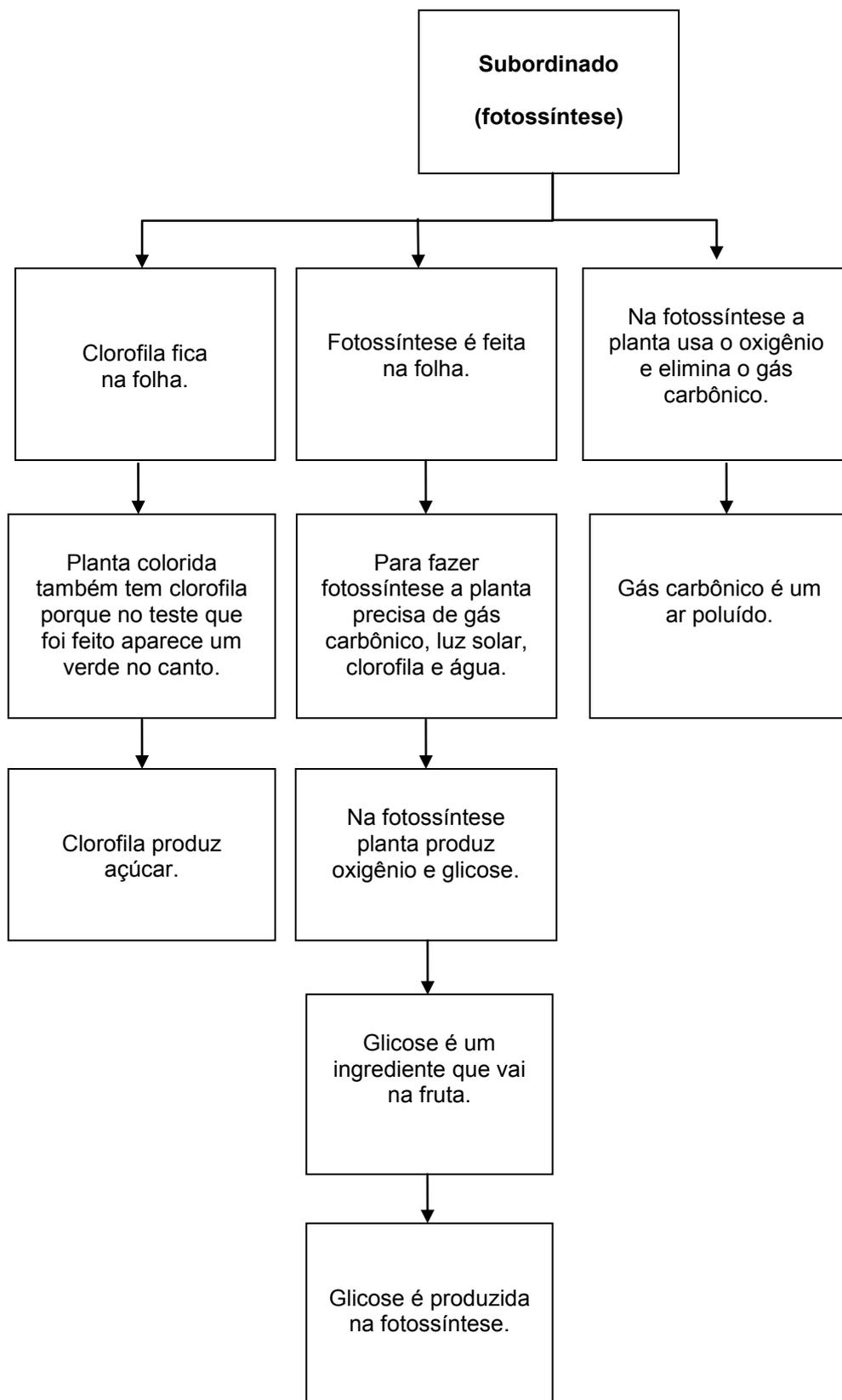
Conhecimentos prévios

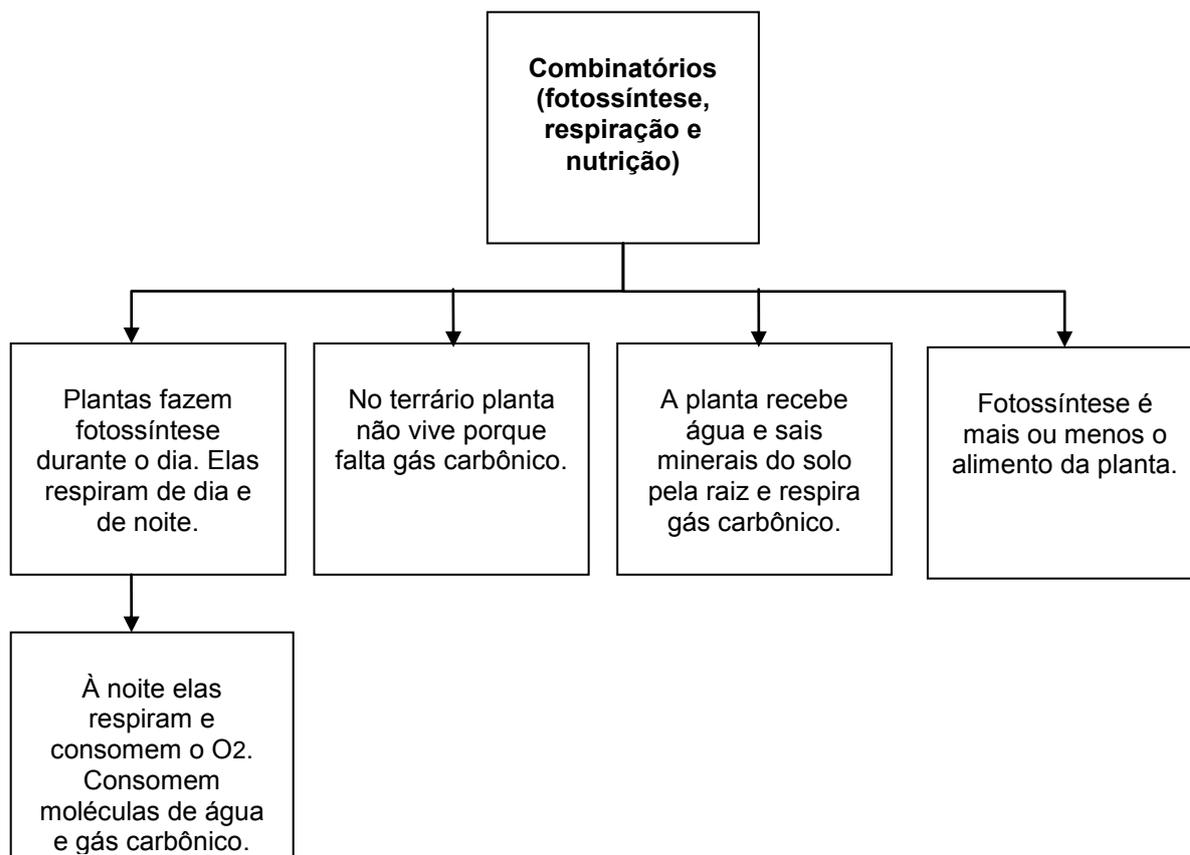
- Planta no escuro vai ficar muito fraca por causa da falta de gás carbônico.
- Planta do claro vai ficar mais forte e com mais nutrientes.
- Gás carbônico é um ar poluído

Conforme já mencionado anteriormente, a aluna não teve boa participação nas interações que foram realizadas no início das atividades para proporcionar o engajamento aos alunos. A estudante mostrava-se muito tímida. Os poucos conhecimentos prévios que conseguimos identificar foram obtidos por meio de pequenos textos e desenhos produzidos pela aluna.

7.2.7.3 Organização hierárquica dos significados

Significados Estabelecidos no Desenvolvimento das Atividades Investigativas



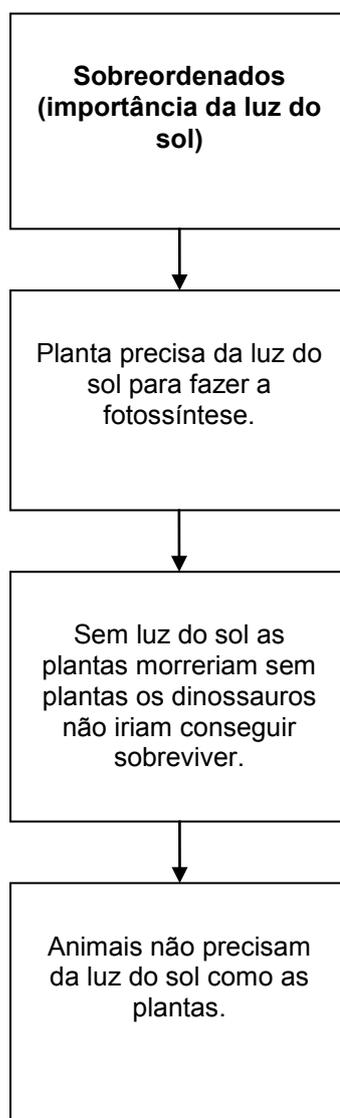


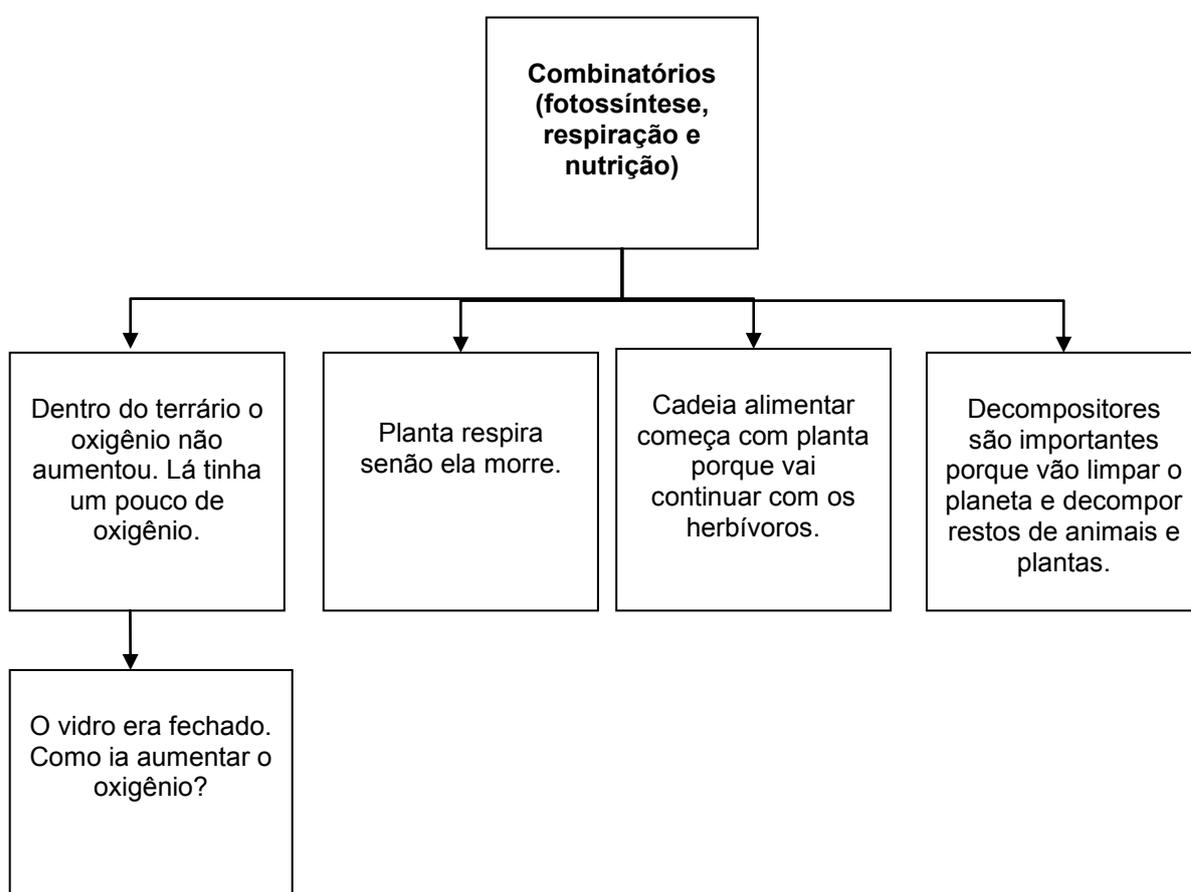
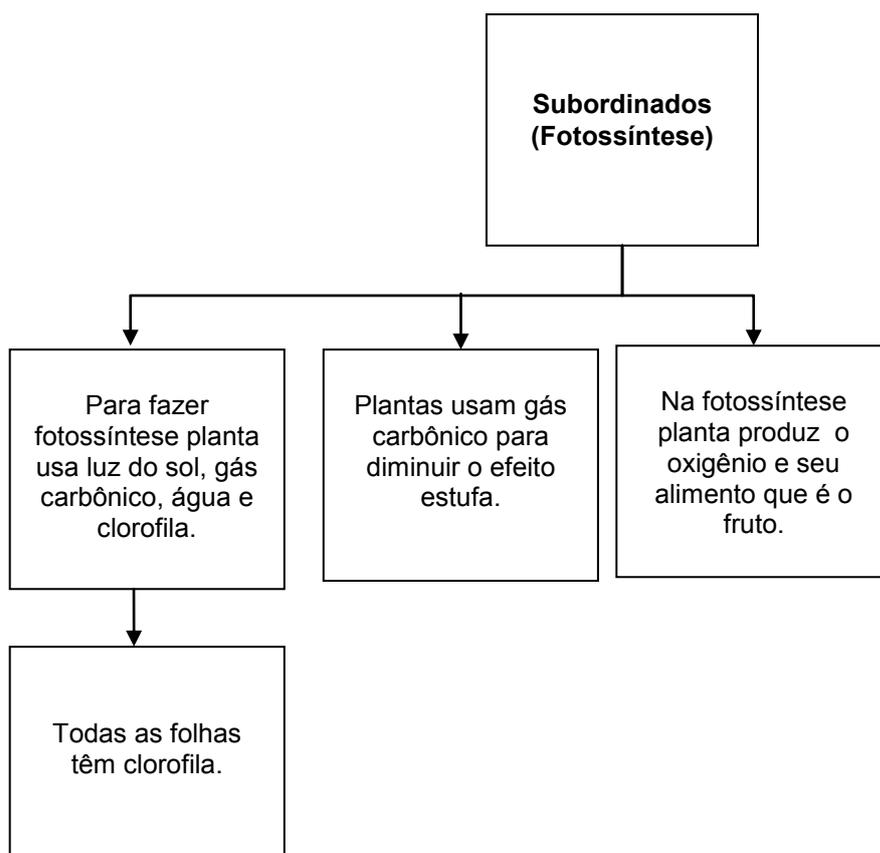
A aluna apresentou significados sobreordenados para a necessidade de luz solar para a Terra. Os significados subordinados que se relacionam com a fotossíntese se tornaram mais diferenciados, isto é, mais específicos. Este fato pode ser observado para o conceito de clorofila e quanto aos elementos que são necessários e os que são produzidos na fotossíntese. Essa diferenciação ocorreu também para o conceito de glicose, ao afirmar que esta é um produto da fotossíntese e um ingrediente que fica na fruta.

Quanto aos gases utilizados pela planta na fotossíntese, é possível perceber que a aluna não apresenta clareza quanto ao papel do oxigênio e do gás carbônico durante o processo, pois em algumas atividades afirmou ser o gás carbônico utilizado para a fotossíntese, conforme resultados obtidos no 5º encontro, e em outras, como a atividade investigativa 3, ser o oxigênio necessário ao processo fotossintético.

Ao afirmar que a fotossíntese é mais ou menos o alimento da planta, conseguiu estabelecer relações combinatórias entre fotossíntese e nutrição. Além disso, houve também relações combinatórias entre fotossíntese e respiração das plantas.

Significados Estabelecidos nas Atividades Avaliativas e Entrevistas





A aluna conseguiu relacionar corretamente o vídeo apresentado sobre o desaparecimento dos dinossauros, com a necessidade de luz para as plantas e a cadeia alimentar. Os significados quanto à necessidade de luz para as plantas já haviam sido identificados como conhecimentos prévios da aluna. No entanto, nota-se que foram enriquecidos no decorrer das atividades investigativas e avaliativas. A estudante identificou corretamente a glicose contida nos frutos, como nutriente produzido durante a fotossíntese. Mas ainda falta a compreensão de que as plantas produzem matéria orgânica e, por tal motivo, iniciam a cadeia alimentar. Atribui essa importância à relação entre os níveis tróficos herbívoros e carnívoros. Elaborou corretamente significados para os decompositores, apesar de esse conceito não ter sido enfatizado no decorrer das atividades, mas apenas no texto utilizado na atividade investigativa 1 (anexo A).

Nos resultados das atividades avaliativas é possível perceber que a aluna manifestou corretamente a compreensão quanto à participação do oxigênio e gás carbônico na fotossíntese, assim como na entrevista, mas demonstrou claramente não ter transferido esses significados para a atividade avaliativa 3, quando respondeu a questão com uma pergunta: *O vidro era fechado. Como ia aumentar o oxigênio?*

CAPITULO 8

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, tivemos por objetivo investigar os significados que os estudantes desenvolvem durante as atividades de investigação mediadas por multimodos de representação. No decorrer do estudo, constatou-se que a compreensão dos alunos a respeito da fotossíntese é condizente com aquelas apontada por autores como Souza e Almeida (2002), Charrier, Pedro e Maximo (2006) e Medeiros, Costa e Lemos (2009), em aspectos que se referem à nutrição das plantas, por considerarem que o oxigênio é o alimento que a planta produz na fotossíntese; quanto à falta de clareza que evidenciam no que diz respeito ao processo de fotossíntese e respiração das plantas, pelo fato de muitos alunos considerarem os processos como sinônimos, e ainda no que se refere ao papel da planta na cadeia alimentar. No entanto, muitas dessas concepções equivocadas foram superadas no decorrer das atividades investigativas, como foi apontado em nosso estudo.

Conforme apresentado na análise dos dados, os alunos participantes do estudo já traziam na estrutura cognitiva conhecimentos relativos à fotossíntese provavelmente provenientes das Séries Iniciais. De acordo com documentos oficiais de ensino mencionados nesta pesquisa, os alunos têm acesso a esse conteúdo nas Séries Iniciais estudando primeiramente a importância da luz solar para a vida das plantas. Essa é a primeira compreensão que os alunos devem ter referente a este assunto. Além disso, outro aspecto esperado é que os alunos compreendam nas Séries Iniciais, conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais, a relação entre a luz do sol e a produção de nutrientes para a sobrevivência da planta. A respiração vegetal também é proposta para a compreensão dos alunos nessa fase de escolaridade, como citado no Currículo Básico para Educação Pública no Paraná.

Verificamos que os alunos tinham clareza quanto à necessidade da luz solar, mas não quanto à nutrição orgânica vegetal. Esse fato foi comprovado quando demonstraram não relacionar glicose com nutriente vegetal para a planta. Além disso, alguns dos estudantes investigados atribuem ao oxigênio o papel de nutrição vegetal, outros indicaram que a planta produz frutos para sobreviver, relacionando-os com o armazenamento de glicose, mas também não apresentaram clareza de que este seja o componente para nutrição orgânica vegetal.

As concepções de que a planta apresenta alternância entre respiração e fotossíntese, conforme apontado por Souza e Almeida (2002), também foram apontadas em nosso estudo, principalmente durante as atividades investigativas, mas em menor incidência nas atividades avaliativas. Isso mostra que alguns alunos conseguiram atribuir significados à fotossíntese e respiração coerentes com a ciência durante as atividades desenvolvidas.

Concepções de que as plantas não sobreviveriam dentro de um vidro transparente fechado, apontadas nos estudos de Souza e Almeida (2002), também foram evidenciadas em nosso estudo, nas hipóteses que os alunos levantaram na atividade investigativa 3 relativa ao terrário. Verificamos posteriormente que esta mesma atividade juntamente com a utilização de textos e figuras de fotossíntese, permitiu a construção de significados pelos alunos compatíveis com os científicos.

Apesar da falta de clareza dos alunos quanto às diferenças entre os conceitos de fotossíntese e respiração, detectamos durante as atividades investigativas mediadas por multimodos de representação, que os estudantes começaram a desenvolver essa compreensão, ainda que não esteja totalmente de acordo com o conhecimento científico. Isso pode ser verificado pelos significados revelados por eles no decorrer das atividades.

As atividades investigativas foram satisfatórias na elaboração de significados pelos alunos. Além disso, permitiram a eles o engajamento. Este fato pode ser verificado pelos estudantes mostrarem-se interessados em realizá-las e manterem-se atentos durante seu desenvolvimento. Essas atividades também proporcionaram a observação de evidências durante as demonstrações que foram realizadas e a reflexão do que estavam observando, conforme constatado pela professora/pesquisadora durante as interações realizadas entre os alunos. Momentos de reflexão também ocorreram durante o período em que os alunos estavam concluindo as atividades investigativas, como, por exemplo, quando discutiram, na atividade investigativa 1 quanto ao gás carbônico ser ou não um gás poluído. A reflexão provocada pelas atividades investigativas pode ser verificada também durante a realização da atividade 2 quando na discussão sobre a presença ou não de clorofila nas folhas coloridas, como também na observação inicial que fizeram do terrário.

Um aspecto que merece ser destacado é a conexão que os alunos estabeleceram entre o que foi evidenciado nas atividades, tanto pela observação

como pelas anotações que fizeram, com o conhecimento científico, contemplando assim, uma das características das atividades investigativas propostas pelo RNC (apud BYBEE, 2006). Nesse aspecto, a utilização de diferentes modos de representação foi relevante para que os alunos pudessem estabelecer conexões entre as evidências nas atividades investigativas e conhecimento científico. Sabemos que as atividades de investigação não são realizadas com o intuito de levar o aluno a “descobrir algo”. Por isso, o aluno precisa conectar as evidências fornecidas nessas práticas ao conhecimento científico para que seja possível a eles a construção de conhecimentos condizentes com o científico. Nesse aspecto, o acesso às diferentes representações como textos, figuras, vídeos e gráficos aliadas ao modo prático, proporcionado pelas atividades investigativas, auxiliarem os estudantes no processo de significação.

Além da conexão entre as evidências e o conhecimento científico, outro aspecto relevante que consideramos em nosso estudo diz respeito às conexões estabelecidas entre as diferentes representações. Esse fato pode ser verificado, por exemplo, na síntese apresentada no quadro 7 por meio da análise dos desenhos de fotossíntese a partir da leitura de textos, figura e experimento. Um exemplo da conexão entre modos, ocorreu após a leitura do texto de fotossíntese na atividade 1 e visualização da figura de fotossíntese também na atividade 1, na qual não constava o termo clorofila. Os alunos demonstraram ter realizado conexões entre esses dois modos de representação, quando conseguiram identificar na figura representativa de fotossíntese a ausência da clorofila.

As conexões entre diferentes modos de representação também foram observadas em situação posterior, quando os alunos relacionaram a sobrevivência da planta no terrário pelo fato de a mesma produzir oxigênio, mesmo estando em vidro transparente, com a utilização desse gás para respiração da planta e liberação de gás carbônico aproveitado na fotossíntese. Essas informações os alunos obtiveram com leitura de textos e visualização de figuras na internet sobre fotossíntese e respiração das plantas. Foi possível percebermos pelo texto da conclusão elaborado pelos estudantes, que essas informações foram conectadas às evidências observadas pela sobrevivência da planta no terrário. De modo geral, as respostas dos alunos quanto à atividade do terrário confirmaram a produção de redes de significados entre os modos apresentados. No entanto, demonstraram claramente que os conceitos de respiração e fotossíntese apresentam-se confusos

para eles. A compreensão desses conceitos, para os quais não há um referente concreto, pode ocorrer enquanto as atividades de ensino vão gradativamente sendo desenvolvidas.

As atividades investigativas mediadas pela utilização de multimodos de representação favoreceram a *diferenciação progressiva* de conceitos. Um exemplo desse fato pode ser a clorofila. Esse conceito tornou-se progressivamente mais específico enquanto as atividades investigativas eram desenvolvidas, e utilizados diferentes modos de representação. A especificidade desse conceito foi ocorrendo quando os alunos, em geral, demonstraram que as plantas precisam de clorofila; que a clorofila é um elemento necessário à fotossíntese. Nas atividades avaliativas foi possível verificar a transferência dos significados elaborados para clorofila ao relacionarem a necessidade desse pigmento para a planta realizar fotossíntese com a presença deste pigmento também nas folhas que não são verdes, apresentando assim conexões entre texto com a atividade investigativa 2.

A *diferenciação progressiva* também foi possível perceber com relação ao conceito de glicose. Apesar de alguns alunos não relacionarem glicose com a cadeia alimentar, perceberam com a utilização dos textos e figuras, que glicose é o mesmo que açúcar, que está contida nos frutos e envolvida no processo de fotossíntese. Verificamos também que alguns alunos consideram a glicose como elemento necessário à realização da fotossíntese. Neste caso, é preciso haver reorganização na estrutura cognitiva destes alunos, quanto aos significados a respeito do papel da glicose na fotossíntese, para que tenham a compreensão de que é um componente produzido durante o processo.

Para alguns alunos, o papel da planta como sendo produtora na cadeia alimentar também apresentou reorganização. Os alunos A1, A3 e A6, que consideravam os microrganismos como produtores, após a visualização do vídeo da extinção dos dinossauros, passaram a considerar as plantas como sendo produtoras na cadeia alimentar e consideraram os microrganismos como responsáveis pela decomposição, mas não diretamente com a fotossíntese. Esse fato foi verificado durante a realização das entrevistas.

As concepções para oxigênio também foram se tornando mais específicas no decorrer das atividades investigativas e avaliativas. Os alunos, de modo geral, consideram que o oxigênio é produzido durante a fotossíntese, que esse gás é necessário à respiração e que o oxigênio é o principal alimento da planta, sendo que

a glicose foi corretamente considerada alimento da planta pelos alunos A4, A6 e A7.

Apesar de o oxigênio não ser necessariamente nutriente para a planta, mas sim a glicose produzida na fotossíntese, é possível verificar que a relação entre oxigênio, respiração e fotossíntese foi se diferenciando na realização das atividades. No entanto, a participação desses gases não se mantém estável na estrutura cognitiva de alguns alunos, conforme evidenciado nas atividades avaliativas e entrevistas.

De modo geral, os alunos compreenderam ao final da atividade investigativa 3, que a planta sobrevive no terrário porque respira e faz fotossíntese. Neste aspecto esse conhecimento evoluiu quando comparado com as concepções anteriores dos alunos. Tal fato pode ser verificado na interação discursiva inicial para a atividade investigativa 3. Naquele momento os alunos demonstraram não ter clareza quanto à respiração e distinção entre gases respiratórios até mesmo em humanos, e principalmente quanto a esse processo nas plantas, quando A3 indaga se as plantas respiram como nós. Houve também avanço no entendimento dos alunos quanto aos gases utilizados tanto na fotossíntese como na respiração, apesar de esses significados ainda serem confusos para alguns.

Consideramos que para que haja entendimento de que a planta também respira, é necessário que o aluno compreenda inicialmente como ocorre este processo nos humanos, e posteriormente nas plantas. O que ficou evidente em nosso estudo é que o conceito de respiração ainda não estava suficientemente claro para os estudantes, e por isso, dificultou a compreensão da ocorrência deste processo nas plantas.

De acordo com Moreira e Masini (1982), a aprendizagem significativa receptiva está alicerçada em conceitos. Os autores também afirmam que enquanto a aprendizagem significativa ocorre os conceitos são desenvolvidos e tornam-se mais diferenciados em decorrência das sucessivas interações que ocorrem. Considerando a utilização de multimodos de representação e as conexões que os estudantes estabeleceram entre as atividades de investigação e os modos representacionais, foi possível verificar em nosso estudo o desenvolvimento para os conceitos de clorofila, glicose, oxigênio, gás carbônico, mas ainda insatisfatoriamente, para as relações estabelecidas entre os processos de fotossíntese e respiração e fotossíntese e nutrição orgânica na planta.

Conforme os resultados apresentados, é possível afirmar que as atividades

investigativas e os diferentes modos de representação utilizados possibilitaram a aprendizagem significativa. Isso pode ser verificado pelo fato de os alunos terem realizado a transferência dos significados para as situações avaliativas. Sendo assim, a atividade investigativa 1 proporcionou aos alunos a elaboração de significados estáveis os quais foram transferidos para a situação problema 1, isto é, com o vídeo apresentado a respeito da extinção dos dinossauros. A observação das figuras e leitura de texto sobre fotossíntese, os quais apresentavam a necessidade do gás carbônico para as plantas, também proporcionou aos alunos significados estáveis por terem transferido para a pergunta 2 da parte 1.

Na atividade investigativa 2, houve transferência satisfatória de significados para a questão avaliativa 3 da parte 1, por cinco dos sete alunos investigados. Portanto, pode-se concluir que a atividade de extração de clorofila favoreceu a elaboração de significados compatíveis aos científicos.

A interpretação dos dois gráficos pelos alunos foi bastante satisfatória. Essa atividade mostrou que, de modo geral, os alunos investigados produziram significados coerentes com a ciência a partir das atividades investigativas e dos modos representacionais utilizados. Isso pode ser verificado pela atribuição de significados aos gráficos na parte 2 das atividades avaliativas. A transferência dos significados produzidos nas atividades investigativas para as avaliativas também foi observado da atividade do terrário para a questão avaliativa 3 da parte 2, na qual os alunos reconheceram que nas condições colocadas na situação problema a planta consegue sobreviver e produz oxigênio.

A transferência é uma das evidências da Aprendizagem Significativa de acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (2000). Conforme esse autor, alguns aspectos que interferem na transferência são a clareza, a estabilidade, a generalização, a inclusividade e a coesão que o aluno tem do tema estudado. Esse fato pôde ser verificado em algumas atividades que envolviam fotossíntese e respiração. Havia significados confusos e muito instáveis produzidos pelos alunos sobre esses dois processos, desde as atividades investigativas. Os significados produzidos não foram claros e estáveis para serem transferidos para as situações problema para algumas atividades avaliativas. Portanto, se os significados não são claros surgem ambigüidades.

É importante salientar que consideramos como conexões as relações estabelecidas entre os modos representacionais na produção dos significados. As

conexões entre os modos representativos e atividades de investigação permitiram aos estudantes a formação de redes de significados, conforme Patterson e Norwood (2004). Esses significados são organizados de modo hierárquico na estrutura de conhecimento dos alunos, conforme Ausubel, Novak e Hanesian (2000). Porém, as relações de hierarquia são não seqüências rígidas, isto é, não quer dizer que ocorra primeiro a sobreordenada e depois as demais. Entendemos que os significados são produzidos simultânea e dinamicamente conforme a aprendizagem ocorre. Uma vez que o objetivo principal deste estudo foi investigar os significados que os alunos vão construindo durante as atividades de ensino, a ideia de organizá-los em hierarquias, conforme abordagem de Ausubel, Novak e Hanesian (2000), possibilitou-nos a compreensão e análise dos significados elaborados pelos alunos.

Esta pesquisa tem sua contribuição por esclarecer e alertar professores quanto ao entendimento dos alunos referente a assuntos de fotossíntese, cadeia alimentar e respiração. É necessário que os professores tenham clareza da diversidade de significados que podem ser elaborados pelos alunos durante atividades de ensino, bem como os significados que os alunos constroem a partir de conexões entre os diferentes modos.

Outro aspecto apontado pelo estudo foram os significados equivocados que os alunos atribuem às representações semióticas e que podem persistir mesmo com a utilização de outros modos de representação. Além disso, a pesquisa apontou as concepções dos estudantes produzidas a partir dos significados elaborados durante as atividades realizadas e o quanto a compreensão dos alunos pode ser equivocada a partir dos significados que constroem dos materiais de aprendizagem.

O estudo mostrou que apesar de as propostas curriculares estabelecerem o que deve ser ensinado aos alunos a respeito da fotossíntese a partir das séries iniciais, muitos desses conhecimentos, bem como conceitos não estão totalmente desenvolvidos na estrutura cognitiva dos alunos quando iniciam a quinta série, atual sexto ano.

A partir da elaboração dos significados, foi demonstrado que os estudantes apresentam incompreensão para muitos conceitos como, por exemplo, respiração, componentes do ar, glicose e suas relações com a cadeia alimentar. Por isso, conforme Pozo (1998), os conceitos são as unidades básicas do significado e sem a compreensão conceitual os significados produzidos são equivocados.

Um fator que agrava a compreensão correta do conteúdo é o fato de os

significados idiossincráticos serem muitas vezes coerentes para o aluno que o produziu. Isso mostra conforme Moreira (1999), que a aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem correta. Sendo assim, a incompreensão do processo de fotossíntese continua posteriormente para as séries seguintes.

Neste estudo, apesar de muitos significados produzidos pelos alunos não se mostrarem coerentes com a ciência, verificamos que a utilização de atividades investigativas e multimodos de representação, favoreceu a reflexão dos estudantes sobre o conteúdo de fotossíntese, a elaboração de novos significados e a reorganização de alguns já existentes, além de promover a formação de redes de significados.

REFERÊNCIAS

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. *Biologia das populações*. São Paulo: Moderna, 2004.

ARAÚJO, A. O problema das representações mentais e algumas tentativas de solução. *Philosophos Revista de Filosofia*, v. 8, n. 1, 2003.

ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. *A didática das ciências*. Campinas: Papirus, 2002.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2000.

_____. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

_____. *Psicologia eucativa: um ponto de vista cognoscitivo*. México: Trilhas, 1978.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Thomson, 2006. p. 19-33.

BARROW, L. H. A brief history of inquiry: from Dewey to standards. *Journal of Science Teacher Education*, New York, v. 17, n. 3, p. 265-278, 2006.

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

BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COCKINGIR, R. *How people learn: brain, mind, experience and scchol*. Washington, D.C: National Academy Press, 2000.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais (1ª a 4ª série): Ciências Naturais*. Brasília: MEC/SEF, 1997a. v. 1.

_____. *Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental - ciências naturais*. Brasília: MEC/SEF, 1998.

_____. *Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental temas transversais*. Brasília: MEC/SEF, 1997b.

_____. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

BYBEE, R. W. Scientific inquiry and science teaching. In: FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. (Ed.). *Scientific inquiry and nature of science implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht: Klumer Academic Publishers, 2006. p. 1-14.

CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. *Didática de ciências: o ensino-aprendizagem*

como investigação. São Paulo: FTD, 1999.

CARVALHO, A. M. P. Las practicas experimentales en el proceso de enculturación científica. In: GATICA, M. Q.; ADÚRIZ-BRAVO, A. (Ed.). *Enseñar ciencias en el nuevo milenio: retos e propuestas*. Santiago: Universidade Católica de Chile, 2006.

CEBERIO, M.; GUIASOLA, J.; ALMUNDI, J. M. Cuales son las innovaciones didacticas que propone la investigación em resolución de problemas de física y qué resultados alcanzan? *Ensenanza de Las Ciencias*, Barcelona, v. 26, n. 3, p. 419-430, 2008.

CHALMERS, A. F. *O que é ciência, afinal?* São Paulo: Brasiliense, 2000.

CHARRIER, M.; PEDRO, M. C.; MAXIMO, R. V. Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje da la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 24, n. 3, p. 401-410, 2006.

COLIN, P.; CHAUVET, F.; VIENNOT, L. Reading images in optics: students' difficulties and teachers' views. *International Journal of Science Education*, London, v. 24, n. 3, p. 313-332, 2002.

COLL, César. *Aprendizagem escolar e construção do conhecimento*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. *A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa*. *Caderno Catarinense de Ensino Física*, Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 278-297, dez. 2001.

COUTINHO, A. F.; SOARES, A. G. Restrições cognitivas no livro didático de biologia: um estudo a partir do tema "ciclo do nitrogênio". *Ensaio*, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p. 137-149, 2010.

CRUZ, J. L. C. *Projeto Araribá*. São Paulo: Moderna, 2006.

DEBOER, G. E. Historical perspectives on inquiry teaching in schools. In: FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2006. p. 17-35.

DEWEY, J. *Experiência e natureza; lógica: a teoria da investigação: a arte como experiência: vida e educação: teoria da vida moral*. Trad. Murilo Otávio Rodrigues Paes Leme et al. São Paulo: Abril Cultural, 1980.

DUSCHL, A. R. *The HS lab experience: reconsidering the role of evidence, explanation and the language of science*. Disponível em: <http://www7.nationalacademies.org/bose/RDuschl_comissioned_paper_71204_HSLabs_Mtg.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2009.

DUVAL, R. A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, New York, v. 61, p. 103-131, 2006.

EYSENCK, M. W.; KEANE, M. T. *Psicologia cognitiva: um manual introdutório*. Porto Alegre: Artes médicas, 1994.

GIL-PEREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de um modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñaza de Las Ciencias*, Barcelona, v.11, n. 2, p. 1970-212, 1993.

GIL-PEREZ, D.; MARTINEZ TORREGOSA, J. SENENT PEREZ, F. El fracaso en la resolución de problemas de física: uma investigación orientada por nuevos supostos. *Ensenanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 6, n. 2, p.131-146, 1988.

GIL-PEREZ, D.; VALDES CASTRO, P. La orientación de las practicas de laboratorio como invetigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias, Barcelona*, v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.

GOUVEIA, G.; LEAL, M. C. Uma visão comparada do ensino em ciência, tecnologia e sociedade na escola e em um museu de ciência. *Revista Ciência e Educação*, Bauru, v. 7, n. 1, p. 67-84, 2001.

GRECA, I. M. Representaciones mentales. In: MOREIRA, M. A. *Representações mentais, modelos mentais e representações sociais* Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. p. 7 -43.

GUMMER, E.; GHAMPAGNE, A. Classroom assessment of opportunity to learn science through inquiry. In: FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht: Klumer Academic Publishers, 2006. p. 263-297.

HAND, B.; CHOI, A. Examining the impact of student use of multiple modal representations in constructing arguments in organic chemistry laboratory classes. *Research in Science Education*, New York, v. 40, n. 1 p. 29-44, jan. 2010.

HOWE, A. C. Desenvolvimento dos conceitos da ciência num referencial vygotkiano. Trad. Carlos Eduardo Laburú., *Preprint Renop*, abr. 1997.

ISKANDAR, J. I.; LEAL, M. R. Sobre o positivismo e educação. *Revista Diálogo Educacional*, Curitiba, v. 3, n. 7, p. 89-94, set./dez. 2002.

JAIPAL, K. Meaning making through multiple modalities in biology classroom: a multimodal semiotics discourse analysis. *Science Education*, Hoboken, v. 94, n. 1, p. 48-72, 2010.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 17, n. 3, p. 721-734, 2011.

LEMKE, J. L. *Teaching all the languages of science: words, symbols, images, and actions*. 2003. Disponível em: <<http://www-personal.umich.edu/~jaylemlke/papers/barcelon.htm>>. Acesso em: 1 mar. 2009.

MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. *Ensino de biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos*. São Paulo: Cortez, 2009.

MÁRQUEZ, C.; IZQUIERDO, M.; ESPINET, M. Comunicación multimodal en la clase de ciencias: el ciclo del agua. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 21, n. 3, p. 371–386, 2003.

MAYER, R. E. Cognitive theory of multimedia learning. In: _____. *The cambridge handbook of multimedia learning*. New York: Cambridge University Press, 2005.

MAYER, R. E.; MORENO, R. Animation as an aid to multimedia learning. *Educational Psychologist*, Santa Barbara, California, v. 14, n. 1, p. 1-19, mar. 2002.

MEDEIROS, S. C.; COSTA, M. F. B.; LEMOS, E. S. O ensino e a aprendizagem dos temas fotossíntese e respiração: práticas pedagógicas baseadas na aprendizagem significativa. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, Vigo, v. 8, n. 3, 2009.

MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. In: _____. *Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos*. São Paulo: Moraes, 1995. p. 61-73.

_____. Aprendizagem significativa. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 1., 1997, Burgos, Espanha. *Anais...* Burgos, 1997

_____. Linguagem e cognição na sala de aula de ciências. In: ENCONTRO INTERNACIONAL LINGUAGEM CULTURA E COGNIÇÃO, 2., 2003, Belo Horizonte, MG. *Anais...* Belo Horizonte, 2003.

_____. *Teorias da aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. Moraes: São Paulo, 1982.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Inquiry and the national science education standards: a guide for teaching and learning*. United States of America: Committee on the Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific, 2000.

NEWMAN, W. J. et al. Dilemmas of teaching inquiry in elementary science methods. *Journal of Science Teacher Education*, New York, v. 15, n. 4, p. 257-279, 2004.

NOVAK, A. M.; KRAJICK, J. Using technology to support inquiry in middle school science. In: FLICK, L. B; LERDERMAN, N. G. *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2006. p. 75-101.

NOVAK, J. D. *Uma teoria de educação*. São Paulo: Pioneira, 1981.

OLIVEIRA, M. K. *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento: um processo histórico*. São Paulo: Scipione, 1993.

OLIVEIRA; C. M. A.; CARVALHO, A. M. P. Escrevendo em aulas de ciencias. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 11, n. 3, p. 347-366, set./dez. 2005.

PARANÁ. Secretaria da Educação. *Currículo básico para a escola pública do estado do Paraná*. Curitiba: SEED, 1990.

PATTERSON, N. D.; NORWOOD, K. S. A case study of teacher beliefs on students' beliefs about multiple representations. *International Journal of Science and Mathematics Education*, Taiwan, v. 2, n. 1, p. 5–23, 2004.

PERALES PALACIOS, J. F. JIMÉNEZ, J. D. Las ilustraciones en la enseñanza - aprendizaje de las ciencias: análisis de libros de textos. *Enseñanza de las Ciências*, Barcelona, v. 20, n. 3, p. 369-386, 2002

PERALES PALACIOS, J. F. La resolución de problemas: una revisión estructurada. *Enseñanza de las Ciências*, Barcelona, v. 11, n. 2, p. 170-178, 1993.

_____. Uso (y abuso) da la imagen en la enseñanza da las Ciências. *Enseñanza de las Ciências*, Barcelona, v. 24, n. 1, p. 13-30, 2006.

PIAGET, J. Seis estudos de psicologia. Rio de Janeiro: Forense, 1976. Coleção cultura em debate.

POZO, J. I. *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

_____. Teorias cognitivas da aprendizagem. Porto Alegre: Artmed, 2002.

PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. *International Journal of Science Education*, London, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 2006.

RODRÍGUEZ, J. J. G.; LEÓN, P. C. Cómo enseñar? Hacia una definición de las estrategias de enseñanza por investigación. *Investigación en la Escuela*, La Rioja, n. 25, p. 5-16, 1995.

ROSITO, B. A. O ensino de ciências e a experimentação. In: MORAES, R (Org.). *Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*. Porto Alegre: EdUPUCRs, 2008. p. 195-208.

SÁ, E. F. *Discursos de professores sobre ensino de ciências por investigação*. 209. 186 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SÁ, E. F. et al. As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de Ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. *Actas...* Florianópolis: SBF, 2007.

SANTOS, A. S. *La enseñanza de ciencias con un enfoque integrador através de actividades colaborativas, bajo el prisma de la teoría del aprendizaje significativo con el uso de mapas conceptuales y diagramas para actividades demostrativo-interactivas* – ADI. 2008. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Departamento de Didáticas Específicas, Universidade de Burgos, Burgos, Espanha.

SANTOS, W. L. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, p. 474-492, set./dez. 2007.

SCHNOTZ, W. Towards an integrated view of learning from text and displays. *Educational Psychology Review*, New York, v. 14, n. 1, p. 101-120, 2002.

SHERIN, B.; EDELSON, D.; BROWN, M. On the content of task-structured science curricula. In: FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2006. p. 1-14

SILVA JUNIOR, C.; SASSON, S. *Biologia*. 8. ed. São Paulo: Saraiva, 2006. v. 1

SILVA, F. K. M.; COMPIANI, M. Las imágenes geológicas y geocientíficas en libros didácticos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 24, n. 2, p. 207-218, 2006.

SOUZA, S. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. A fotossíntese no ensino fundamental: compreendendo a interpretação dos alunos. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 8, n. 1, p. 97-111, 2002

STERNBERG, R. J. *Psicologia cognitiva*. Porto Alegre: Artmed, 2008.

STEWART, Patricia Lopes. Programa de educación en ciencias basada en la indagación (ECBI): el modelo Chileno. *Revista Chilena de Educación Científica*, Chile, v. 7, n. 2, p. 31-53, 2008.

TRÓPIA, G. *Relações dos alunos com o aprender no ensino de biologia por atividades investigativas*. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TYTLER, R.; PRAIN, V.; PETERSON, S. Representational issues in students learning about evaporation. *Research Science Teaching*, Malden, EUA, v. 37, n. 3, p. 313-331, 2007.

VYGOTSKY, L. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

WATSON, F. R. Student's discussions in practical scientific inquiries. *International Journal Science education*, London, v. 26, n. 1, p. 25-45, jan. 2004.

WONG, D.; PUGH, K. Learning science: a deweyan perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 38, n. 3, p. 317-336, 2001.

YORE, L. D.; HAND, B. Epilogue: plotting a research agenda for multiple representations, multiple modality, and multimodal representational competency. *Research in Science Education*. New York, v. 40, n. 1, p. 93-101, 2010.

ZANON, D. A. V. *Ensinar e aprender ciências no ensino fundamental com atividades investigativas: enfoque no projeto ABC na educação científica – mão na massa*. 2005. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. As atividades de investigação no ensino de ciências na perspectiva da teoria da aprendizagem significativa. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias (En línea)*, Buenos Aires, v. 5, n. 2, p. 12-19, 2010a.

_____. As relações entre aprendizagem significativa e representações multimodais. *Ensaio: Pesquisa em Educação e Ciências*, Belo Horizonte, v. 12, n. 3, p. 31-40, set./dez. 2010b.

ANEXOS

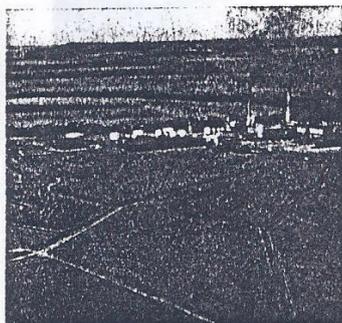
Anexo A

Texto sobre a fotossíntese

1 O Sol e a energia

A maior parte da energia luminosa e do calor da superfície e da atmosfera terrestre vem da energia fornecida pelo Sol. Sem a luz e o calor não haveria vida no planeta Terra.

DELFIN MARTINS PULSAR



Canavial com usina de açúcar ao fundo, em Leme (SP).

Clorofila

Pigmento verde, responsável pela captação de energia luminosa realizada pelos vegetais.

FABIO COLOMBINI



Detalhe do canavial.

Fonte: GIORGI, Claudio G. *Curso de Science per la scuola media*. 2. ed. Bologna: Zanichelli, 1994. (Representação sem escala. Cores-fantasia.)

■ O Sol é fonte de energia

O Sol é a única estrela do sistema solar. Essa estrela, por meio de vários processos, produz uma enorme quantidade de **energia**. A **luz** e o **calor** são exemplos de formas de energia.

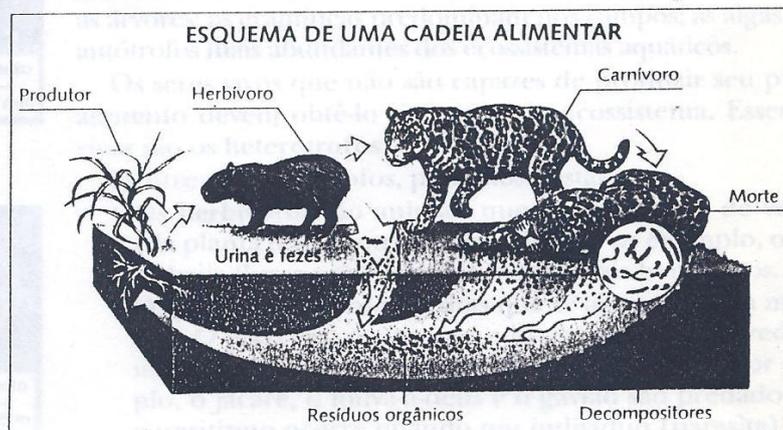
Apenas uma pequena parte da energia produzida pelo Sol chega à Terra, na forma de luz e de calor.

■ Os vegetais e a energia solar

A maioria dos vegetais tem em suas células uma substância chamada **clorofila**. Por meio da clorofila, os vegetais são capazes de absorver a energia luminosa do Sol. Essa energia luminosa absorvida pelo vegetal é utilizada, produzindo açúcar, que é um tipo de alimento. Para a produção do açúcar são necessários o gás carbônico do ar, que é absorvido pelas folhas, e a água, que é absorvida pelas raízes das plantas. Essa produção de alimento é chamada de **fotossíntese**.

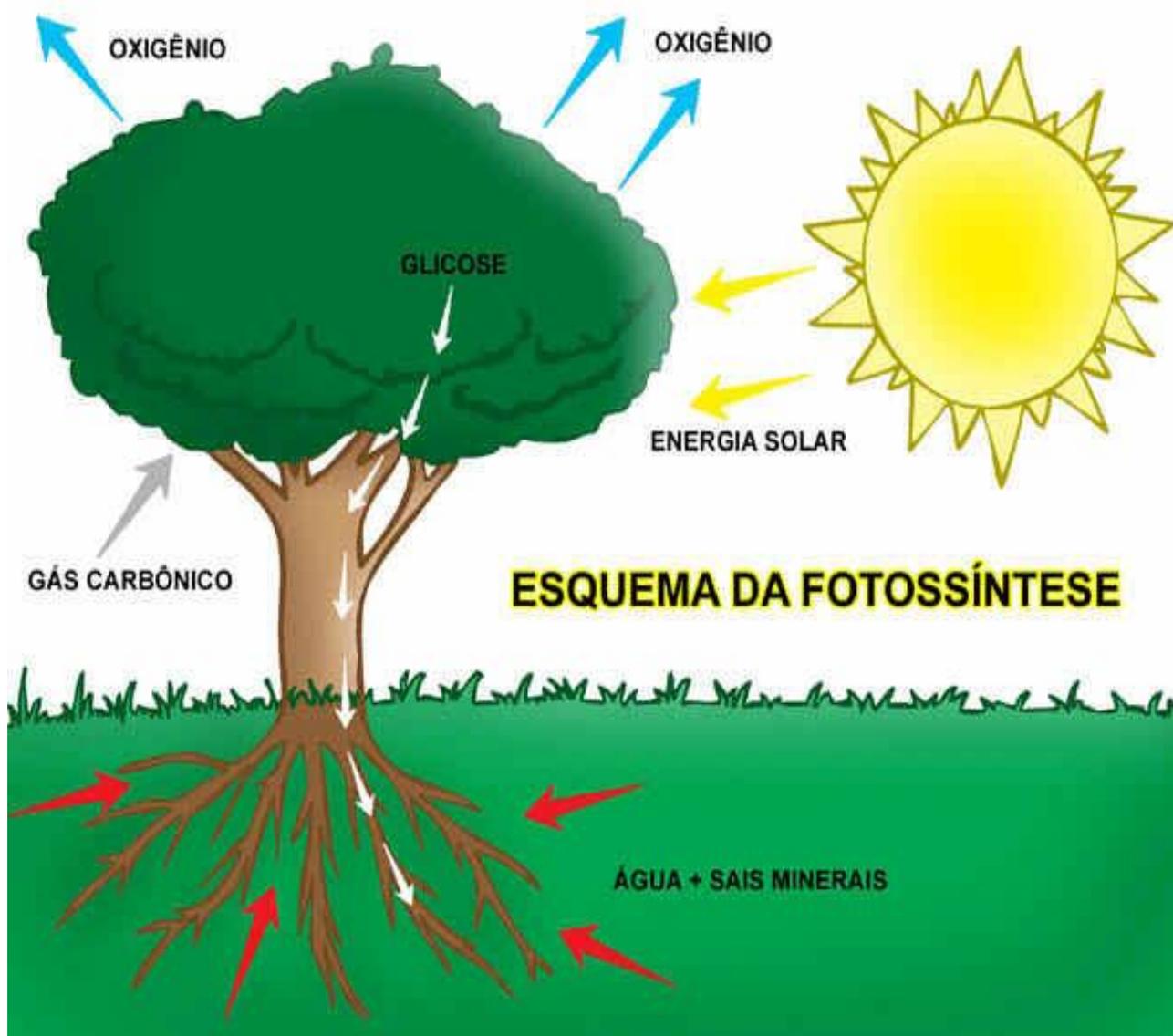
O açúcar produzido pelos vegetais é utilizado de várias maneiras, sofrendo muitas transformações. Por exemplo: a cana-de-açúcar é um vegetal que, na presença da luz solar, faz fotossíntese e produz uma grande quantidade de açúcar. Uma parte desse açúcar é utilizada pela planta e outra fica armazenada em seu caule.

Os vegetais junto com outros seres fotossintezantes, são a base da cadeia alimentar, pois deles depende a sobrevivência dos animais herbívoros, que, por sua vez, servem de alimento para os animais carnívoros.



Anexo B

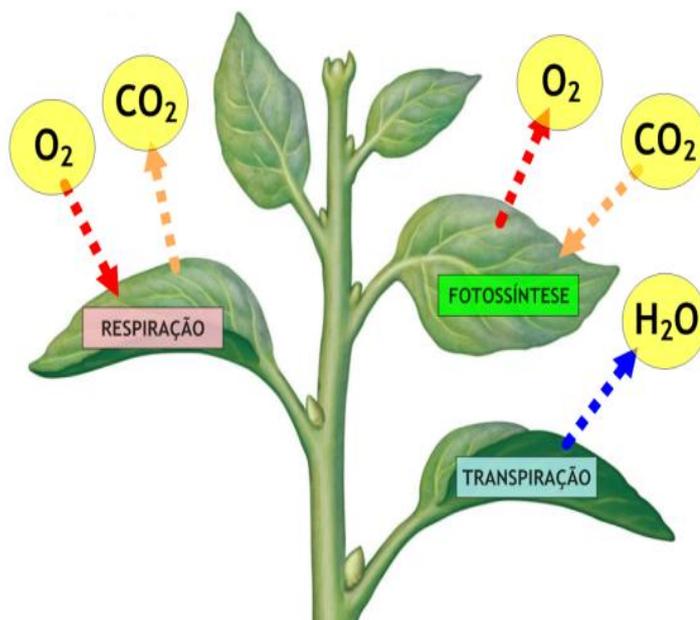
Figura representativa de fotossíntese



Fonte: Google imagens, 2012.

Anexo C

Figura representativa das trocas gasosas entre fotossíntese e respiração



Fonte: Google imagens, 2012.