

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

**O PAPEL INSTRUMENTAL DAS IMAGENS NA
FORMAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS**

Jacqueline Ribeiro de Souza Mendes

Brasília – DF

Novembro, 2006

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

**O PAPEL INSTRUMENTAL DAS IMAGENS NA
FORMAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS**

Jacqueline Ribeiro de Souza Mendes

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Educação da Universidade de Brasília, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Mestre em Educação, na área de Magistério:
Formação e Trabalho Pedagógico.**

Orientadora: Prof^a Dr^a Maria Helena da Silva Carneiro

Novembro, 2006

Mendes, Jacqueline Ribeiro de Souza

O papel instrumental das imagens na formação de conceitos científicos / Jacqueline Ribeiro de Souza Mendes ; orientadora Maria Helena da Silva Carneiro. - 2006.

140 f. ; 21cm x 29,7 cm.

1. Educação. 2. Fenômeno Fotossintético 3. Ensino Aprendizagem.
I.Carneiro, Maria Helena da Silva.

CDU 371.335

O PAPEL INSTRUMENTAL DAS IMAGENS NA FORMAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS

Jacqueline Ribeiro de Souza Mendes

Dissertação defendida sob avaliação da Comissão Examinadora constituída por:

Professora Doutora Maria Helena da Silva Carneiro (Orientadora) – Presidente

Faculdade de Educação – Universidade de Brasília (UnB)

Professora Doutora Nadir Ferrari - Membro

Centro de Ciências Biológicas – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Professor Doutor Roberto Ribeiro da Silva - Membro

Instituto de Química – Universidade de Brasília (UnB)

Professora Doutora Elizabeth Tunes – Suplente

Faculdade de Educação – Universidade de Brasília (UnB)

***Aos meus pais José e Joyeuse.
Ao meu esposo Syllas e ao meu porto
seguro: meus filhos Diogo e Leandro.***

RESUMO

As imagens sempre desempenharam um papel fundamental na representação do conhecimento científico. Na Biologia, a visualização de determinados fenômenos é imprescindível para a sua compreensão, e o que se observa é o aumento tanto da presença das imagens nos livros didáticos quanto de sua utilização em situações de ensino e aprendizagem. Esta pesquisa teve como foco um tipo específico de imagem, o esquema. Esquemas são imagens que aportam uma grande quantidade de informações e apresentam alto grau de complexidade, sendo necessário que o professor oriente a atividade de leitura dos esquemas pelos alunos, que devem possuir um conjunto de conhecimentos sobre o conteúdo representado, sem os quais a leitura desse tipo de imagem fica comprometida. Com o objetivo de identificar o papel pedagógico dos esquemas na compreensão do fenômeno fotossintético, buscamos evidenciar as representações dos alunos acerca desse fenômeno, a forma como essas representações orientam a leitura dos esquemas que representam a fotossíntese e como os alunos interpretam os elementos icônicos e simbólicos utilizados na elaboração dos esquemas. Utilizamos mapas conceituais para evidenciar e comparar os conhecimentos dos alunos antes e após a utilização dos esquemas em situações de ensino e aprendizagem. Os resultados deste estudo nos levaram às seguintes conclusões: Primeiro, identificamos que os alunos utilizam um repertório de conceitos em suas explicações sobre o fenômeno fotossintético: trocas gasosas; pigmentos; energia; glicose; matéria orgânica; clorofila; luz; seiva bruta; seiva elaborada. Porém, não estabelecem entre esses conceitos relações que possibilitem uma visão integrada e coerente do processo, do ponto de vista do conhecimento científico. Esse fato pode ter relação com o excesso de conteúdo a que são submetidos os alunos, que não possibilita um aprendizado voltado para a utilização dos conceitos em situações diárias, mas a sua memorização por meio de uma aprendizagem mecânica. Em segundo lugar, as dificuldades e diferenças que os alunos apresentaram na leitura dos esquemas estão relacionadas à falta de conhecimento sobre as informações contidas na imagem e às representações sobre o fenômeno, o que reforça a necessidade do auxílio do professor na leitura dessas imagens. Finalizando, este trabalho nos indicou que os esquemas utilizados com alunos possibilitaram a organização, a memorização e a lembrança de alguns conceitos necessários para a compreensão do fenômeno fotossintético.

Palavras-chave: imagens, esquemas, fotossíntese, ensino e aprendizagem.

ABSTRACT

Images have always played a fundamental role in the representation of scientific knowledge. In Biology, the visualization of certain phenomena is essential for its comprehension and the increased use of images, whether in didactic books or in the act of teaching and learning is now observed. This research focused on a specific type of image: the scheme. Schemes are images that contain high amounts of information and are relatively complex, requiring the guidance of a teacher and the students' predisposed knowledge of the matter it's related to, or else jeopardizing the students' proper understanding of the images. Having in mind the pedagogical role of schemes in the comprehension of the photosynthetic phenomenon, we try to bring up in evidence the students' representation of this phenomenon, the way their representations entice the reading of the schemes that represent the photosynthesis and how the students interpret the symbolic and iconic elements used in schemes. We make use of concept maps to bring up in evidence and compare the knowledge pre and post scheme usage in the act of teaching and learning. The results of this study led us to the following conclusions: First of all, it was identified the use of a repertoire of concepts by the students on their explanations of the photosynthetic phenomenon: gaseous exchange, pigments, energy, glucose, organic matter, chlorophyll and light. However, considering the scientific concept, they don't establish a connection between these concepts that allows a coherent comprehension of the entire process. This could be related to the fact that students are submitted to an excess of information, which doesn't allow daily use of concepts learned, but a "mechanical" form of memorization. Secondly, the difficulty and discrepancy between the students while reading the schemes are related to the lack of knowledge regarding the information contained by the images and the representations of the phenomenon, reinforcing the need of the teacher's support while reading the images. Finally, this research made clear for us that the usage of schemes allowed the organization of some concepts necessary for a correct comprehension of the photosynthetic process by the students.

Keywords: Images, schemes, photosynthesis, teaching and learning.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
1 DELIMITANDO O PROBLEMA	15
2 O QUE É IMAGEM	22
2.1 A imagem como linguagem – em defesa da educação visual	31
3 AS IMAGENS NO CONTEXTO EDUCATIVO	41
3.1 As imagens nos livros didáticos	41
3.2 As imagens nos livros didáticos de Biologia	43
3.3 As imagens como objeto de estudo	49
4 A FOTOSSÍNTESE E AS REPRESENTAÇÕES DOS ALUNOS	52
4.1 O que é fotossíntese	52
4.2 As representações e as dificuldades dos estudantes na compreensão do fenômeno fotossintético	54
4.3 Pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de estratégias de ensino e aprendizagem da fotossíntese	58
5 METODOLOGIA	62
5.1 Estudo piloto	62
5.2 Procedimento metodológico utilizado	65
5.3 Entrevista	66
5.4 Mapas conceituais anteriores às atividades pedagógicas	71
5.5 Atividades pedagógicas	73
5.6 Mapas conceituais após as atividades pedagógicas	75

6	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	77
6.1	Entrevista	77
6.1.1	Representações	78
6.1.2	Leitura dos esquemas	88
6.1.2.1	Quanto à estrutura vegetal representada	88
6.1.2.2	Quanto aos conhecimentos veiculados pela imagem	91
6.1.2.3	Quanto aos aspectos morfológicos da imagem	93
6.2	Mapas conceituais com base nas entrevistas	101
6.3	Atividades pedagógicas	103
6.3.1	Aulas	104
6.3.2	Elaboração de esquemas	110
6.3.2.1	Esquema elaborado pela dupla D-L	110
6.3.2.2	Esquema elaborado pela dupla PR-PD	113
6.3.2.3	Esquema elaborado pela dupla E-V	117
6.3.2.4	Esquema elaborado pela dupla DF-GV	120
6.3.3	Explicação dos esquemas	122
6.4	Mapas conceituais após as atividades pedagógicas	126
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	136
	APÊNDICES	140

INTRODUÇÃO

Deparamo-nos em nosso cotidiano com as imagens em suas diversas formas. Para onde quer que voltemos nosso olhar, lá estão elas. Em nossos álbuns de fotografias, na mídia, na religião, na política, na educação, no computador que por ora utilizamos para digitar este texto, só para citar alguns exemplos. Imagens que nos emocionam, que nos provocam, imagens ante as quais somos indiferentes, ou pensamos ser, imagens que nos revelam realidades desconhecidas ou outras interpretações de realidades que já conhecemos. Imagens que significam e ressignificam nossa presença no mundo, que criam necessidades, como aquelas usadas nas campanhas publicitárias. Há até as imagens que se formam em nossa mente, levando-nos de volta a lugares e experiências de nossa infância, nossos anos de graduação, o nascimento de nossos filhos...

Como forma de comunicação, é inegável que a linguagem visual conquistou definitivamente seu espaço nas diferentes instâncias do mundo contemporâneo. Fala-se até em *civilização da imagem*. Na obra *Pensar la imagen*, Zunzunegui (1998, p. 21) remete-se a dados estatísticos que corroboram essa afirmação, ao apontar que mais de noventa e quatro por cento das informações que o homem contemporâneo habitante das grandes cidades recebe são analisadas por meio dos sentidos da visão e da audição, e que mais de oitenta por cento, especificamente, por meio do mecanismo da percepção visual.

Apesar da aparente impressão de novidade, a função comunicativa da imagem verificou-se ao longo da evolução da espécie humana, bem como do

desenvolvimento científico e tecnológico. Buscando a comunicação com os seus pares, o homem deixou vestígios sob a forma de pinturas nas cavernas. Segundo Joly (2003, p.17) “esses desenhos destinavam-se a comunicar mensagens, e muitos deles constituíram o que se chamou *os precursores da escrita*”. Também Proença (1998) explica que a partir desses desenhos surgiu a escrita pictográfica, que corresponde à primeira forma de escrita, em que seres e idéias são representados pelo desenho.

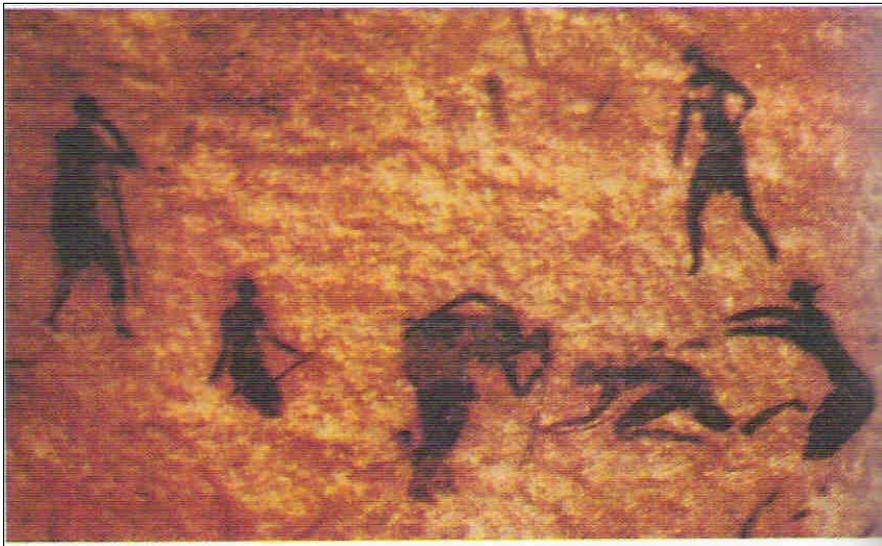


Imagem 1. Pintura rupestre encontrada em Tassili, Saara. A imagem nos traz um exemplo de escrita pictográfica. (Extraída de Proença, G. *História da Arte*. 11ª ed. São Paulo: Ática, 1998, p.14)

Mesmo com o advento da linguagem escrita, a linguagem visual não foi totalmente substituída por essa.

A respeito da utilização da linguagem visual, Dondis (1997, p. 185) afirma que, entre as populações analfabetas, é inquestionável a eficácia da comunicação visual, salientando que “os meios visuais [...] foram utilizados na campanha de

controle demográfico na Índia, na identificação de partidos políticos no mundo inteiro e na doutrinação política em Cuba”.

Na esfera da ciência, as imagens sempre desempenharam papel fundamental na representação do conhecimento, podendo-se exemplificar por meio da obra *De Corporis Humani Fabrica*, de autoria de Andréas Vesalius (1514-1564) apud Ronam (2001), publicada em 1543, que foi durante séculos uma importante referência para o ensino de anatomia humana nas escolas de Medicina. A imagem 2, ao lado, extraída da referida obra, representa a musculatura superficial do corpo humano.

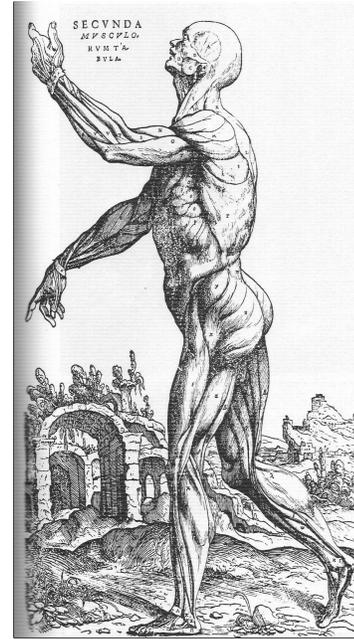


Imagem 2. Extraída de RONAM, C. *História ilustrada da ciência da Universidade de Cambridge, volume III: da Renascença à revolução científica*. Rio de Janeiro: J. Zahar Ed., 2001.

Também nos manuscritos de Leonardo da Vinci (1452-1519), podemos verificar a presença de imagens acompanhando os textos que descreviam seus estudos em anatomia, matemática, geometria, astronomia, botânica, zoologia, arquitetura, entre vários, como ilustrado na imagem 3, ao lado, sobre a mecânica do vôo dos pássaros, a resistência do ar, os ventos

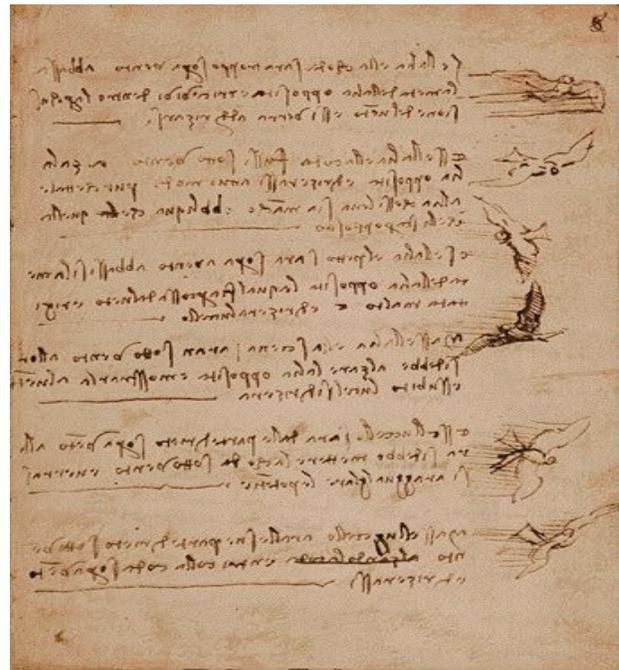


Imagem 3. Fonte: Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci. Disponível em <http://www.museosciencia.org/Default.htm> Acesso em 22/04/05

e as correntes. As representações visuais desempenham, sem dúvida, um importante papel na comunicação do conhecimento científico (AMETLER e PINTÓ, 2002).

Martins (1997) salienta que, embora a cultura científica ainda privilegie o conhecimento expresso através da linguagem escrita, há conceitos cuja visualização é essencial para sua conceitualização e compreensão. Cassiano (2002, p.4) manifesta concordância com as idéias da autora, ao afirmar que “no ensino de Física, bem como no de outras Ciências da Natureza, o uso das imagens é fundamental no processo de ensino e aprendizagem. Dissociar a explicação de determinado fenômeno de uma ilustração, muitas vezes parece muito complicado para um professor da área”.

Especificamente em relação à Biologia, podemos citar o exemplo do desenvolvimento humano durante o período embrionário, fenômeno de difícil compreensão, dado o grau de abstração exigido. Seria difícil, sem o suporte das imagens, explicar a organogênese a partir dos folhetos germinativos.

Bustamante e Aleixandre (1996) já haviam destacado o caráter indispensável das ilustrações para o ensino e aprendizagem de Biologia, ressaltando a presença de grande quantidade de representações icônicas de variados tipos nos livros didáticos (LD) de Ciências e Biologia: fotografias, desenhos, esquemas.

Em relação aos esquemas, estes constituem um tipo de imagem que tem sido muito utilizada como instrumento pedagógico, sendo possível encontrá-los

nos LD tanto do Ensino Fundamental quanto do Ensino Médio, apresentando diferentes níveis de complexidade.

Um exemplo da utilização freqüente de esquemas em situações de ensino e aprendizagem diz respeito ao conteúdo fotossíntese, que é tratado desde as séries iniciais do Ensino Fundamental até o final do Ensino Médio.

No entanto, embora seja um tema que permeia a vida do estudante durante a educação básica, nossa vivência como professora de Ciências e Biologia nos aponta para uma grande dificuldade dos alunos em relação ao fenômeno da fotossíntese, que envolve conceitos relacionados a diferentes áreas do conhecimento, como a Biologia, a Física e a Química.

Assim, considerando a crescente inserção de imagens nos LD de Biologia; o caráter indispensável das ilustrações para o ensino e a aprendizagem da Biologia e a dificuldade apresentada pelos estudantes na compreensão do fenômeno fotossintético, optamos por desenvolver um estudo visando identificar o papel pedagógico das imagens do tipo esquema na compreensão do processo de fotossíntese.

Inicialmente, no primeiro capítulo deste trabalho, apresentamos a delimitação do nosso problema de pesquisa.

No segundo capítulo, discutimos o conceito de imagem utilizado no transcorrer desta pesquisa. Em seguida, ainda nesse capítulo, discutimos a necessidade do aprendizado da linguagem visual a fim de assegurar a eficácia do fenômeno comunicativo.

No terceiro capítulo, além de um breve relato sobre as imagens nos livros didáticos, apresentamos também uma classificação das imagens segundo os seus

aspectos morfológicos ou funcionais, culminando com a definição do tipo de imagem que é objeto deste trabalho: o esquema. Finalizando o capítulo, apresentamos o resultado da revisão bibliográfica empreendida para a realização deste trabalho, no que se refere à questão da imagem.

No quarto capítulo, apresentamos um estudo sobre as representações dos estudantes acerca do fenômeno da fotossíntese, também com base na revisão bibliográfica empreendida.

O quinto capítulo refere-se aos procedimentos empregados para a coleta e a análise dos dados, bem como a fundamentação teórica desses procedimentos.

No sexto capítulo, apresentamos a análise e discussão dos dados coletados durante as quatro etapas em que se desenvolveu a pesquisa.

Este trabalho encerra-se com as nossas considerações finais, nas quais salientamos: a importância de um trabalho integrado envolvendo professores de Química, Física e Biologia no ensino da fotossíntese, a fim de evitar a fragmentação do conteúdo e que se manifesta por meio da fragmentação do conhecimento dos alunos; a necessidade de um trabalho cuidadoso na elaboração e utilização dos esquemas como recurso didático; o papel pedagógico dos esquemas na compreensão do fenômeno fotossintético.

DELIMITANDO O PROBLEMA

A presença crescente das imagens acompanhando os textos didáticos pode ser facilmente identificada ao folhearmos um LD de Ciências ou de Biologia.

Essas imagens cumprem diversos papéis. Para Barlex e Carré (1995), elas desempenham uma função vital de complementação do texto, auxiliando os estudantes na compreensão de experiências práticas e nas abstrações. Podem também motivar o leitor para o conteúdo apresentado no texto e podem, ainda, segundo salienta Martins (1997), em um determinado sentido constituir-se no próprio conteúdo.

Há casos, no entanto, em que a presença da imagem acompanhando um texto didático não facilita a compreensão do conteúdo. Contrariamente, pode ser fonte de equívocos na compreensão, resultantes muitas vezes da mensagem contida na imagem ou da ausência de explicação (no texto, na legenda ou por parte do professor) a respeito do que essa imagem representa e da forma como o faz.

Ao sermos questionadas por um aluno da 1ª série do Ensino Médio se poderíamos visualizar a membrana plasmática ao microscópio, da mesma forma como essa estava ilustrada em seu livro de Biologia (imagem 4), respondemos que aquela imagem correspondia a um modelo elaborado com base na composição química e no comportamento fisiológico da referida membrana. Embora essas informações constassem no texto e na legenda, ainda não havia

ficado claro para o aluno o que era um modelo, nem porque os lipídios e as proteínas estavam representados na forma e nas cores como apareciam na imagem. O professor deve estar atento a essas dificuldades para intervir sempre que situações como essas acontecerem, de forma a tirar o máximo proveito das imagens em favor do processo de ensino

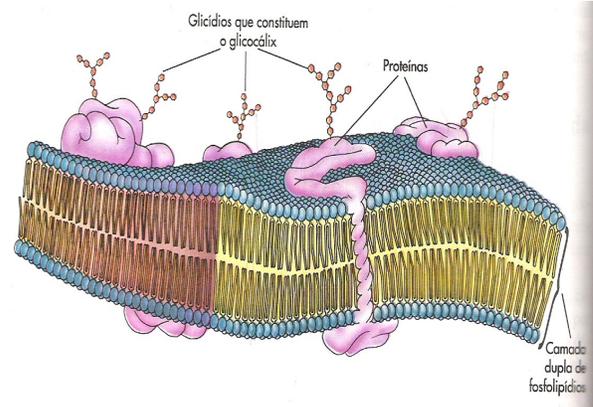


Imagem.4. Representação esquemática do modelo do mosaico fluido. (AMABIS e MARTHO. *Fundamentos da Biologia Moderna*. Vol. Único. São Paulo: Moderna, 2001. p. 107

e aprendizagem. Caso contrário, as imagens podem constituir-se em elementos que dificultam esse processo, ao induzir no aluno o surgimento de representações equivocadas em relação aos conteúdos que deveriam auxiliar a veicular.

Não raras são as ocasiões em que não logramos êxito em uma aula prática de microscopia devido ao fato de o aluno não “enxergar” a célula, afirmando “só estou vendo uma mancha”. No entanto, a célula está focalizada, apenas não correspondendo à imagem da célula que ele está acostumado a ver por meio das imagens do LD. É mais comum o aluno assumir que a imagem da bolha de ar que se forma entre a lâmina e a lamínula é a célula, pois se assemelha à estrutura geralmente arredondada representada no LD, embora as células possam apresentar formas variadas, dependendo do órgão ou do tecido que constituem.

Também os fenômenos que ocorrem na natureza às vezes são representados por imagens que podem dar margem a compreensões equivocadas, ocasionando prejuízo no processo de ensino e aprendizagem. Exemplos desse tipo podem ser verificados nas imagens 5 e 6 a seguir,

encontradas em livros de ciências da 6ª série do Ensino Fundamental. Podemos observar que nessas imagens, que acompanham textos sobre a fotossíntese, encontram-se representados basicamente os mesmos componentes essenciais para que ocorra o fenômeno fotossintético, porém as relações entre eles são representadas de forma diferente.

Nos dois casos, as imagens podem induzir o leitor ao erro.

A imagem 5, que deveria explicitar a relação entre os processos de fotossíntese e respiração no vegetal, conforme seja dia ou noite, dá margem à leitura que tanto o oxigênio quanto o gás carbônico entram e saem livremente da folha, sem que nenhuma reação química se processe durante o dia. Já durante a noite, o oxigênio é representado entrando na folha, dela saindo gás carbônico, sem no entanto mostrar que tipo de relação ocorre entre os dois gases. Se ainda considerarmos o

enunciado da legenda original, notamos a ambigüidade nas informações. A palavra dia é usada com dois significados distintos: na

primeira linha, como o período em que a planta está submetida à iluminação. Na segunda linha, dia significa um período de vinte e quatro horas. Tendo em conta que é comum entre os alunos considerar que *o vegetal realiza fotossíntese*



Imagem 5. “A fotossíntese ocorre durante o dia, em presença de luz. A respiração ocorre durante todo o dia, inclusive durante a noite.”

(Extraída de: Projeto Araribá: Ciências: Ensino Fundamental – 6. 1ª ed. São Paulo: Moderna, p. 101)

durante o dia e respira apenas à noite, devemos ter o cuidado de evitar o uso de expressões que não apresentam as informações de maneira clara.

Na imagem 6, as setas induzem à interpretação de que o gás carbônico se transforma em oxigênio e a água em glicose, após algum tipo de interação não explicitada no esquema entre essas substâncias e a clorofila.

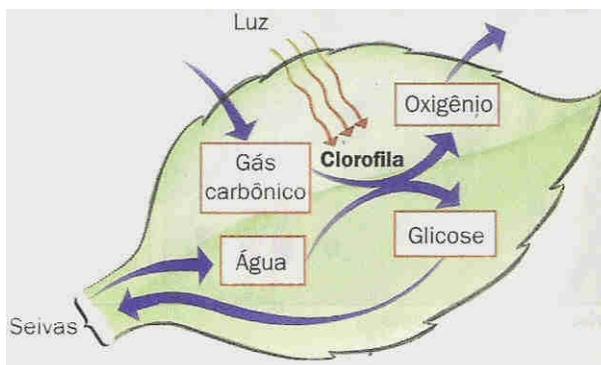


Imagem 6. Extraída de CÉSAR, SEZAR e BEDAQUE. *Ciências: Entendendo a natureza. 6ª série 18ª ed. Reformulada.* São Paulo: Saraiva, 2001. p. 227

Esses e outros exemplos

semelhantes, facilmente detectáveis nos LD, levam a acreditar que, embora haja “praticamente um consenso entre os autores sobre o fato de as imagens desempenharem algum papel pedagógico no processo de ensino-aprendizagem” (CASSIANO 2002, p.4), não é dispensada à imagem a mesma atenção com que é tratado o texto no processo de produção do LD.

Apesar da crescente inserção das imagens nos LD, nossa cultura escolar prioriza a linguagem escrita, já que no momento da alfabetização o que ocorre é a ênfase dada ao aprendizado do código escrito.

Em outras palavras, podemos dizer que há uma falta da educação *para a imagem* no sentido que não se ensina a ler a imagem como se ensina a ler um texto escrito. Não há uma educação voltada para o aproveitamento do potencial comunicativo da imagem no processo de ensino e aprendizagem. E isto implica o aprendizado da leitura da imagem.

Embora o uso da linguagem verbal escrita ainda predomine, inúmeras vezes já nos deparamos com situações nas quais estudantes do Ensino Médio

preferiam responder a uma questão de prova ou exercício usando desenhos e esquemas, em substituição à produção de um texto.

Surgiam, então, perguntas tais como:

“Não sei explicar direito, posso fazer um esquema?”

Ou ainda:

“Professora, eu não lembrei o nome daquele tipo de raiz, então eu desenhei. Você vai considerar, né?”

Em outras situações, lecionando Biologia para estudantes do curso noturno (Educação de Jovens e Adultos – EJA), constatamos que o uso de esquemas e desenhos, para representar o fenômeno da fotossíntese, era freqüente entre os estudantes, que apresentavam dificuldades para articular em um texto escrito os diferentes conceitos envolvidos na compreensão desse fenômeno, como transformação de energia e acoplamento de reações, entre outros.

Cabe salientar que esses conceitos demandam o domínio de conhecimentos que são trabalhados de forma fragmentada nos âmbitos da Biologia, da Física e da Química. Mesmo considerando apenas a disciplina Biologia, a fotossíntese é trabalhada no Ensino Fundamental (3^a, 4^a, 5^a e 6^a séries, geralmente) e nas três séries do Ensino Médio. Na 1^a série, sob o enfoque ecológico, compõe o tema ciclos biogeoquímicos da água, do oxigênio e do gás carbônico, efeito estufa, cadeias alimentares, produtividade nos ecossistemas; na 2^a série, em Botânica, dentro do estudo da Fisiologia Vegetal e, em Citologia, no estudo do metabolismo energético, na 3^a série.

No entanto, nossa experiência docente no Ensino Superior nos permite afirmar que, mesmo após anos seguidos de estudo envolvendo a fotossíntese ou aspectos desse fenômeno, os estudantes terminam o Ensino Médio e ingressam no Ensino Superior sem uma compreensão do fenômeno fotossintético. Ao contrário, persistem nestes alunos representações equivocadas que muito se assemelham àquelas apresentadas por estudantes da educação básica.

Cabe salientar que o conteúdo referente à fotossíntese é apresentado nos LD, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio, por meio de textos associados a imagens, sendo que no caso da fotossíntese, essas imagens são predominantemente do tipo esquema.

Diante das considerações que expusemos até o momento: a utilização crescente das imagens no contexto educativo; o caráter essencial da imagem na compreensão de determinados conteúdos da Biologia, a necessidade de dispensarmos maior atenção à seleção e elaboração das imagens utilizadas no processo de ensino e aprendizagem e a dificuldade apresentada pelos estudantes quanto à compreensão do fenômeno fotossintético, consideramos relevante tomar as imagens que representam esse fenômeno como objeto de estudo.

Levando em consideração que a maior parte das imagens que representam a fotossíntese é do tipo esquema, optamos por empreender um estudo centrado nesse tipo particular de imagem. Dessa forma, neste trabalho buscamos determinar qual o papel pedagógico dos esquemas na compreensão do fenômeno fotossintético.

Defendemos a hipótese que os esquemas utilizados para representar o fenômeno da fotossíntese constituem um suporte para o processo de ensino e

aprendizagem, facilitando o estabelecimento de relações entre as etapas envolvidas na realização desse fenômeno.

2

O QUE É IMAGEM?

“Também disse Deus: Façamos o homem à nossa imagem, conforme a nossa semelhança...”

Gn 1.26

“Criou Deus, pois, o homem à sua imagem, à imagem de Deus o criou, homem e mulher os criou.”

Gn 1.27

A palavra *imagem* origina-se do latim *īmāgīnēm*, palavra da terceira declinação, cujo nominativo é *īmāgo* e o genitivo é *īmāgīnīs* (FARIA, 1994, p. 262). Por sua vez, *imago* é a forma contracta de *imitago*, do verbo latino *imitari*, com o significado de imitar (SARAIVA, sd). A raiz da palavra *imaginem* é o elemento latino *IM*, que apresenta as idéias de imitação, representação, retrato (d’HAUTERIVE, 1948). Na língua latina, a palavra *imago* é rica de conteúdo significativo, tendo sido usada por Tito Lívio com o sentido de forma, aspecto; por Cícero, significando retrato, representação, sombra, aparência; Também Plínio fez uso da palavra *imago*, com o sentido de espectro; para Quintiliano, *imago* foi usada com o significado de cópia, imitação (em oposição à realidade); para Tácito, *imago* era idéia, pensamento, lembrança; Horácio usou o termo *imago* referindo-se à comparação, parábola (FARIA, 1994).

Nos versículos bíblicos citados no início da página, o termo *imagem* nos remete à idéia de semelhança ou, ainda, esses dois termos são usados como

sinônimos¹. Em várias passagens bíblicas, podemos notar o uso da palavra imagem como sinônimo de semelhança ou com diferentes significados.

“Porque, na verdade, o homem não deve cobrir a cabeça, por ser ele imagem e glória de Deus...” 1Co 11.7

“Este é a imagem do Deus invisível, o primogênito de toda a criação.” Cl 1.

“Não mintais uns aos outros, uma vez que vos despistes do velho homem com os seus feitos e vos revestistes do novo homem que se refaz para o pleno conhecimento, segundo a imagem daquele que o criou...” Cl 3.10

No mundo atual, onde até nos arriscamos a falar de uma civilização da imagem, o uso desse termo alcança dimensões que vão da mídia à psicologia, da religião à arte, das ciências da natureza às ciências humanas. Joly (2003, p.13) refere-se à polissemia da palavra imagem quando afirma que “o termo imagem é tão utilizado, com tantos tipos de significação sem vínculo aparente, que parece bem difícil dar uma definição simples dele, que recubra todos os seus empregos”.

Também a multiplicidade de usos da palavra imagem pode dar margem para que surjam equívocos, como aponta Joly (2003) em um estudo sobre a utilização dessa palavra. A autora alerta para a simplificação que se origina a partir do momento em que consideramos como sinônimos *imagem*, *televisão* e *publicidade*. Primeiro, porque leva ao erro de confundir o meio de comunicação, no caso a televisão, com o conteúdo, a mensagem que ele veicula, no caso a publicidade. Nem a televisão veicula apenas publicidade, tampouco a publicidade vale-se apenas da televisão como veículo de disseminação. Para Joly, ainda, essa confusão leva à outra, que é a de considerar imagem aquela veiculada pela

¹ Segundo nota de estudo da Bíblia de Estudo de Genebra, 1999, “teólogos medievais distinguiram fortemente entre ‘imagem’ e ‘semelhança’. Estudos mais recentes notam que os dois termos hebraicos são usados como sinônimos nas escrituras”.

televisão, a imagem animada, esquecendo muitas vezes a existência da imagem fixa, representada pela pintura, gravura, desenho, fotografia e outros tipos de imagem. Desconsiderar a variedade de imagens que nos cercam leva, então, ao prejuízo na compreensão dessas imagens.

Essa amplitude de uso do termo imagem também não facilita a sua definição, posto que a imagem, analisada sob vários aspectos, pode vincular-se a diferentes teorias, que envolvem o estudo da matemática, das artes e da psicologia, por exemplo. A imagem 7 a seguir ilustra a variedade de significados com que se emprega a palavra imagem.

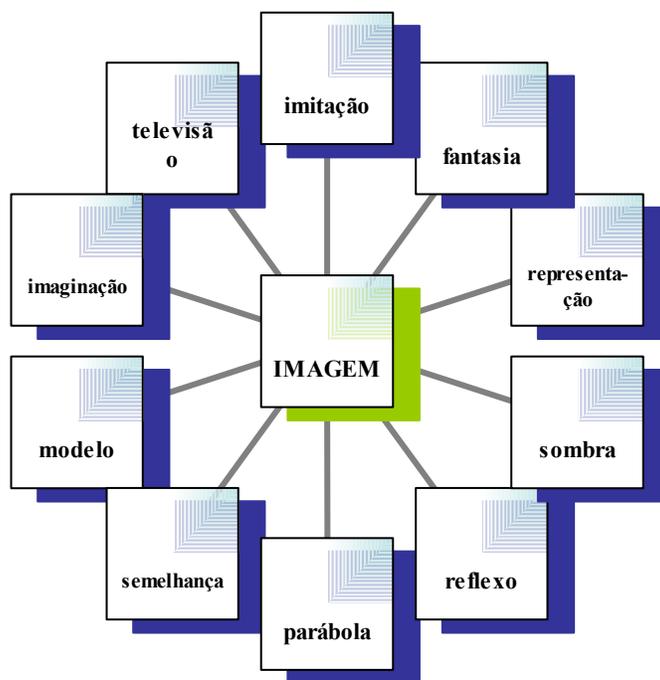


Imagem 7 - Representação da polissemia da palavra imagem, indicando alguns de seus significados.

Santaella e Nöth (1998) consideram as imagens sob dois focos distintos: as imagens como representação mental e as imagens como representação visual. No primeiro caso, as imagens aparecem como visões, esquemas, modelos,

imaginações e fantasias, em um domínio que os autores chamam de imaterial. No segundo caso, as imagens aparecem como objetos materiais, signos representativos de nosso ambiente visual. Trata-se agora do domínio visual das imagens, representado pelos desenhos, pinturas, fotografias, infografias, gravuras, holografias e as imagens televisivas e cinematográficas.

Embora distintos, esses dois domínios mantêm entre si uma relação de dependência, em que a ausência de um inviabiliza a existência do outro, já que as imagens mentais originam-se no mundo concreto dos objetos visuais, enquanto elas mesmas também se fazem presentes na gênese da produção das imagens visuais. Para os autores, ainda, “os conceitos unificadores dos dois domínios da imagem são os conceitos de signo e representação”(p. 15).

Na psicologia, qualquer representação que possa ser percebida pelos sentidos da visão, audição, tato, etc, é designada como imagem. Assim, podemos ter uma imagem de uma melodia ou a imagem de nosso corpo (JAPIASSU e MARCONDES,1966 apud CASSIANO, 2002).

Em sua obra *A República*², Platão refere-se à seção das imagens naquilo que chamou *mundo visível*. Sobre elas Platão assim se manifestou: “Chamo imagens, em primeiro lugar, às sombras; seguidamente, aos reflexos nas águas, e àqueles que se formam em todos os corpos compactos, lisos e brilhantes, e a tudo o mais que for do mesmo gênero...”. Comentando essa definição, acrescenta Joly (2003, p.14) “que a imagem seria um objeto segundo com relação a um outro que ela *representaria* de acordo com certas leis particulares”.

² PLATÃO. *A República*. Livro VI, 509 a-e. São Paulo: Martin Claret, 2003. p.207

A freqüência com que o termo *representação* tem sido usado nas diferentes definições de imagem aponta, então, para a necessidade de definirmos aqui o que vem a ser uma representação.

Encontramos, já na semiótica geral, inúmeras definições do conceito de representação e “as tentativas de delimitação do conceito são variadas, mas, freqüentemente, imprecisas” (SANTAELLA e NÖTH, 1998, p. 16) sendo que sua significação transita entre *apresentação* e *imaginação*.

Considerando que não é a finalidade deste trabalho o aprofundamento dessa discussão, buscaremos delimitar nossa área de estudo, utilizando a definição de Peirce, o que nos permitirá também um caminhar mais objetivo em direção a uma definição teórica da imagem.

Para Peirce (1972), *representação* vem a ser o processo de apresentação de um objeto a um intérprete de um signo ou a relação entre o signo e o objeto. Assim, *representar*, para Peirce, significa

estar no lugar de, ou seja, estar em relação tal com outro que, para certos propósitos, algum espírito o tratará como se fosse aquele outro. Assim, um porta-voz, um deputado, advogado, agente, um diagrama, um sintoma, uma descrição, um conceito, uma premissa, um testemunho, todos representam algo diverso, sob variadas formas, para espíritos que os considerem sob esse prisma. Quando se deseja distinguir entre aquilo que representa e o ato ou relação de representar, podemos dar ao primeiro o nome de ‘Representamem’ e ao último o de ‘Representação’.

Notamos que, nessa definição, o autor usa a palavra representação não como sinônimo³ de signo, mas como *relação sgnica*. “Eu restrinjo a palavra *representação* à operação do signo ou sua relação com o objeto para o intérprete da representação.”

Não sendo, então, sinônimo de representação, o que vem a ser signo?

Peirce (1972) apresenta uma enorme quantidade de definições de signo, com diferentes graus de detalhamento. Podemos citar:

Qualquer coisa que leva algo diverso (seu interpretante) a referir-se a um objeto a que ele próprio se refere (seu objeto) de maneira idêntica, transformando-se o interpretante, por sua vez, em signo e assim por diante, ad infinitum. (p. 130)

A palavra signo será usada para denotar um objeto perceptível, apenas imaginável ou mesmo insuscetível de ser imaginado em um determinado sentido [...].(p. 95)

Um Signo, ou Representamem é um Primeiro que se põe numa relação triádica genuína tal para com um Segundo, chamado seu Objeto, de modo a ser capaz de determinar um Terceiro, chamado seu Interpretante, o qual se coloque em relação ao Objeto na mesma relação triádica em que ele próprio está, com relação a esse mesmo Objeto. (p. 115)

Neste trabalho usaremos a definição de Peirce (1972, p.94) segundo a qual “um signo, ou representamem, é algo que, sob certo aspecto ou de algum modo, representa alguma coisa para alguém”.

³ Em *Imagem: Cognição, semiótica, mídia*, Santaella e Noth apontam que Peirce, em sua primeira fase, considera representação como signo. “Peirce caracteriza a semiótica, em 1865, [como] a teoria geral das representações [....] falando também simplesmente de [signo ou representação].”

Deriva daí a relação triádica que o signo apresenta quando esse *algo* (representamen, significante ou, ainda, a face perceptível do signo) está no lugar de alguma *coisa* (o objeto, referente ou o que ele representa) para alguém (interpretante) que o dota de significado.

Ainda segundo Peirce, um signo é perceptível, sendo possível vê-lo, ouvi-lo, senti-lo. Pode, ainda, ser tocado ou mesmo saboreado. Assim, tudo pode ser signo, na medida em que puder significar algo além de si mesmo, ou seja, alguém deduzir, a partir dele, um significado que está vinculado tanto às experiências culturais quanto ao contexto em que esse signo surge.

Nessa perspectiva, podemos identificar diferentes tipos de signos (palavras, objetos, odores, imagens) unificados naquilo que é inerente a todos eles: a relação triádica *significante – referente – significado*.

Peirce (1972, p. 105) propôs uma divisão dos signos. Assim, segundo o autor, os signos são divisíveis de acordo com três tricotomias, que “levam, no seu conjunto, a dividir os Signos em Dez Classes, das quais importará considerar numerosas subdivisões”.

Para este trabalho, consideramos pertinente citar a segunda dessas tricotomias, segundo a qual os signos se distinguem de acordo com o tipo de relação existente entre a parte perceptível do signo (o significante) e o objeto (o referente ou o representado). Sob esse aspecto, Peirce (1972) propõe então três grupos principais de signos, a saber:

- i. O *ícone*, que é o signo cujo significante mantém com o seu referente uma relação de analogia.

- ii. O *símbolo*, tipo de signo que mantém com o seu referente uma relação de convenção. É, portanto, uma classe de signos caracterizada pela arbitrariedade.
- iii. O *índice*, categoria de signo que mantém com o seu referente uma relação de causa e efeito. É o caso dos ferormônios⁴ que, como atrativos sexuais, indicam que o parceiro está pronto para a reprodução.

Para ilustrar essa classificação dos signos, apresentamos a imagem 8, abaixo. Trata-se de um esquema que representa, em linhas gerais, as relações entre a respiração e a fotossíntese. Podemos observar que em sua construção foram utilizadas duas das categorias de signos citadas anteriormente: os signos simbólicos (setas) e os signos icônicos (cortes do cloroplasto e da mitocôndria).

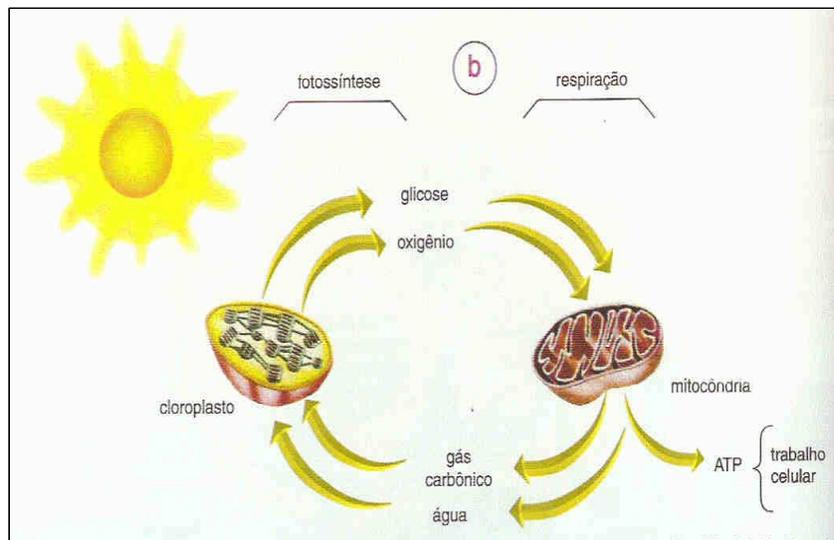


Imagem 8 - Apresenta as relações entre a respiração e a fotossíntese, representando, as organelas e os principais reagentes e produtos desses dois processos. (Fragmento extraído de UZUNIAN, A.; BIRNER, E. *Biologia: volume único*. São Paulo: Harbra, 2001. p. 202.

⁴ De acordo com Soares (1993, p.168), “ferormônios (do gr. *fēros*, ‘o que transporta’; *hormon*, ‘estimulante’). Substâncias integrantes de um grupo bem heterogêneo de secreções glandulares de insetos, que parecem ter íntima relação com o comportamento desses animais. São excretados e supõe-se serem responsáveis pela delimitação de trilhas entre formigas, pela inibição do desenvolvimento dos ovários nas abelhas operárias ou atuarem como atrativo sexual, entre mariposas.”

A partir dessas considerações sobre representação e signo, cremos ser possível então retomar a questão inicial que intitula esse capítulo: *O que é imagem?*

Para Peirce (apud JOLY, 2003, p.37) imagem é uma subcategoria de ícone, definindo que

A categoria imagem reúne, então, os ícones que mantêm uma relação de analogia qualitativa entre o significante e o referente. Um desenho, uma foto, uma pintura figurativa retomam as qualidades formais de seu referente: formas, cores, proporções, que permitem reconhecê-los.

Em seu trabalho de análise de imagens em livros didáticos de Física, Cassiano (2002, p. 22) propõe, a partir da categorização de Peirce, uma definição de imagem. Para o autor,

entendem-se como imagem [...] signos icônicos ou simbólicos (ou uma combinação desses) cujo significante (representamen) mantêm uma relação analógica (para ícones) ou convencional (para símbolos) com o referente. O referente pode ser um objeto (um ser, uma coisa) ou um fenômeno. Tais signos se apresentam em oposição ao texto escrito e são compostos por figuras, fotografias, diagramas, gráficos, esquemas, desenhos e imagens de arte.

Esse conceito de imagem aproxima-se do que foi proposto por Carneiro (1997), já que a autora considera que imagem nos livros didáticos corresponde a uma representação visual, real ou analógica de um ser, fenômeno ou objeto que normalmente se apresenta em oposição a um texto escrito.

Utilizaremos nesta pesquisa o conceito de imagem apresentado por Cassiano (2002), salientando, no entanto, que entendemos que a expressão

“oposição ao texto escrito”, utilizada pelo autor e também por Carneiro (1997), não significa antagonismo e sim localizações opostas de uma página (esquerda/direita; em cima/em baixo) ou folha (frente/verso) impressa.

2.1 A imagem como linguagem - em defesa da educação visual

“O signo pode constituir um ato de comunicação quando me é destinado intencionalmente [...]” (JOLY, 2003, p.33). Ao defendermos no capítulo anterior a natureza sónica da imagem, entendemos que ela pode, dessa forma, constituir-se em um ato de comunicação.

Considerando então a imagem como uma mensagem visual, aceitamos a idéia de imagem como uma forma de linguagem, a *linguagem visual* e, como linguagem, constituída de um sistema de representação com códigos próprios.

O lingüista russo Roman Jakobson (apud JOLY, 2003) elaborou um esquema de seis pólos dos fatores inalienáveis da comunicação verbal. Esse esquema foi, posteriormente retomado como a base para qualquer ato de comunicação, inclusive a visual. Assim, ele define os fatores como:

- i. Um emissário;
- ii. O contexto, a mensagem, o contato, o código;
- iii. O destinatário.

Qualquer mensagem exige um contexto, um referente ao qual remete; em seguida, exige um *código comum* ao emissário e ao destinatário. Deve também possuir um contato entre emissário e destinatário, para que se estabeleça a comunicação (JOLY, 2003).

É justamente o domínio deste código comum que chamamos de *alfabetização*. “Entendemos por ‘alfabetismo’ (no sentido de *literacy*) a capacidade de os indivíduos compreenderem um determinado sistema de representação, associada à capacidade de se expressarem através dele” (CALADO, 1994, p.33).

Embora a emergência das imagens tenha sido anterior à da escrita, estamos acostumados a associar o conceito de alfabetização apenas à linguagem verbal escrita. Mas se de fato admitimos as imagens materiais como sistemas de representação, por meio do qual é possível aos indivíduos se expressarem, podemos então fazer uso dos conceitos de leitura, alfabetismo e, conseqüentemente aprendizagem ao nos referirmos também à linguagem visual.

Apesar de fazermos o uso do conceito de alfabetização visual, neste trabalho, a partir de agora, substituiremos o termo *alfabetização visual* por *educação visual*, com o sentido de *aprendizado da leitura das imagens*, salvo em citações diretas. Essa substituição se justifica pela inadequação do termo alfabeto, do qual deriva alfabetização, em relação ao aprendizado da leitura das imagens.

Alfabeto é uma palavra constituída pelas duas primeiras letras do alfabeto grego, alfa e beta, que correspondem às letras *a* e *b*, respectivamente. As letras são signos simbólicos utilizados na composição das mensagens na linguagem verbal escrita. A linguagem visual, embora se constitua em um sistema de comunicação, possui características próprias, não subordinadas ao meio verbal.

Quanto à expressão *leitura*, que segundo o dicionário Silveira Bueno significa o ato ou efeito de ler, consideramos aplicável à linguagem visual já que, entre os significados de ler, encontramos *decifrar*, *interpretar o sentido de*; *explicar*.

Estabelecendo um paralelo entre as duas formas de linguagem, verbal e visual, podemos chegar a um argumento que vem reforçar a idéia da necessidade da educação visual que proporcione o aprendizado da linguagem visual. A capacidade de falar determinada língua não nos leva de imediato à leitura e à escrita dessa língua. A alfabetização verbal deve ser aprendida. De maneira simplificada podemos dizer que esse aprendizado envolve o conhecimento dos símbolos (do alfabeto) e da combinação desses símbolos (que são as palavras) e seus significados e o aprendizado da sintaxe, isto é, a forma de organização dessas palavras, a construção frasal.

Da mesma forma que a linguagem verbal escrita, a linguagem visual constitui-se de elementos básicos, um conjunto de unidades (cor, forma, ponto, linha, direção, escala, proporção, movimento, tom, textura) que, embora sejam poucas, permitem todas as formas de combinação de maneira a compor mensagens cujo significado deve ser compartilhado tanto pelo emissor quanto pelo receptor de tais mensagens. Assim, mais uma vez reiteramos a importância do conhecimento e domínio desses elementos, assegurando a eficácia do fenômeno comunicativo.

Outro argumento favorável à educação visual diz respeito à polissemia das mensagens visuais. Devido a essa característica, o significado de uma mensagem visual nunca é fixado apenas pelo emissor, dependendo também do pólo receptor. Daí a necessidade de ambos, emissor e receptor compartilharem os códigos inerentes à linguagem visual, os elementos visuais básicos e suas interações.

Se, como afirmamos anteriormente, falar uma língua não significa dominar sua leitura e sua escrita, ver uma imagem também não significa apreender seu significado.

Tanto quanto a linguagem verbal escrita, também a leitura das imagens implica atividades coordenadas de codificação e decodificação. Códigos são construtos sócio-culturais, portanto compreendê-los não é uma habilidade espontânea, senão que aprendida. Assim, a leitura das imagens é uma capacidade que deve ser desenvolvida, tendo em vista ainda que “a linguagem visual, depois de ultrapassado um nível muito básico (e ainda não compreensivo), não é universal” (CALADO 1994, p.35). Essa afirmação da autora diz respeito às duas acepções e usos da palavra leitura: decifração e compreensão. Por nível básico, dessa forma, entendemos a leitura não compreensiva, a mera decifração de códigos utilizados na composição da imagem.

Para Calado (1994) a idéia de que a compreensão das imagens é imediata é uma ilusão, sendo necessário o aprendizado da leitura das imagens e da gramática visual. A autora busca argumentos para respaldar essa tese na psicofisiologia da percepção e na semiologia da imagem.

Desdobrando esses dois aspectos, segundo a autora percepção visual é o tratamento, em nível cerebral, das informações recebidas por meio dos receptores sensoriais, nesse caso os olhos. Esse tratamento não se refere apenas ao registro mecânico das formas no cérebro, mas relaciona-se a diversos fatores de natureza tanto individual quanto sociocultural. Assim, em nível individual, perceber uma forma depende tanto da estimulação retiniana quanto das experiências visuais prévias, motivação, emoções e expectativas do indivíduo.

Quanto à natureza sociocultural da percepção visual, Calado (1994) destaca a forma condicionada de ver dos indivíduos pertencentes a uma mesma cultura. Nem todas as culturas absorveram, por exemplo, a ilusão de volume criada em uma imagem bidimensional por meio de um elemento simbólico, que é a perspectiva. Da mesma forma manifestam-se as diferenças perceptivas socioculturais relacionadas às cores, que buscam explicação em hipóteses como a da influência das características estruturais das diversas línguas na percepção das cores. “Por exemplo: se numa língua existe um único termo para designar o verde e o azul, os falantes dessa língua tendem a confundir as duas cores” (CALADO, 1994, p. 31).

Em síntese, em relação à percepção Calado conclui que, se por um lado não podemos afirmar que ela seja o resultado de uma aprendizagem, devemos lembrar, por outro lado, que o desenvolvimento perceptivo normal ocorre a partir de determinadas experiências pelas quais passa o indivíduo. A percepção visual – o “grau zero” da leitura das imagens – é uma aquisição, e embora não precise ser ensinada, não deixa de prescindir de uma educação visual do indivíduo.

Em relação à semiologia da imagem, Calado (1994) apresenta questões de nível sintático e semântico para defender a idéia de que a compreensão das imagens não é um fenômeno imediato. Assim, a autora apresenta os três tipos de operações elementares, referidas por Bresson (apud CALADO, 1994), que a criança deve dominar para efetuar a leitura de uma imagem.

- i.* Operações de nível sintático. Aqui, mais uma vez recorre-se à temática da perspectiva para explicitar a idéia do aprendizado da leitura das imagens. A capacidade de reconhecimento da imagem como tal é

precoce no desenvolvimento infantil, não sendo adquirida pela aprendizagem. No entanto, a compreensão de imagens complexas é mais tardia e depende da realização de operações sintáticas ligadas à produção da imagem. A leitura da perspectiva como forma de representar a profundidade significa realizar um certo número de inferências não explicitadas na imagem. Essa capacidade, sendo socialmente condicionada, envolve aprendizagem.

- ii.* Operações de referenciação, incluídas por Calado no nível semântico, que dizem respeito às operações que permitem reconhecer que as formas desenhadas substituem objetos reais ganhando valor de signo. Embora surjam cedo no desenvolvimento da criança, não são manifestadas desde o nascimento.
- iii.* O terceiro tipo de operações de leitura, ainda segundo Bresson (apud CALADO, 1994, p. 43), diz respeito à capacidade de distinguir a imagem do seu suporte. “Tratar uma imagem como imagem implica não ter em conta o seu suporte no processo interpretativo” Em outras palavras, significa estabelecer a distinção entre a imagem e a folha na qual ela foi desenhada. As crianças até a idade de três anos não estabelecem facilmente essa distinção (CALADO, 1994).

A partir dessa argumentação, Calado conclui que, embora a percepção de uma imagem em seu nível mais básico não precise ser ensinada, ao ultrapassarmos esse nível elementar, “só o alfabetismo visual, por seu lado, permite a interação comunicativa que dá sentido a uma imagem” (CALADO 1994, p. 66).

Também advogando em favor da educação visual, Kress e Van Leeuwen (1999) manifestam sua crença no fato de que a comunicação visual está deixando de ser domínio apenas de especialistas e se tornando cada vez mais crucial no domínio da comunicação pública. Os autores apontam para a importância da alfabetização visual no sentido de que esta será uma questão de sobrevivência, principalmente no ambiente de trabalho.

Em consonância com os autores supra citados, Dondis (1997, p.3) argumenta que a educação visual compartilha os mesmos objetivos que deram origem ao desenvolvimento da linguagem verbal escrita, ou seja,

construir um sistema básico para a aprendizagem, a identificação, a criação e a compreensão de mensagens visuais que sejam acessíveis a todas as pessoas, e não apenas àquelas que foram especialmente treinadas, como o projetista, o artista, o artesão e o esteta.

Na esteira dessa defesa, Gouvêa e Martins (2001, p. 42) acreditam que “da mesma forma que a leitura do texto escrito, a leitura das imagens não se restringe à simples leitura de signos, fazendo-se necessário um aprendizado de leitura das imagens”.

No âmbito pedagógico, já foi referido na introdução deste trabalho que as representações visuais desempenham um importante papel na comunicação de conceitos científicos. Dessa forma, a aprendizagem dos códigos inerentes à linguagem visual é imprescindível na medida em que nossos alunos estão cada vez mais inseridos na chamada “civilização da imagem”.

Em um estudo sobre o papel das imagens nos manuais escolares de ciências naturais no ensino básico, Amador e Carneiro (1999, p.119) comentam o significativo acréscimo na utilização das imagens na literatura científica, alertando que as futuras gerações poderão ser facilmente manipuladas pela comunicação visual, já que existe a crença que as imagens não necessitam de leitura. Assim, as autoras alertam para a necessidade da educação visual.

Torna-se cada vez mais necessária uma educação visual que permita aos nossos alunos desenvolverem capacidades seletivas e críticas em relação às mensagens icônicas recebidas e capacitando-os, de igual modo, para a produção de mensagens visuais numa sociedade cada vez mais dependente da comunicação audiovisual.

A esse respeito, Calado (1994) argumenta que devemos promover a alfabetização visual dos alunos, a fim de lhes permitir viver de forma consciente e ativa no mundo em que se inserem. Ainda no contexto pedagógico, a autora defende a necessidade de os docentes dominarem a gramaticalidade das imagens, pelo menos para poderem escolher aquelas mais adequadas aos seus propósitos educativos.

Com referência a essa gramaticalidade, Duchastel e Waller (1979) indicam a necessidade de uma “gramática da ilustração”, que se traduz por um conjunto de princípios que possam demonstrar os efeitos potenciais da imagem nos leitores. Dessa forma esses princípios serviriam de base para a escolha dos tipos de imagens que poderiam compor o texto escrito.

Em um sentido amplo, gramática significa o estudo sistemático dos elementos constitutivos de uma língua ou, ainda, a exposição metódica e documentada das regras dessa língua. A elaboração de uma gramática visual deve considerar a especificidade da linguagem visual e toda a sua complexidade. Se essa linguagem é polissêmica, pelo menos no contexto educativo a gramática visual deve ocupar-se de desenvolver um sistema de construção de imagens que possibilite a unidade de sentidos atribuídos a essas imagens pelos pólos emissor-receptor. Conforme Dondis (1997, p.18),

A sintaxe visual existe. Há linhas gerais para a criação de composições. Há elementos básicos que podem ser apreendidos e compreendidos por todos os estudiosos dos meios de comunicação visual, sejam eles artistas ou não, e que podem ser usados, em conjunto com técnicas manipulativas, para a criação de mensagens visuais claras. O conhecimento de todos esses fatores pode levar a uma melhor compreensão das mensagens visuais.

Assim como em qualquer contexto comunicativo, também no âmbito pedagógico a eficiência da comunicação reside na convergência de sentidos atribuídos à mensagem pelo emissor e pelo receptor. A interação comunicativa ocorre quando ambos dominam os mesmos códigos, isto é, compartilham as competências comuns do alfabetismo.

Considerando, ainda, o âmbito pedagógico, é comum a utilização, nas aulas de Biologia, de imagens que veiculam o conhecimento científico. Dessa forma, além da leitura do texto escrito, o aluno depara-se com a necessidade de ler a mensagem transmitida por meio de imagens.

Entretanto, essas imagens nem sempre constituem-se em representações análogas ao fenômeno ou estrutura original que representam, já que a transposição didática das imagens científicas, muitas vezes, requer uma aparente simplificação que distancia a imagem do objeto real, em termos de representação, e essa simplificação pode dificultar a compreensão da mensagem que se quer transmitir.

Considerando, como já afirmamos, que a leitura das imagens não ocorre de forma imediata, senão que por meio de uma aprendizagem específica e somando-se a esse fato a complexidade das imagens construídas com a finalidade de veicular o conhecimento científico, é necessário que se promova o ensino da leitura dessas, a fim de assegurar a eficácia do fenômeno comunicativo. Ignorar essa premissa é advogar a favor de uma comunicação unilateral, o que seguramente não se aplica a um ambiente de sala de aula.

3

AS IMAGENS NO CONTEXTO EDUCATIVO**3.1 As imagens nos livros didáticos**

Antes de discorrer sobre as imagens nos LD, convém delimitar o que se entende por livro didático, nesta pesquisa.

Nascimento (2002, p.13) observa que não há consenso quanto à caracterização e definição desse recurso didático. Assim, a autora propõe uma definição para livro didático que também será usada neste trabalho. Segundo a autora, o LD é considerado

como um recurso didático impresso, que veicula os conhecimentos científicos gerais e didatizados de uma determinada disciplina. É intencionalmente estruturado para se inserir no processo de ensino e aprendizagem como suporte da educação formal, voltado para a instrução individual ou em grupo com vistas à formação do estudante em quaisquer etapas de sua vida escolar, independente de faixa etária.

A escolha por essa definição explica-se por sua amplitude, já que inclui também as apostilas, que são materiais comumente usados em Educação de Jovens e Adultos (EJA)

Considerando a utilização pedagógica e a estruturação intencional do LD, esse contém mensagens que foram concebidas com vistas principalmente a dois destinatários: professores e alunos. Essas mensagens materializam-se na forma de textos e imagens, que mantêm entre si diferentes tipos de relação.

Embora estejamos presenciando um aumento considerável na presença das imagens nos LD, estas sempre fizeram parte dos livros. Quanto à literatura escolar, foi a partir do século XVII que as imagens foram incorporadas aos LD bem como às atividades de divulgação científica (GIORDAN, 1988).

Atualmente, verificamos que desde as séries iniciais do Ensino Fundamental, as imagens acompanham os textos nos livros didáticos de Ciências (LD). Deforge (apud JIMÉNEZ, PRIETO e PERALES,1997) afirma que, desde 1850 até hoje, houve um aumento de dez vezes no espaço dedicado às imagens nos livros escolares.

Essas imagens são dos mais variados tipos: fotografias, esquemas, gráficos, infográficos, desenhos, diagramas, todos elaborados de acordo com as técnicas atuais do desenho e da computação gráfica e inseridas com finalidades diversas, chegando inclusive a influenciar fortemente os professores na escolha do LD, conforme aponta Carneiro (1977) em pesquisa realizada com professores de 1ª a 4ª séries do Ensino Fundamental, em escolas da rede pública de Brasília.

Em um estudo em que analisou livros didáticos ingleses, Martins (1997) observou que, além da crescente utilização dessas imagens e recursos gráficos, verifica-se que também a relação entre texto-imagem nos LD tem-se modificado. De subordinadas ao texto, as imagens passaram a elementos centrais na comunicação científica.

Mais significativo do que o aumento do número de imagens utilizadas na composição das páginas é a mudança na relação entre texto e imagens. Nos textos tradicionais a mensagem principal vinha na forma de texto escrito e as imagens possuíam a função

quase que exclusiva de ilustrar ou auxiliar a visualização, fornecer detalhes, enriquecer ou tornar o texto mais interessante ou atrativo (MARTINS, 1997, p. 295).

A afirmação de Martins pode ser exemplificada pelos LD de Biologia, nos quais o conteúdo referente à fotossíntese é apresentado por meio de textos e imagens, principalmente as imagens do tipo esquema, que veiculam informações que podem ser complementares ao texto ou, em outros casos, equivalentes ou mesmo superiores no que se refere aos conceitos científicos que divulgam.

Assim, o aumento na exploração da linguagem visual e o estabelecimento de novas relações entre as formas de comunicação visual e verbal apontam para a necessidade de empreendermos estudos que visem desvendar as potencialidades pedagógicas da imagem, permitindo a exploração eficiente desse recurso educativo.

3.2 As imagens nos livros didáticos de Biologia

Embora nosso objetivo não seja analisar as imagens presentes nos LD de Biologia, é pertinente estabelecer uma classificação dessa forma de representação para podermos definir a imagem que é o objeto de estudo deste trabalho: o esquema.

A classificação das imagens pode ser feita tendo-se como base diferentes parâmetros, como os seus aspectos morfológicos ou funcionais, por exemplo. Quanto aos aspectos morfológicos, destacam-se as tipologias elaboradas por Fleming e por Knoweton (apud CARNEIRO, 1997). A primeira tipologia categoriza

as imagens segundo atributos como a cor e o tipo de desenho, entre outros. No segundo caso, as imagens são classificadas em realistas (representativas), analógicas (implicam similaridade) e lógicas (diagramas).

Também em relação aos aspectos morfológicos, Jiménez, Prieto e Perales (1997) categorizaram as imagens em figurativas, simbólicas e mistas, considerando os elementos gráficos que as compõem. Em um estudo posterior sobre a análise de LD de Física espanhóis, focando a atenção no conteúdo específico de Mecânica, Perales e Jiménez (2002) aprofundaram esse tipo de análise, introduzindo diferentes variáveis no estudo. Com essa nova perspectiva, diferentes categorias foram estabelecidas, enriquecendo, assim, o campo de estudo sobre as imagens nos LD.

Quanto ao aspecto funcional, esse remete ao papel da imagem em relação ao texto. Carneiro (1997) destaca a classificação de Duchastel (1980) que na perspectiva funcional estabelece três funções básicas que pode apresentar uma imagem: função motivadora, função explicativa e função retencional.

Avançando na classificação funcional das imagens, Amador e Carneiro (1999) propõem quatro categorias de análise para a variável função didática desempenhada pela imagem: função explicativa, função motivadora, função metalingüística e função catalisadora de experiências.

Uma outra variável que permite analisar as imagens diz respeito ao seu grau de iconicidade. Para Moles (1968), iconicidade é uma magnitude oposta à abstração, é a quantidade de realismo contida em uma imagem. De acordo com essa magnitude, o autor elaborou uma escala de treze níveis, que inicia com o maior nível de iconicidade (e o menor nível de abstração), o que corresponde ao

próprio objeto. O último nível da escala corresponde àquele no qual a iconicidade é nula, exigindo o maior nível de abstração, exemplificado por equações, fórmulas e textos.

Tabela 1 – Escala de iconicidade de Moles – Tradução de Maria Helena da Silva Carneiro

Classe	Definição	Critério	Exemplos
12	O próprio objeto	Eventual parêntese no sentido de Husserl.	A vitrine de uma loja. Uma exposição.
11	Modelo bi ou tridimensional (a partir de uma escala).	Cores e materiais arbitrários.	Exibições factícias.
10	Esquema bi ou tridimensional reduzido ou aumentado. Representação modificada (mudança de escala).	Cores ou materiais escolhidos segundo critérios lógicos.	Mapas em três dimensões: globo terrestre, mapa geológico.
9	A fotografia ou projeção realista sobre um plano.	Projeção perspectiva rigorosa, semitons e sombras.	Catálogos ilustrados e afiches.
8	Desenho ou fotografia ditos “sem contornos” (projeção visual do universal aristotélico). Perfis em desenho.	Crítérios de continuidade e de fechamento de forma.	Afiches, catálogos, prospectos e fotografias técnicas.
7	Esquemas anatômicos ou de construção.	Abertura da Carter ou de envelope.respeito à topografia. Arbitrário de valores. Quantificação de elementos ou simplificação.	Corte anatômico, corte de um motor a explosão. Planejamento de cabos para um receptor de rádio. Carta geográfica.
6	Vista “estourada” (éclaté).	Disposição perspectiva das peças conforme suas relações de vizinhança topológica.	Objetos técnicos de manuais de instrução.
5	Esquema de princípio: eletricidade e eletrônica.	Substituição dos elementos por símbolos normalizados. Passagem da topografia à topologia. “Geometrização”.	Plano esquematizado do metrô. Plano dos cabos de um receptor de TV ou uma parte do radar.
4	Organograma ou Block esquema.	Os elementos são caixas pretas funcionais ligadas por conexões lógicas: análise das funções lógicas	Organograma de um empreendimento. “Flow chart” de um programa de computador. Série de operações químicas.
3	Esquema de formulação.	Relação lógica e não topológica num espaço não geométrico entre elementos abstratos. As ligações são simbólicas, todos os elementos são visíveis.	Fórmulas químicas desenvolvidas. Sociograma.
2	Esquema em espaços complexos.	Combinação num mesmo espaço de representação de elementos esquemáticos (flechas, plano, objeto) pertencendo a sistemas diferentes.	Forças e posições geométricas sobre uma estrutura metálica: esquemas de estática gráfica, polígono de Crêmona, representações sonográficas.
1	Esquema de vetores em espaços puramente abstratos.	Representação gráfica num espaço métrico abstrato, de relações entre grandezas vetoriais.	Gráfico vetorial eletrotécnico. Triângulo de Kapp. Polígono de Blondel para um motor de Max-weel. Triângulo de vogais.
0	Descrição em palavras normalizadas ou fórmulas algébricas.	Signos puramente abstratos sem relação imaginável com o significante.	Equações e fórmulas. Textos.

Nos LD de Biologia, o conteúdo referente à fotossíntese é apresentado por meio de textos e imagens que mantêm entre si variados tipos de relações. Revisando as categorias de análise funcional das imagens propostas pelos autores citados, optamos pela utilização de três entre as quatro categorias propostas por Amador e Carneiro (1999), que foram adaptadas a partir dos trabalhos de outros autores. Nossa opção se justifica por considerarmos que as categorias que apresentamos a seguir englobam as funções das imagens que representam os conteúdos científicos sobre a fotossíntese nos LD mais comumente utilizados pelas escolas da rede privada de ensino do Distrito Federal. Dessa forma, as imagens analisadas podem desempenhar as seguintes funções:

Função explicativa: Refere-se às imagens cujo objetivo é facilitar a compreensão e retenção da informação textual. Além disso, podem também oferecer informação adicional.

Função metalingüística: A imagem constitui-se na principal fonte de informação, adquirindo mais importância que a mensagem verbal.

Função catalisadora de experiências: Nesse caso, a principal finalidade da imagem é possibilitar ao aluno o exercício de uma determinada atividade.

Considerando que a maioria das imagens apresentadas nos capítulos referentes à fotossíntese nos LD de Biologia é do tipo esquema, analisando-as segundo a variável grau de iconicidade, de acordo com a tabela proposta por Moles, verificamos que elas demandam um elevado nível de abstração, dada a sua reduzida iconicidade, comparada com outros tipos de imagens presentes nos LD. Esse fato nos remete novamente à questão da necessidade da educação visual. Some-se a isso também a necessidade da atividade de orientação do

professor na leitura dos esquemas pelos alunos, durante o uso desse tipo de imagem em situações de ensino e aprendizagem.

O termo esquema é utilizado para designar diferentes formas de apresentação de mensagens, tais como resumo, quadro de síntese ou um desenho representando as relações entre partes e funções de um dado sistema, entre outras. Considerando o aspecto polissêmico do termo, utilizaremos neste trabalho a definição de Vezin e Vezin (1988, p. 655), segundo a qual um esquema é “uma representação figurada de um conhecimento utilizando formas, dimensões e posições que reproduzem apenas as categorias válidas de um determinado objeto ou fenômeno”. Para os autores, os esquemas são meios de expressão que orientam a atividade cognitiva do estudante desde o início da aprendizagem, respondendo às necessidades básicas de informação.

Os autores destacam três características dos esquemas, com referência à transmissão dos conhecimentos científicos: o valor de generalização, que favorece a seleção da informação expressa no texto, ou seja, facilita a representação não verbal do conhecimento, centrada nas características pertinentes; o valor sinóptico, dado que o esquema possibilita uma apreensão de um conjunto de dados expressos em um texto, bem como as relações entre eles e o valor de objetivação, que possibilita uma visão de conjunto graças a um simbolismo figurativo. Quanto mais próximo do real for a representação esquemática, maior o seu valor de objetivação.

Segundo os mesmos autores, um esquema pode ser descritivo quando evidencia as características tais quais elas efetivamente se manifestam ou explicativo, quando evidencia os princípios subjacentes.

A imagem 9, a seguir, é um exemplo de esquema explicativo que evidencia as relações entre as etapas da fotossíntese no interior de um cloroplasto. Em relação ao texto presente no LD do qual esta imagem foi extraída, ela cumpre uma função explicativa, de acordo com a classificação de Amador e Carneiro (1999).

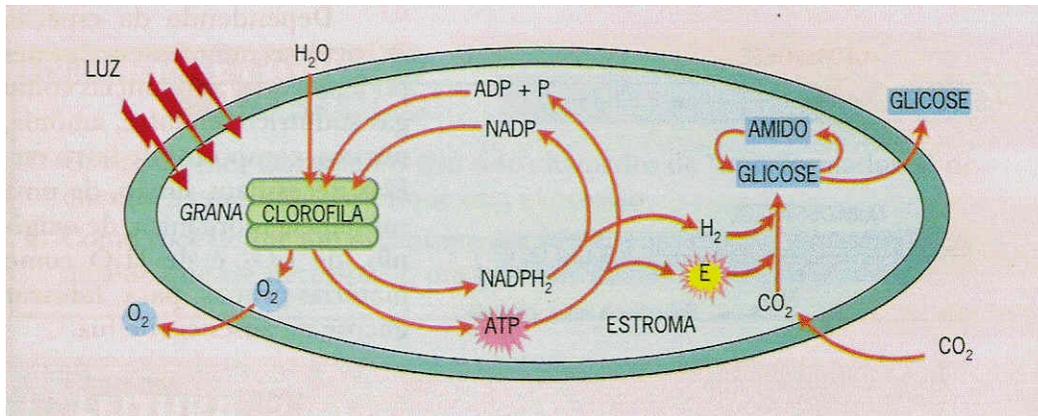


Imagem 9 – Esquema das etapas da fotossíntese no cloroplasto. (Extraída de CÉSAR e SEZAR. *Biologia 1*. 7. ed São Paulo: Saraiva, 2002, p.235)

Considerando os valores de objetivação, sinóptico e de generalização expressos na página anterior, fica evidente a importância da inserção dos esquemas nos LD de Biologia, em especial no que se refere ao ensino e aprendizagem da fotossíntese. É um conteúdo com uma grande quantidade de informações, em que se articulam elementos naturalmente visíveis (folha, por exemplo) e não visíveis (grandezas físicas como a energia, estruturas microscópicas como o cloroplasto) que estabelecem entre si diferentes formas de relação.

3.3 As imagens como objeto de estudo

Considerando que nesta pesquisa buscamos determinar qual o papel pedagógico dos esquemas na compreensão do fenômeno fotossintético, optamos por realizar a revisão bibliográfica em quatro periódicos nacionais relacionados às áreas de educação e de pesquisa em ensino de Ciências: Cadernos CEDES, Educação e Pesquisa, Educação e Sociedade e Investigações em Ensino de Ciências. Em nível internacional, consultamos dois periódicos de língua inglesa: Journal of Science Teacher Education e The American Biology Teacher, também relacionados às áreas citadas acima.

A cobertura temporal da revisão bibliográfica abrangeu os últimos dez anos de publicações (1997 a 2006), o que resultou um total de 637 artigos publicados nos quatro periódicos nacionais mencionados. Efetuamos a busca a partir da leitura do título dos artigos, tendo como palavras-chave *fotossíntese*, *imagens*, *esquemas* ou, ainda, uma combinação dessas palavras. Nos dois periódicos de língua inglesa, obtivemos um retorno de 462 artigos, em cujos títulos buscamos as palavras *images*, *schema*, *scheme*, *photosynthesis* ou uma combinação entre elas.

Não encontramos, entre os periódicos selecionados, nenhum trabalho abordando de maneira específica o tema proposto em nossa pesquisa, ou seja, o uso de esquemas e o ensino e aprendizagem da fotossíntese. Dessa forma, selecionamos dois tipos de trabalho: os que se ocupam do estudo das imagens no ensino das disciplinas relacionadas às Ciências da Natureza e os que têm como foco o ensino e a aprendizagem da fotossíntese e processos correlatos.

As pesquisas centradas no ensino e aprendizagem da fotossíntese são apresentadas no quarto capítulo desta dissertação.

No que tange às imagens, selecionamos um estudo integrado realizado por quatro grupos de pesquisadores, em diferentes países europeus: Ametller e Pintó, na Espanha; Testa, Monroy e Sassi, na Itália; Colin, Chauvet e Viennot, na França; Stylianidou, Ormerod e Ogborn, no Reino Unido. O resultado deste estudo foi publicado no periódico *International Journal of Science Education*, em 2002. Embora não trate de forma específica das imagens do tipo esquema, traz contribuições relevantes para o propósito desta pesquisa, que apresentamos a seguir.

Esse estudo integrado teve como sujeitos alunos cursando o equivalente ao Ensino Médio no sistema educativo brasileiro. Os resultados apontam para dificuldades na interpretação de elementos abstratos, se comparados com as representações de objetos reais. O uso de elementos simbólicos polissêmicos, tais como as setas, podem ser fonte de dificuldades na leitura das imagens que apresentam esses símbolos. As legendas também podem dificultar a leitura de uma imagem, ao promover a contradição entre a interpretação do aluno antes e depois da leitura da legenda, fato que foi destacado pelos autores como importante de ser levado em consideração no momento da elaboração de material didático. O estudo também evidenciou que os estudantes não costumam ler as legendas, a não ser que sejam solicitados a fazê-lo.

Outra dificuldade apontada foi o uso de palavras desconhecidas ou que os estudantes não conseguiam relacionar com o contexto da mensagem visual.

A imagem em si, de acordo com seu arranjo espacial e estrutural, pode gerar dificuldades de leitura e, conseqüentemente, interpretações erradas da mensagem.

Embora lidando com imagens relacionadas ao ensino e aprendizagem de conceitos específicos da Física, os resultados obtidos auxiliaram a análise dos dados em nossa pesquisa.

Um estudo que trata especificamente da imagem do tipo esquema foi empreendido por Carneiro (2004)⁵, objetivando categorizar os esquemas presentes em seis LD da primeira série do Ensino Médio, bem como identificar as relações existentes entre imagem e texto. Os resultados desse trabalho indicam a importância da associação entre o esquema e o discurso oral ou escrito que o contextualize, verbalize e explicita, cabendo ao professor orientar os alunos durante a leitura desse tipo de imagem, destacando as simplificações do processo e as relações entre os elementos que o compõem.

O que foi possível evidenciar nesta revisão é que nosso estudo, focado em um tipo específico de imagem, o *esquema*, se insere em um campo ainda pouco explorado no que se refere à utilização das imagens nos processos de ensino e aprendizagem.

⁵ O estudo, intitulado *Texto e imagens no ensino da fotossíntese*, foi apresentado durante o IV Congresso Internacional BIOED. Riode Janeiro, 13 a 18 de setembro de 2004.

4

A FOTOSSÍNTESE E AS REPRESENTAÇÕES DOS ALUNOS**4.1 O que é a fotossíntese**

Não é nosso propósito neste capítulo apresentar um texto que trate do fenômeno fotossintético abrangendo toda a sua complexidade. No entanto, cabe esclarecer algumas questões relativas a esse assunto para que o leitor entenda porque falamos que os alunos possuem algumas representações sobre a fotossíntese que são equivocadas, do ponto de vista do conhecimento científico.

O processo de fotossíntese constitui o caminho pelo qual quase toda a energia entra na biosfera (RAVEN, EVERT e EICHHORN, 1992). De maneira simplificada, é o processo de produção de matéria orgânica e oxigênio pelas plantas⁶, a partir de substâncias inorgânicas, sendo para tanto necessária a energia luminosa. A fotossíntese ocorre em uma organela da célula vegetal denominada cloroplasto.

Detalhando um pouco mais a explicação acima, mas ainda em um nível geral, a fotossíntese é um processo físico-químico realizado pelos vegetais, no qual esses, a partir da água (H_2O), do gás carbônico (CO_2) e da energia luminosa produzem glicose ($C_6H_{12}O_6$) e oxigênio molecular (O_2).

⁶ As plantas não são os únicos organismos vivos que realizam fotossíntese. As algas e certas bactérias também são fotossintetizantes. Para fins deste trabalho, no entanto, iremos nos fixar na fotossíntese realizada pelas plantas.

Representando esse fenômeno por meio de uma equação, temos:



É muito comum os alunos apresentarem a representação equivocada da fotossíntese como um processo de transformação do gás carbônico em oxigênio. No entanto, sabe-se que todo o oxigênio produzido durante a fotossíntese provém da água. Levando em conta essa informação, haverá uma modificação na equação apresentada. Dessa forma, após o balanceamento de reagentes e produtos, temos agora que a fotossíntese pode ser representada pela equação:



Considerando ainda a necessidade energética envolvida no processo, a fotossíntese pode ser dividida em duas etapas: a primeira, que depende diretamente da energia luminosa, geralmente referida nos LD como etapa ou fase fotoquímica e a segunda etapa, referida como fase química, que não depende diretamente da luz, mas dos produtos das reações da fase fotoquímica, entre eles o ATP e o NADPH₂.

O oxigênio molecular (O₂) é produzido durante a etapa fotoquímica, por meio da fotólise (“quebra”) da molécula de água (H₂O), reação que depende diretamente da energia luminosa.

Da forma como apresentamos, o processo fotossintético parece relativamente simples. No entanto, constitui-se de uma série de reações envolvendo diferentes etapas e, conseqüentemente, diferentes reagentes e subprodutos, além de inúmeras enzimas e substâncias aceptoras.

4.2 As representações e as dificuldades dos estudantes na compreensão do fenômeno fotossintético

É oportuno inicialmente tecer algumas considerações sobre o que consideramos representação neste trabalho. Carneiro (1999) observou, em um estudo sobre as representações do conceito de nutrição vegetal, que diversos termos são utilizados por pesquisadores para referir-se às explicações pessoais utilizadas pela criança de forma a expressar a sua interpretação do mundo no qual se insere. A autora encontrou pelo menos nove expressões empregadas para designar essas explicações: *schemata*; teorias ingênuas; ciências das crianças; esquemas conceituais alternativos, concepções espontâneas, conhecimentos prévios, pré-concepções, concepções e representações.

Neste trabalho, o termo representação é utilizado com o sentido de

expressão da reinterpretação do que é percebido como realidade exterior e interior. Ela emana de uma prática social pois se constitui através da experiência que permite “la mise en place” do sistema cognitivo que a produziu e toma forma graças aos códigos verbais e não verbais onde a origem é também social. (MIGNE, apud CARNEIRO, 1999).

Embora a fotossíntese, como já expusemos na introdução desta pesquisa, seja trabalhada com os alunos em diferentes níveis de complexidade, desde as séries iniciais do Ensino Fundamental, verifica-se comumente entre os alunos a existência de representações equivocadas sobre o tema fotossíntese, sob

diferentes aspectos, que podem constituir-se em obstáculos ao aprendizado deste fenômeno.

Em vinte anos de prática docente, lecionando Biologia e Ciências nas redes pública e particular de ensino, acumulamos vários exemplos das representações sobre a fotossíntese e processos correlatos que acompanham o estudante durante os anos de escolarização básica. Recentemente, lecionando a disciplina Ensino de Ciências Naturais para alunos do curso Normal Superior, tivemos a oportunidade de verificar que essas representações persistem mesmo naqueles já cursando o Ensino Superior. Como muitos deles já se encontram em exercício docente, essas podem ser reproduzidas também por seus alunos. Cabe citar aqui algumas dessas representações referentes ao tema fotossíntese:

- i. Durante o dia a planta faz fotossíntese e respira apenas à noite;
- ii. a fotossíntese purifica o ar porque a planta transforma o gás carbônico em oxigênio;
- iii. a fotossíntese é a respiração da planta;
- iv. a planta respira gás carbônico.
- v. a fotossíntese é a produção de energia pela planta.

Os exemplos citados assemelham-se aos apresentados por Souza (2000) dentre os quais merecem destaque: a função da fotossíntese é purificar o ar para o homem; a clorofila é uma espécie de fortificante; as folhas transformam luz solar em vitaminas úteis; a função do Sol é exclusivamente calórica; alimentos das plantas são o solo, a água e os fertilizantes absorvidos pelas raízes.

A análise desses exemplos mostra que essas representações envolvem outros conteúdos, o que também evidencia equívocos sobre os mesmos, como é o

caso da respiração (i, iii e iv). Também notamos a fragilidade dos conhecimentos acerca da nutrição vegetal, tópico que foi abordado nos trabalhos de Ozay e Oztas (2003) com estudantes de idade entre 14 e 15 anos na Turquia e Kawasaki e Bizzo (1999), com estudantes brasileiros de 5^a a 8^a séries do Ensino Fundamental.

Metodologicamente, esses dois estudos se diferenciaram pela forma como os dados foram coletados. Ozay e Oztas (2003) valeram-se de um questionário composto por sete perguntas, que incluía tópicos como a importância da fotossíntese, respiração, liberação de oxigênio, nutrição vegetal e autotrofismo. Kawasaki e Bizzo (1999) realizaram entrevistas com uma média de 200 perguntas por aluno, utilizando uma técnica que associa a busca pela explicitação e compreensão das idéias dos estudantes à reflexão e reestruturação das idéias, no transcorrer das entrevistas.

O ponto em comum entre os dois estudos, no entanto, foi mostrar que os alunos apresentam pouco entendimento acerca de questões básicas envolvendo a fotossíntese e os processos de nutrição vegetal, como: o papel essencial da fotossíntese no ecossistema, que é visto apenas como um processo de trocas gasosas; a realização de nutrição autótrofa pelas plantas; respiração ocorre com os animais e a fotossíntese com os vegetais.

Recentemente, Barman et al (2006) empreenderam um estudo tendo como participantes 2400 estudantes americanos e canadenses com diferentes níveis de escolaridade básica (correspondendo ao Ensino Fundamental do primeiro ao quarto ciclo e educação infantil, no sistema educativo brasileiro), no qual valeram-se da utilização de entrevista associada ao uso de imagens, objetivando

evidenciar o que os estudantes sabiam sobre as plantas e seus processos de nutrição. Como resultado sobre as necessidades das plantas para o seu crescimento, os pesquisadores apontam que a tendência dos estudantes é atribuir características humanas aos vegetais, o que os leva de certa forma a assumir que o processo de nutrição do vegetal é semelhante à nutrição humana, ou seja, o vegetal retira as substâncias necessárias ao seu crescimento prontas do ambiente, sem considerar que o processo de fotossíntese está relacionado à produção do alimento para o vegetal.

As representações evidenciadas nesses diferentes trabalhos podem ter suas origens, ou estarem sendo reforçadas, por imagens presentes nos livros didáticos, fato este que pode trazer dificuldades no processo de aprendizagem da fotossíntese. Também essas dificuldades podem ocorrer em nível de compreensão dos processos de transformação e transferência de energia envolvidos nas reações da fotossíntese, bem como devido ao grande número de reações, reagentes e produtos envolvidos no processo fotossintético. Além disso, podemos citar o fato de os alunos não relacionarem a fotossíntese à produção de matéria orgânica, e sim à liberação de oxigênio.

Outra dificuldade apresentada refere-se ao fato de os alunos não associarem os conteúdos aprendidos em Química e Física aos fenômenos que ocorrem no interior dos cloroplastos. Os estudantes possuem muitas informações detalhadas sobre aspectos relacionados à fotossíntese, mas não possuem uma visão geral e integrada de todo o processo (EISEN e STAVY, 1992). A complexidade das reações, bem como o grande número de reagentes e produtos

envolvidos no processo fotossintético, também se constituem em fatores que dificultam a compreensão do fenômeno.

Kawasaki (1997) apresenta o resultado de pesquisas sobre a fotossíntese realizadas por diversos autores (JOHNSTONE e MAHMOUD, 1980; FINLEY, STEWART e YARROCH, 1982 e BARKER e CARR, 1989; WAHEED e LUCAS, 1992), que respaldam as afirmações anteriores ao ressaltarem que os processos fisiológicos dos vegetais, nesse caso a fotossíntese, envolvem tópicos de difícil compreensão pelos estudantes, dada a natureza complexa do tema, que envolve a inter-relação entre vários conceitos necessários para a compreensão de aspectos bioquímicos, fisiológicos, de troca de energia e ecológicos.

Tentando dar conta de toda essa complexidade, a maioria dos LD, tanto de Ensino Fundamental quanto de Ensino Médio, utiliza textos descritivos associados a imagens como forma de apresentação dos conteúdos, o que se verifica também na abordagem do tema fotossíntese.

Dessa forma, reiteramos nossa crença na importância da imagem ser explorada em todas as suas potencialidades. Para isso, é necessário que sejam empreendidos estudos, como este que nos propomos realizar com esta pesquisa.

4.3 Pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de estratégias de ensino e aprendizagem da fotossíntese

Conforme já afirmamos, o tema fotossíntese permeia a vida escolar do estudante, desde as séries iniciais do Ensino Fundamental até o final do Ensino Médio. Em alguns casos, o tema faz parte de disciplinas cursadas em cursos

universitários, mesmo por estudantes cuja graduação não seja diretamente ligada à área de Ciências da Natureza. Dessa forma, encontramos pesquisas cujos sujeitos eram alunos do Ensino Médio e também pesquisas entre estudantes universitários. O que esses trabalhos selecionados têm em comum, no entanto, é o fato de partirem da determinação das representações dos estudantes acerca do tema fotossíntese.

Eisen e Stavy (1992) desenvolveram um trabalho com estudantes israelenses cursando o que corresponde ao Ensino Médio no sistema educativo brasileiro. Os autores propuseram uma seqüência de ensino para o conteúdo fotossíntese baseada na apresentação do ciclo da matéria na natureza. Embora carecendo de uma avaliação dos resultados da estratégia proposta, o estudo desenvolvido apontou alguns elementos importantes a serem considerados em nossa análise, que dizem respeito às dificuldades apresentadas pelos estudantes no estudo do tema fotossíntese. Para esses autores, as dificuldades são de origem psicológica e instrucional. No que se refere às dificuldades de origem psicológica, destacam-se: concepção vitalista versus concepção naturalista das entidades vivas, visão antropocêntrica da natureza e falta de integração entre os conhecimentos sobre a fotossíntese, de maneira a formar uma visão geral do processo.

Outro trabalho na mesma linha do anterior é o de Amir e Tamir (1994), também realizado com estudantes israelenses, no mesmo nível de ensino da pesquisa comentada anteriormente. Um diferencial nesse trabalho foi o fato de os autores não se preocuparem apenas com as representações dos alunos sobre

o fenômeno fotossintético. Buscaram também evidenciar as origens dessas representações, com o intuito de melhor compreender o papel que elas desempenham como fatores impeditivos para a aprendizagem significativa. A partir dessa compreensão, foram desenvolvidas atividades cuja finalidade era propiciar aos estudantes a aplicação dos conceitos estudados em diferentes situações, tanto do dia-a-dia quanto no contexto da aprendizagem da Biologia. Para os autores, houve significativa melhora na compreensão do fenômeno após o uso do material instrucional elaborado para diminuir a ocorrência das representações equivocadas, do ponto de vista do conhecimento científico.

Considerando estudantes universitários, duas pesquisas foram realizadas com estudantes australianos. Em 1994, Hazel e Prosser empreenderam um estudo em que buscaram identificar as relações entre as estratégias de estudo de um grupo de estudantes e suas relações com as mudanças conceituais. A metodologia envolveu a utilização de mapas conceituais como ferramenta para evidenciar os conhecimentos dos alunos antes e após o estudo do tema fotossíntese, e a aplicação de um questionário concebido para determinar as estratégias de estudo adotadas por cada estudante. Os resultados apontaram que os estudantes que utilizaram estratégias de estudo que priorizavam o estabelecimento de relações entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos obtiveram melhores resultados na elaboração dos mapas conceituais.

Ainda tendo como público-alvo estudantes universitários australianos, Ross, Tronson e Ritchie (2005) propuseram uma estratégia de ensino composta por uma seqüência de atividades planejadas para aprofundar os conceitos necessários ao entendimento das reações do claro da fotossíntese. Essa estratégia envolveu trabalhos em grupo com a construção de modelos tridimensionais e a subsequente elaboração de esquemas explicativos baseados nesses modelos. O ponto mais relevante desse trabalho foi o foco no nível microscópico das reações do claro, já que, segundo os autores, um problema crítico no ensino e aprendizagem da fotossíntese é que muitos estudantes têm um entendimento limitado de química. Esse estudo apontou para a importância do envolvimento dos estudantes com as atividades propostas, que permitiram a construção passo-a-passo de um modelo das reações que envolvem a presença de luz, facilitando assim a compreensão do fenômeno.

5

METODOLOGIA**5.1 Estudo piloto**

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi definida a partir da análise de um estudo piloto realizado com alunos de uma escola da rede pública de ensino do Distrito Federal, cursando o Ensino Médio.

O estudo piloto transcorreu sob a forma de um mini-curso, realizado no Laboratório de Ensino de Ciências da Faculdade de Educação da Universidade de Brasília. Participaram desse estudo, inicialmente, sete alunos cursando a terceira série do Ensino Médio, na modalidade de ensino regular (seriado 1^a, 2^a e 3^a séries). Desses sete, apenas quatro participaram das três etapas do mini-curso. Todos os participantes foram devidamente informados dos propósitos desse estudo-piloto.

Na primeira etapa, com os objetivos de identificar as representações dos estudantes sobre a fotossíntese, o domínio dos conceitos que esses possuíam acerca do fenômeno fotossintético e evidenciar a presença ou ausência de dificuldades na leitura dos esquemas, valemo-nos de dois instrumentos: um exercício escrito e entrevista individual com a leitura de esquemas representativos da fotossíntese (apêndice A), retirados de LD de Biologia do Ensino Médio. O exercício consistia de seis afirmações, envolvendo conhecimentos básicos sobre a fotossíntese, que deveriam ser julgadas pelos alunos como falsas ou verdadeiras. No caso da afirmação ser julgada falsa, o aluno deveria justificar sua resposta, por

escrito. As respostas dos alunos ao exercício foram reunidas em uma tabela (apêndice B). Quanto às entrevistas, essas foram gravadas em fita cassete e, posteriormente, transcritas. O apêndice C desta dissertação traz a transcrição de uma dessas entrevistas

A seguir, partindo das respostas dadas pelos alunos às questões propostas no exercício e na entrevista, elaboramos o primeiro mapa conceitual sobre a fotossíntese, para cada aluno (apêndice D). Procurávamos, dessa forma, sistematizar os conceitos sobre a fotossíntese, conhecidos pelos alunos, bem como as relações entre esses conceitos.

A segunda fase desse estudo, em que contávamos com a participação de quatro dos sete alunos que iniciaram o mini-curso, consistiu em uma aula, com a duração de três horas. Essa aula foi planejada levando em consideração as representações dos alunos sobre o fenômeno fotossintético, evidenciadas durante a entrevista e o exercício, e suas dificuldades na leitura dos esquemas representativos desse fenômeno, informações obtidas por meio do exercício, das entrevistas e dos mapas conceituais.

No primeiro momento da aula, rerepresentamos aos alunos o exercício respondido por eles anteriormente, analisando com eles os erros e os acertos. Procuramos dessa forma trabalhar os conceitos de fotossíntese, respiração e transformação de energia, além dos reagentes e produtos da fotossíntese, até chegarmos à equação geral do processo fotossintético. No segundo momento, a ênfase da aula recaiu sobre a leitura de esquemas. Dessa forma, além dos esquemas já utilizados nas entrevistas, foram utilizados mais dois (apêndice E), inéditos e também retirados de LD de Biologia do Ensino Médio. O objetivo desse

segundo momento da aula foi atuar de forma a possibilitar aos estudantes a compreensão dos códigos gráficos utilizados na elaboração das imagens e a sua correta interpretação.

Na terceira e última etapa do estudo-piloto, rerepresentamos aos alunos as seis imagens (esquemas) utilizadas na aula e solicitamos a cada um que escrevesse um pequeno texto representando a leitura desses esquemas. Os textos foram reunidos em uma tabela (apêndice F).

A partir das informações obtidas nos textos escritos pelos alunos, elaboramos o segundo mapa conceitual da fotossíntese para cada um dos quatro alunos que participaram de todas as etapas desse estudo-piloto (apêndice D).

A análise do estudo-piloto nos permitiu tecer algumas considerações relevantes para o desenvolvimento desta pesquisa. Foi possível evidenciar, por meio do exercício e da entrevista, algumas representações dos alunos envolvendo a compreensão da fotossíntese. Também ficou claro que os alunos apresentaram dificuldade na leitura dos esquemas, que pareceu-nos ter sido amenizada após a realização da leitura e análise dos esquemas com os alunos, durante a aula.

Salientamos, entretanto, que os resultados obtidos não nos permitiram determinar o papel pedagógico dos esquemas na compreensão do fenômeno da fotossíntese, o que nos levou a uma revisão e modificação na metodologia utilizada. Assim, consideramos pertinente suprimir o uso do exercício, pois acreditamos que esse possa ter induzido o aluno a respostas equivocadas e ao reforço de representações incorretas, do ponto de vista do conhecimento científico. Quanto à entrevista, definimos que a mesma deveria contar com menos

interferência do entrevistador e ter o suporte de apenas dois esquemas, com uma leitura mais aprofundada dos mesmos.

Em relação à duração da aula, concluímos ter sido essa muito longa. Dessa forma, definimos que a mesma teria menor duração e maior participação dos sujeitos pesquisados. Além disso, optamos pela gravação da aula e posterior transcrição, para que pudéssemos efetuar a recuperação de informações importantes reveladas no transcorrer dessa atividade.

Consideramos importante favorecer a ocorrência de negociações de significados entre os estudantes, em relação ao fenômeno fotossintético. Esse fato levou-nos à decisão de realizar atividades que nos permitissem observar e registrar essas negociações.

Quanto à utilização dos mapas conceituais, optamos pela sua manutenção por considerarmos que esses possibilitaram evidenciar e sistematizar as relações entre conceitos envolvidos na compreensão da fotossíntese, estabelecidas pelos alunos.

5.2 Procedimento metodológico utilizado

Considerando o planejamento estabelecido no estudo piloto, realizamos a pesquisa, inicialmente, com 10 alunos voluntários, devidamente esclarecidos sobre o propósito desta pesquisa, cursando o primeiro semestre do curso de Licenciatura em Normal Superior de uma Instituição de Ensino Superior de Brasília

(IES). Trata-se de um curso de formação de professores que irão atuar nas séries iniciais do Ensino Fundamental (1^a a 4^a séries).

Os alunos participantes da pesquisa encontram-se na faixa etária de 18 a 42 anos de idade, tendo concluído a educação básica por meio de duas modalidades de ensino: Educação de Jovens e Adultos (quatro alunos) e Ensino Médio Regular (seis alunos). Desses dez alunos, apenas um encontrava-se em exercício docente, como auxiliar de classe, em turmas de 1^o e 2^o ciclos do Ensino Fundamental (1^a a 4^a séries). Nenhum dos demais participantes exercia atividade relacionada ao exercício docente.

Nossa facilidade de acesso a IES e aos alunos justificou a escolha pelo grupo pesquisado. Além disso, o conteúdo Fotossíntese é desenvolvido na disciplina Ciências Naturais I, integrante do currículo do curso de Licenciatura em Normal Superior.

Esta pesquisa foi desenvolvida em quatro momentos: entrevista, elaboração dos mapas conceituais anteriores às atividades pedagógicas, atividades pedagógicas e elaboração dos mapas conceituais posteriores às atividades pedagógicas. Estes momentos são descritos a seguir.

5.3 Entrevista

Inicialmente, com o propósito de investigar a compreensão dos estudantes sobre o fenômeno fotossintético, realizamos entrevistas individuais, com 10 alunos voluntários, com a média aproximada de 20 minutos cada entrevista. Com a autorização dos alunos, as entrevistas foram gravadas em fita cassete e,

posteriormente, transcritas. Contávamos, nesse momento, com um roteiro de entrevista (ver apêndice G) cuja finalidade foi a de nos orientar quanto à elucidação de questões referentes à compreensão dos estudantes sobre a fisiologia vegetal e sobre a interação planta-ambiente, caso essas não fossem esclarecidas na fala espontânea dos entrevistados.

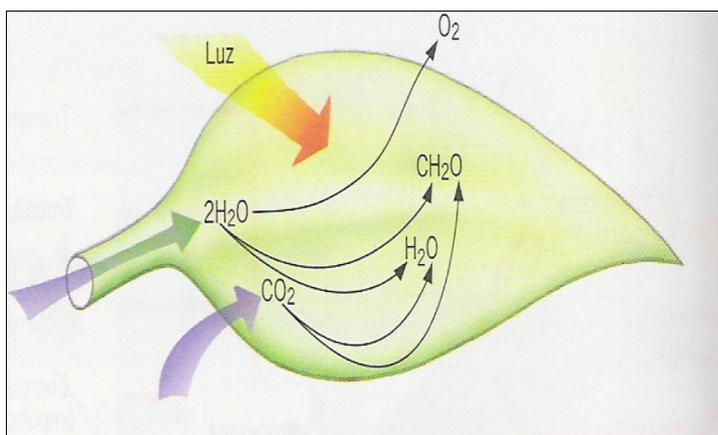
Os alunos que participaram da entrevista foram identificados pela inicial ou iniciais do nome. Assim, participaram da entrevista os alunos identificados por V, D, E, L, PD, PR, T, G, DF e GV. Como pesquisadores, estamos identificados pela letra P.

As entrevistas ocorreram durante o turno normal de aula dos alunos, em uma sala vaga na IES em que os entrevistados estudam. Com a autorização do professor que estava ministrando aulas no momento de cada entrevista, os alunos retiravam-se de sala para participar da entrevista, a ela retornando após o término dessa atividade. A análise das transcrições das entrevistas nos levou à elaboração de categorias de representações, apresentadas na tabela 2 (ver p. 78)

Durante as entrevistas, além das questões preliminares, foram apresentados aos entrevistados dois esquemas que, a partir de agora, serão denominados esquema 1 e esquema 2, para que os alunos procedessem à leitura dos mesmos, explicando os processos representados. Os dois esquemas são mostrados e analisados a seguir. Buscamos, com o suporte dos esquemas, evidenciar os conhecimentos apresentados pelos estudantes sobre a fotossíntese, como usam esses conhecimentos na leitura dos esquemas e como esses conhecimentos estão articulados na explicação do fenômeno fotossintético.

Cada um dos dois esquemas apresentados aos alunos durante a entrevista foi obtido de um livro didático de Biologia do Ensino Médio⁷. Os esquemas foram apresentados aos alunos desprovidos de títulos ou legendas que os identificassem. Optamos por apresentar as duas imagens fora de seu contexto por considerarmos que, estando trabalhando com estudante do ensino superior, o conteúdo referente à fotossíntese já havia sido apresentado a esses alunos. Assim, eles estariam utilizando os seus conhecimentos na leitura, e não baseando-se em informações do título ou da legenda.

Os dois esquemas, doravante denominados esquema 1 e esquema 2, são analisados a seguir.



O esquema 1, ao lado, integra um capítulo intitulado *Os seres vivos e a energia: fotossíntese*. O capítulo inicia apresentando a fotossíntese como um processo de fabricação de açúcar, em que

ocorre a absorção de gás carbônico e produção de oxigênio. Aponta a importância dos açúcares produzidos na fotossíntese para a respiração dos seres vivos. Traz, ainda, informações sobre o local em que ocorre a produção de glicose e as substâncias necessárias para que ocorra o processo. Apresenta um parágrafo relatando simplificada e um experimento que demonstra a origem do oxigênio

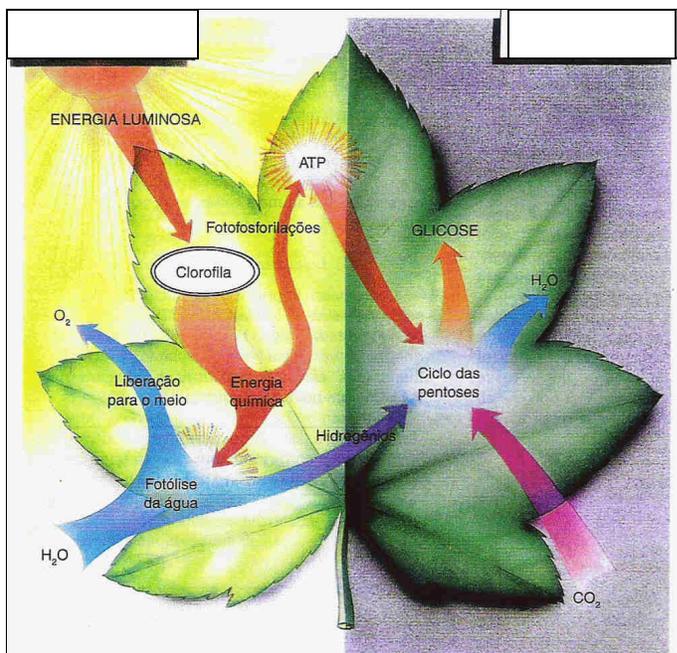
⁷ O esquema 1 foi extraído do livro de CÉSAR e SEZAR. *Biologia*. 7^a ed. São Paulo: Saraiva, 2002. p. 232. O esquema 2 foi extraído do livro de AMABIS e MARTHO. *Fundamentos da Biologia Moderna* – v. único. 3^a ed. São Paulo: Moderna. p. 119.

liberado, a partir da molécula de água. Apresenta uma visão geral do processo fotossintético, dividindo-o em reações de claro e reações de escuro, com as respectivas explicações, sem no entanto detalhar as reações que ocorrem nessas duas etapas. Mostra as equações geral e simplificada da fotossíntese e reserva uma seção para a fotossíntese bacteriana e a quimiossíntese. Ao final, o capítulo contém 3 leituras complementares que se referem à transformação e utilização da energia solar pelos seres vivos, a relação entre fotossíntese e respiração e à produção de ATP pelas halobactérias. No total, o capítulo contém 10 páginas com no mínimo 1 esquema por página. O esquema 1 integra uma parte do capítulo cujo subtítulo é *A origem do oxigênio*, que busca evidenciar que o oxigênio produzido durante a fotossíntese é procedente da molécula de água e não do gás carbônico.

Embora o subtítulo seja *A origem do oxigênio*, a legenda que acompanha o esquema chama a atenção para o destino dos átomos de oxigênio e de hidrogênio na fotossíntese. É interessante observar que a molécula de oxigênio é representada sendo liberada pela folha. No entanto, dependendo do vegetal e da intensidade luminosa a que estiver submetido, o oxigênio produzido na fotossíntese é consumido na respiração, não havendo liberação desse gás para o meio externo.

O esquema enfatiza a absorção de gás carbônico e liberação de oxigênio. Esse fato pode reforçar ou mesmo estar na origem da representação muito comum da fotossíntese como apenas um processo de trocas gasosas entre a planta e o meio.

O texto do capítulo informa que a equação que representa o processo de fotossíntese não esclarece a procedência do oxigênio liberado durante o processo, informação que pode ser obtida a partir da leitura do esquema. Fizemos uma alteração no esquema para a sua utilização em nossa pesquisa. Substituímos a fórmula CH_2O pela fórmula mais comumente utilizada em livros didáticos: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.



O esquema 2, ao lado, faz parte do capítulo cujo título é *Como as células obtêm energia*. O capítulo, com 16 páginas, apresenta a média de 1 esquema por página. A introdução ao tema do capítulo é feita com um pequeno texto que tem como idéia principal a de que os seres vivos obtêm

energia por meio da combustão de compostos de carbono. O capítulo é subdividido em tópicos que trabalham os conceitos de ATP como armazenador de energia; respiração celular; fermentação; fotossíntese; quimiossíntese e respiração anaeróbica.

O esquema acompanha um texto cujo título é *Destino dos produtos da fotossíntese*, que informa o destino da glicose produzida na fotossíntese e destaca a independência dos seres autotróficos, no que se refere à obtenção de alimento. Contrariamente ao texto que acompanha o esquema 1, o texto que acompanha o

esquema 2 já traz a informação de que parte do oxigênio produzido é utilizado pela própria planta e parte é liberada para o ambiente. No entanto, se analisarmos o esquema 2, assim como no esquema 1 não há representação de que parte do oxigênio permanece no organismo produtor. Apenas está representada a liberação de oxigênio para o ambiente externo.

Outra observação em relação ao esquema 2 é a representação da água sendo absorvida pela superfície (lâmina) foliar, sendo que a representação correta seria a da água sendo conduzida pelo pecíolo, conforme ilustra o esquema 1. Este fato pode reforçar a idéia de que os vegetais absorvem a água pela folha, principalmente a da chuva.

Além das observações anteriores, convém salientar que se o aluno não sabe, mesmo que de forma simplificada, o que significa o ciclo das pentoses, a compreensão da produção da glicose também fica comprometida.

5.4 Mapas conceituais anteriores às atividades pedagógicas

Os conhecimentos dos alunos, evidenciados a partir da análise das entrevistas, serviram de base para elaborarmos mapas conceituais individuais correspondentes ao conhecimento sobre a fotossíntese apresentado por cada aluno (apêndice H).

Um mapa conceitual é uma representação esquemática de um conjunto de conceitos interligados por meio de proposições (NOVAK e GOWIN, 1993, p. 15). A organização de um mapa conceitual deve ser hierárquica, de forma que os conceitos mais inclusivos devem ser apresentados no topo do mapa e,

progressivamente, os conceitos mais específicos e menos inclusivos, na parte inferior do mapa.

Os mapas conceituais foram idealizados por Novak, tendo como pressuposto teórico a teoria da aprendizagem significativa. Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a aprendizagem significativa ocorre quando o estudante relaciona, de forma arbitrária e não literal, uma nova informação àquelas já existentes em sua estrutura cognitiva. A aprendizagem significativa é diferente da aprendizagem por memorização, em que os novos conceitos não são relacionados aos conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Os mapas conceituais têm sido utilizados em pesquisa com finalidades diversas: como ferramenta metodológica, podemos citar os trabalhos de Soyibo (1995) e Barros (2005). No trabalho de Soyibo, os mapas conceituais foram utilizados para analisar a apresentação do conceito de respiração em um livro didático do Ensino Médio; já Barros (2005) utilizou os mapas para evidenciar os conhecimentos de um grupo de estudantes do Ensino Médio acerca dos processos de divisão celular. Em uma outra linha, tendo os mapas conceituais como foco da pesquisa, Brown (2003) empreendeu um estudo em que comparou a aprendizagem de um grupo de alunos que construiu, coletivamente, mapas conceituais da fotossíntese e da respiração com a aprendizagem de outros dois grupos de alunos, sendo um constituído por alunos que construíram os mapas individualmente e o terceiro grupo constituído por alunos que não construíram mapas conceituais após a aprendizagem dos conteúdos referentes à respiração e à fotossíntese. O resultado favoreceu o grupo de alunos que realizou a construção coletiva dos mapas conceituais.

Nesta pesquisa, utilizamos os mapas conceituais como ferramenta metodológica, para “visualizar” de que forma os conceitos relacionados ao processo de fotossíntese estavam organizados na estrutura cognitiva dos estudantes. Com esse procedimento, nosso objetivo foi subsidiar o planejamento do próximo momento, as intervenções pedagógicas, que explicaremos a seguir.

5.5 Atividades pedagógicas

Essa etapa ocorreu em três momentos distintos, contando com a participação de oito dos dez alunos entrevistados, já que dois se ausentaram⁸ dos momentos que descrevemos a seguir.

No primeiro momento, ministramos duas aulas conjugadas, com a duração total de 100 minutos. Assim como a entrevista, essas aulas ocorreram na IES onde os alunos estudam. Como suporte para essas aulas, foi utilizado o esquema 2 (p. 66) distribuído para cada aluno e recolhido ao final das aulas, para acompanharem as explicações.

Nosso objetivo foi trabalhar os conceitos necessários à compreensão da fotossíntese, definidos a partir da análise das entrevistas e dos primeiros mapas conceituais. Elaboramos um roteiro de aula (ver apêndice I) em que destacamos tópicos relacionados ao Sol como fonte primária de energia para os ecossistemas, a absorção da energia luminosa pela molécula de clorofila, a relação da fotossíntese com a nutrição autótropa dos vegetais, a origem e o destino do

⁸ As alunas T e G não compareceram à aula nesse dia, tendo dessa forma sido excluídas das demais etapas desta pesquisa, já que os participantes foram inicialmente alertados da necessidade do comparecimento em todas as etapas da pesquisa.

oxigênio liberado na fotossíntese, a origem e o destino do gás carbônico utilizado na fotossíntese, a diferença e as relações entre as reações do claro e do escuro da fotossíntese, a relação planta-solo e planta-ar e a relação fotossíntese-respiração.

O segundo momento das atividades consistiu na elaboração de esquemas, pelos alunos, referentes ao processo fotossintético (apêndice J)

Os oito alunos formaram quatro duplas, escolhidas por eles. A dupla 1 foi formada pelos alunos D e L; a dupla 2, pelos alunos V e E; na dupla 3, tínhamos os alunos PR e PD e, na dupla 4, os alunos DF e GV. Os alunos integrantes das duplas 1 e 3 concluíram o Ensino Médio por meio do ensino regular seriado (1^a, 2^a e 3^a séries). Quanto às duplas 2 e 4, eram alunos oriundos de EJA – Educação de Jovens e Adultos.

Solicitamos a cada dupla que elaborasse um esquema da fotossíntese. Para a realização dessa tarefa, distribuímos entre as duplas folhas de papel em branco e lápis de cor, para que fizessem uso na elaboração do esquema. Como nosso objetivo era o de evidenciar como os alunos utilizavam os conceitos abordados na aula anterior, a fim de obter informações para a elaboração do 2º mapa conceitual, a negociação entre os estudantes de cada dupla, na elaboração do esquema, foi gravada e transcrita (apêndice L). Para evitar a interferência de uma dupla no trabalho da outra, elas foram alocadas, cada uma, em um dos quatro cantos de uma sala de aula. Essa atividade teve a duração de 50 minutos e foi gravada em fita cassete e posteriormente transcrita.

No terceiro e último momento das atividades pedagógicas, os alunos explicaram os esquemas da fotossíntese elaborados por eles, em duplas,

anteriormente. As duplas foram misturadas, de maneira que cada aluno da dupla 1 explicou para um colega da dupla 3 e vice-versa, o mesmo ocorrendo entre as duplas 2 e 4, entre si. O motivo de termos misturado as duplas foi para darmos a todos a oportunidade de se manifestarem, já que no momento da elaboração dos esquemas ficou claro que havia sempre o predomínio da fala de um dos estudantes, em cada dupla.

Cada estudante teve um tempo de 20 minutos para a explicação, que foi também gravada e transcrita, como nos momentos anteriores.

Nessa última atividade, as novas duplas não trabalharam todas ao mesmo tempo. A sala foi ocupada apenas por uma dupla de cada vez, entrando a próxima após a saída da dupla anterior. Procuramos com isso evitar interferências nas gravações, bem como permitir que os alunos pudessem sentir-se à vontade para explicar o esquema para o colega.

Observamos, no decorrer das atividades, que os alunos oriundos da Educação de Jovens e Adultos – EJA – apresentavam mais dificuldade na compreensão do fenômeno fotossintético. Dessa forma, buscamos minimizar essas dificuldades por meio de explicações referentes às dúvidas apresentadas.

5.6 Mapas conceituais após as atividades pedagógicas

A partir dos dados obtidos no segundo e terceiro momentos das atividades pedagógicas, elaboramos o segundo mapa conceitual da fotossíntese, para cada aluno (apêndice M). Para tanto, utilizamos as transcrições das gravações feitas

durante a elaboração e durante a explicação dos esquemas, momentos nos quais obtivemos o registro das negociações ocorridas entre os alunos.

6

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Iniciamos com a discussão dos dados obtidos por meio da entrevista, e que dizem respeito às representações dos alunos, categorizadas na tabela 2 (p. 73), e à leitura dos esquemas. Os dados da entrevista possibilitaram a elaboração do primeiro mapa conceitual da fotossíntese, para cada aluno.

A seguir, analisamos as atividades pedagógicas que ocorreram em três momentos distintos: aulas, elaboração de esquemas e explicação de esquemas. A elaboração e a explicação dos esquemas subsidiaram a construção do segundo mapa conceitual da fotossíntese, para cada aluno.

Encerrando o capítulo, discutimos os resultados da comparação entre os mapas conceituais elaborados antes das atividades pedagógicas e os mapas conceituais elaborados após essas atividades.

6.1 Entrevista

As entrevistas individuais, das quais participaram dez alunos, foram gravadas em fita cassete e transcritas. A análise do conteúdo das entrevistas foi realizada partindo-se da leitura das transcrições e da elaboração de categorias de análise, tanto no que se refere às representações dos estudantes sobre o processo de fotossíntese quanto à leitura dos esquemas (estrutura vegetal

representada, conhecimentos veiculados pelo esquema, aspectos morfológicos das imagens).

6.1.1 Representações

Analisando as falas dos alunos durante a entrevista, podemos perceber que os estudantes possuem idéias isoladas sobre o processo fotossintético (ver tabela 2), tais como a de que a fotossíntese relaciona-se à presença de luz e pigmentos; a fotossíntese utiliza água, luz e gás carbônico; durante a fotossíntese ocorre a liberação de oxigênio.

Tabela 2 - Representações sobre a fotossíntese

Representação	Ocorrências
Fotossíntese relaciona-se à presença de luz	9
Fotossíntese é um processo de trocas gasosas	9
O alimento da planta está pronto no solo	7
Fotossíntese ocorre durante o dia e respiração ocorre à noite.	2
Fotossíntese relaciona-se a pigmentos.	4
Fotossíntese é a respiração da planta.	3
Luz é energia para a planta.	1
Fotossíntese utiliza água, luz e gás carbônico.	2
Luz é alimento para a planta.	2
Fotossíntese produz alimento para a planta.	1

Algumas dessas representações da fotossíntese são equivocadas, destoando do conhecimento cientificamente aceito, como por exemplo a representação de que a fotossíntese é a respiração das plantas. Observamos, também, que os estudantes não articulam seus conhecimentos de forma a estabelecer uma visão integrada do processo fotossintético.

Isso ficou evidente quando, ao serem questionados sobre o porquê de terem identificado o processo representado nos esquemas como sendo a fotossíntese, os estudantes citaram algumas estruturas e substâncias relacionadas ao fenômeno fotossintético, sem no entanto estabelecer relação entre elas.

Verificamos também que quase todos os alunos, 9 entre os 10 entrevistados, relacionaram a fotossíntese à presença da representação da luz nos esquemas. Porém, ao serem questionados sobre a função da luz no processo fotossintético, os mesmos não souberam responder ou, quando o fizeram, apresentaram respostas vagas.

As observações citadas anteriormente são exemplificadas na transcrição a seguir.

Profª: Qual é a importância dessa luz que ela tá absorvendo, que mostra aqui no esquema?

E: Energia pra planta, é responsável pela clorofila, pelo processo de fotossíntese da planta, da pigmentação da planta, da cor ...

Profª: Você saberia dizer especificamente por que ela [a planta] necessita da luz?

E: Eu acho que é o processo ... esse processo mesmo de crescimento, de pigmentação dela que ela, né? Busca energia. E o processo também de reprodução dela ...

Esse resultado, em parte, assemelha-se ao encontrado por Souza (2000), em pesquisa realizada com alunos da 8ª série do Ensino Fundamental. Em levantamento sobre as representações desses estudantes sobre a fotossíntese, Souza (2000, p. 113) apontou que a maioria dos estudantes que participaram da pesquisa “citaram a palavra fotossíntese fazendo uma relação direta da luz com o fenômeno”.

Vale ressaltar que, apesar do resultado semelhante, nossa pesquisa envolveu alunos que já haviam concluído o Ensino Médio. Como já afirmamos, a fotossíntese é trabalhada desde as séries iniciais do Ensino Fundamental e seu estudo se estende até o final do Ensino Médio, sendo apresentada aos alunos sob diferentes aspectos e abordagens. Mesmo já tendo estudado anteriormente, em vários momentos, durante a escolarização básica, os entrevistados não demonstraram conhecimento integrado sobre o fenômeno que lhes possibilitasse elaborar justificativas corretas, do ponto de vista do conhecimento científico vigente. Isso mesmo se considerarmos apenas os aspectos gerais do processo, sem levar em consideração detalhamentos bioquímicos.

Outra questão que é necessário destacar é o entendimento dos alunos sobre a fotossíntese como um processo de troca de gases entre a planta e o meio, desconsiderando sua relação direta com a nutrição vegetal. Em pesquisa realizada com alunos de 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental sobre as representações dos estudantes sobre a nutrição vegetal, Kawasaki e Bizzo (2000, p. 26) afirmaram que “quando os alunos são questionados a respeito do funcionamento da fotossíntese, estes situam-no, basicamente, nas trocas gasosas que a planta realiza com o meio...”.

De forma semelhante, a maioria dos estudantes, 9 entre os 10 analisados, também manifestou esse tipo de representação, como exemplificaremos a seguir.

P: Então você poderia me dizer que esse processo da fotossíntese seria o que, então?

PR: Absorção de carbono junto com ... água ... onde tem a liberação de oxigênio.

P: E você falou que era fotossíntese por quê?

L: Ah, porque tudo ... fotossíntese no caso é ela pegar o gás carbônico e liberar o oxigênio.

P: Por que é que a planta faz a fotossíntese?

G: ... bom ... pra mim, eu acho que é pela necessidade de ta trocando ... gás, né ... troca de gases.

P : Alguma outra evidência no esquema te leva a imaginar que seja a fotossíntese?

D: ... fora isso, não. Porque aqui ele [o vegetal] capta o gás carbônico e libera o oxigênio.

Segundo Amir e Tamir (1994), os gases envolvidos nas trocas gasosas da fotossíntese e da respiração são conhecidos pelos estudantes, o que parece induzi-los a situar os dois processos no nível de meras trocas gasosas, sem referência aos complexos processos bioquímicos envolvidos. Eventualmente, poderia levar à representação de que a fotossíntese é a respiração das plantas.

Considerando as relações entre a planta e o solo, de maneira geral os estudantes apontaram para a importância do solo por este possuir os alimentos que o vegetal necessita para sua sobrevivência. Entendem assim que o vegetal retira seu alimento pronto do solo demonstrando, desse modo, o desconhecimento da natureza autotrófica da nutrição vegetal, fato este que ficou evidente na fala de 7 dos 10 participantes desta pesquisa. Apenas 1 aluno afirmou que a fotossíntese produz alimento para a planta. Não foi possível evidenciar o conhecimento desse tópico na fala dos outros 2 alunos.

Os trechos das entrevistas, selecionados e transcritos a seguir, podem ilustrar o que afirmamos.

P: Você sabe me falar a importância do solo para o vegetal?

D: “Sem o solo o vegetal não vive, ele tira do solo nutrientes, água... tudo que ele precisa ele tira do solo menos a energia solar.”

P: E a alimentação da planta, ocorre da mesma forma que a alimentação do animal?

E: “Ela necessita do alimento, da terra, ela retira o alimento da terra, ela precisa de água. No caso ela absorve [o alimento] da terra.”

P: Qual a importância do solo pra planta?

PD: É o alimento dela.

P: O alimento dela é o solo?

PD: É o solo.

Analisando as representações dos alunos sobre a relação planta-solo, bem como as representações sobre a fotossíntese como processo de trocas gasosas, inferimos que os estudantes não associam a fotossíntese aos processos fisiológicos de nutrição vegetal por que, para eles, o alimento já vem pronto do solo.

Barman et al. (2006) fazem uma análise dessa representação em um estudo que buscou determinar as idéias de alunos do Ensino Fundamental sobre as plantas e seus mecanismos de crescimento. Concluíram que os estudantes atribuem características antropomórficas às plantas, ou seja, consideram que as necessidades e formas de nutrição das plantas em muito se assemelham às deles próprios. Exemplificam com a idéia de que, para os estudantes, as plantas “comem”, “bebem” e “respiram” (no sentido de inspirar e expirar).

Considerando que as representações sobre a relação planta-solo e fotossíntese como processo de trocas gasosas estão intimamente relacionadas, a

origem de ambas pode estar no discurso do professor, que enfatiza a importância da fotossíntese como processo de produção de oxigênio, deixando em segundo plano a relação da fotossíntese com os processos de nutrição vegetal.

Da mesma forma, os esquemas que ilustram o fenômeno fotossintético, apresentados nos livros do Ensino Fundamental, tornam muito evidente essa questão da troca de gases quando representam por meio de setas a entrada do gás carbônico e a saída do gás oxigênio. Quando se trata, no entanto, da nutrição vegetal, esses mesmos esquemas não trazem a questão da produção do alimento de forma objetiva. Geralmente utilizam a expressão “seiva bruta” e “seiva elaborada”, que nem sempre remetem à noção de água e sais minerais, no caso da primeira expressão e água e produtos orgânicos, no caso da segunda, ou seja, não indicam de forma clara que, para que ocorra a transformação da seiva bruta em elaborada é necessário que o vegetal realize, entre outros, o processo de fotossíntese.

Avançando ainda, é comum que esses esquemas indiquem a seiva bruta ascendendo da raiz para as partes superiores do vegetal, especificamente as folhas, e a seiva elaborada descendo das folhas até a raiz. Não se trata de um erro, se considerarmos que isso realmente acontece. Mas não é apenas isso. A seiva elaborada é distribuída para todo o vegetal, não apenas para a raiz.

Ainda em relação aos esquemas apresentados nos livros do Ensino Fundamental, é comum que o vegetal seja representado por uma planta terrestre, cujas raízes retiram água e minerais do solo. Nesse caso, caberia ao professor questionar seus alunos quanto ao que deve ocorrer com as plantas aquáticas e

com as epífitas, em termos de nutrição, cujas raízes não se encontram em contato com o solo.

Considerando os livros do Ensino Médio⁹, a questão é ainda mais complexa, já que a fotossíntese é trabalhada sob diferentes enfoques: metabolismo energético; ciclos biogeoquímicos; cadeias alimentares; fisiologia vegetal. Assim, o aluno se depara com diferentes esquemas para representar aspectos diferentes relacionados ao mesmo fenômeno, com graus de complexidade variável mas que, no entanto, requerem do aluno conhecimentos que nem sempre ele domina e que se relacionam à Biologia, à Física e à Química, conforme apontaram Eisen e Stavy (1992), em um estudo com estudantes do Ensino Médio, em Israel. Para esses autores, o fato de os alunos carecerem de conhecimentos básicos de Química, aliado às representações equivocadas dos estudantes nessa área do conhecimento, constitui-se em uma dificuldade para o aprendizado do conceito de fotossíntese. Além disso, consideram que as representações sobre a respiração e energia também dificultam a aprendizagem da fotossíntese.

Não estamos defendendo a idéia de que, para ser possível o entendimento do fenômeno em sua totalidade, o aluno deva apresentar pré-requisitos. No entanto, esses conhecimentos deveriam ser abordados nos textos dos livros didáticos de Biologia, no mínimo em um nível que permita compreender o processo. Além disso, o professor deveria abordar o assunto considerando que ao aluno possivelmente falem esses conhecimentos básicos e desenvolver

⁹ Esta informação foi obtida a partir dos livros de LOPES, S. *Bio*, vol. 1 e 2; CÉSAR e SEZAR. *Biologia*, vol. 1, 2 e 3; AMABIS e MARTHO. *Fundamentos da Biologia Moderna*, vol. 1, 2 e 3; UZUNIAN e BIRNER. *Biologia*, volume único.

estratégias instrucionais que permitam uma abordagem integrada das três áreas – Biologia , Física e Química ao trabalhar com o tema fotossíntese.

O que se verifica é que há uma nítida separação em relação ao que compete à Biologia, à Física e à Química. Conforme indica Souza (2000), ao mesmo tempo em que a Biologia não pode se reduzir à Física ou à Química, não pode também prescindir delas, já que, do ponto de vista molecular, a Biologia em nada se distingue dessas outras duas ciências no que se refere à análise de sistemas inertes. Entretanto, essa análise muda ao considerarmos os sistemas vivos, já que uma organização geralmente apresenta propriedades que não existem no nível molecular.

Assim, fragmentar o conhecimento do fenômeno talvez seja uma das explicações para o aluno apresentar, da mesma forma, conhecimentos também fragmentados sobre o fenômeno e dificuldade para elaborar explicações envolvendo todos esses conhecimentos. O que ficou evidente é que os alunos apresentaram idéias sobre o processo de fotossíntese que, claramente, podem ser identificadas com a abordagem dada ao fenômeno em Nível de Ensino Fundamental.

Quanto à questão da relação entre fotossíntese e respiração, evidenciamos que ainda predominam as representações de que a planta realiza fotossíntese durante o dia e respira apenas à noite; que a fotossíntese é a respiração das plantas ou, ainda, que são processos opostos. A esse respeito, Kawasaki e Bizzo (2000, p.26) manifestaram que “esta freqüente oposição entre fotossíntese e respiração tem conduzido à idéia de que os animais respiram e plantas não, uma vez que elas realizam fotossíntese e os animais não [...]”. Parece haver um

entendimento que, ao realizar um processo, não há a necessidade de realizar o outro, pois os dois se equivalem.

P: Durante a noite, o vegetal respira?

DF: Também não tenho certeza. Durante o dia sim, porque é o processo de fotossíntese...

P: Então, eu entendi que você falou que ela respira dia e noite, e ela faz fotossíntese quando tem luz?

T: É.

P: Então, fotossíntese é uma coisa e respiração é outra?

T: Pode ser que... pode ser que a fotossíntese é o processo de respiração da planta.... mas eu não tenho certeza."

A origem dessa confusão pode estar, conforme sugere Barrass apud Hazel e Prosser (1994), no uso de equações para apresentar de forma resumida os processos de respiração e fotossíntese, que podem levar o aluno a compreender a respiração e a fotossíntese como processos alternados, que não podem ocorrer simultaneamente ou que não podem ocorrer no mesmo indivíduo. A maioria dos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio, ao tratar dos dois temas, respiração e fotossíntese, valem-se dessas equações para representar de forma resumida os dois processos. Também o fato dos textos enfatizarem que os reagentes de um processo são os produtos do outro, leve os alunos a considerarem os dois fenômenos como equivalentes ou alternativos um ao outro.

É pertinente transcrevermos um fragmento de um texto intitulado Fotossíntese X Respiração, retirado de um livro de Biologia do Ensino Médio, para ilustrar o que afirmamos anteriormente.

As plantas produzem alimento orgânico pela fotossíntese e o gastam na respiração. A intensidade com que esses dois processos normalmente ocorrem, no entanto, não é a mesma. Durante o dia, as plantas absorvem

gás carbônico e devolvem oxigênio. À noite, pelo contrário, elas absorvem oxigênio e devolvem o gás carbônico, processos típicos da respiração. [grifo nosso] Como se explica esse fenômeno?

Inicialmente, repare que as equações dos dois processos são inversas quanto às substâncias envolvidas: na respiração há consumo de glicose e de oxigênio; na fotossíntese ocorre produção dessas duas substâncias. Na respiração são produzidos gás carbônico e água; na fotossíntese, essas substâncias servem de matéria-prima. (CÉSAR E SEZAR 2002, p. 237)

Embora na seqüência do texto os autores acrescentem a informação que a respiração também ocorre durante o dia, o trecho transcrito e grifado acima pode originar ou reforçar a representação de que a fotossíntese ocorre durante o dia e a respiração ocorre apenas à noite. As cinco últimas linhas do trecho transcrito reforçam a idéia de oposição entre os dois processos, o que se verifica também no título: Fotossíntese X respiração. O uso da letra X indica *versus*, oposição.

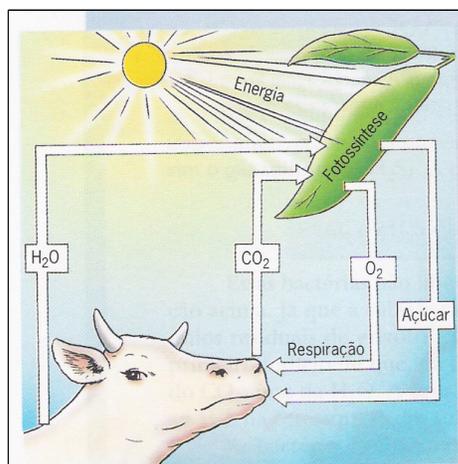


Imagem 10 – Esquema ilustrando a relação entre fotossíntese e respiração. (CÉSAR e SEZAR. *Biologia*. v.1. São Paulo: Saraiva, 2002.

Ainda exemplificando, o texto transcrito anteriormente é acompanhado de um esquema, a imagem 10, ao lado.

O esquema representa, corretamente, a liberação de água (H_2O) e gás carbônico (CO_2), produtos finais da respiração, pelo animal. Essas duas substâncias são utilizadas pelo vegetal na fotossíntese, culminando na produção de oxigênio (O_2) e glicose (açúcar),

o que também pode ser lido no esquema. No entanto, a utilização do oxigênio e do carboidrato (“açúcar”) no processo de respiração está representada como um processo que ocorre apenas no animal. Na realidade, tanto animais quanto

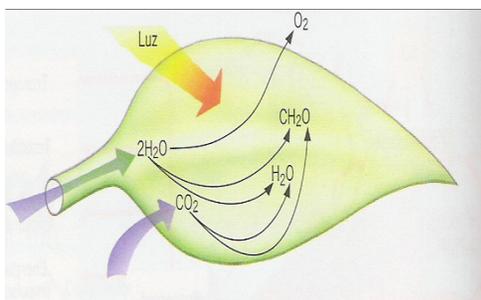
vegetais realizam a respiração celular, que é igual nos dois organismos. Cabe informar que o esquema acima representado vem acompanhado de uma legenda, que informa a respeito de não estar representada “a respiração dos organismos clorofilados, que é idêntica a dos animais”. Embora a legenda traga esta informação, devemos atentar para o fato que nem sempre o aluno lê as legendas, a não ser que seja orientado para fazê-lo (AMETLER e PINTÓ, 2002).

6.1.2 Leitura dos esquemas

Dois aspectos importantes a serem considerados nesta pesquisa relacionam-se à dificuldade de leitura dos esquemas e às diferentes interpretações desses esquemas apresentados durante as entrevistas. Esses dois aspectos foram categorizados e discutidos a seguir.

6.1.2.1 Quanto à estrutura vegetal representada

Embora a maioria dos alunos tenha interpretado o esquema 1 (apresentado a seguir) como a representação de uma folha, para dois alunos essa representação não ficou explícita (um deles não associou com uma folha e o outro teve dúvida quanto ao que o esquema representava), conforme ilustram a seguir as transcrições de trechos das entrevistas.



Esquema 1, apresentado durante a entrevista

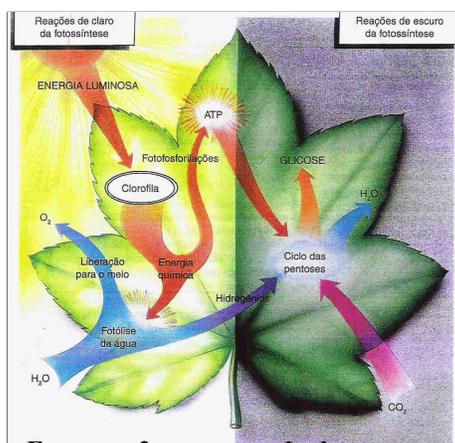
P: Eu vou pedir pra você que faça uma leitura da imagem 1 pra mim. O que você tá lendo, o que a imagem te diz, descreve essa imagem pra mim.

V: No momento eu to vendo aqui é ... uma bexiga né [a aluna refere-se à representação da folha no esquema 1] ... uma bola refletindo uma luz amarela [...].

P: Da forma como eu pedi pros seus colegas, eu também vou pedir pra você ler esse primeiro esquema pra mim, o esquema 1. O que você tá lendo, o que o esquema tá te trazendo?

DF: Bom, eu to vendo uma ... um desenho parecido com uma folha, né [...].

Considerando o esquema 2, representado a seguir, também observamos que 1 aluno apresentou dúvidas quanto ao fato de estar representando uma folha, conforme transcrição abaixo.



Esquema 2, apresentado durante a entrevista

P: Você vai ler o esquema e vai dizer que processo tá ocorrendo aí nesse esquema 2.

DF: acho que é um processo semelhante...

P: Processo semelhante a...?

DF: Á fotossíntese.

P: Por quê?

DF: Porque no caso aqui ... é uma folha. Tá parecendo que é uma folha também, né ... recebe luz do Sol ... energia....

Ainda em relação ao esquema 2, a seta que parte da expressão *energia química*, apontando para a expressão *fotólise da água*, tem sua extremidade envolvida por uma representação raiada, semelhante a que aparece em volta da sigla *ATP*. Essa representação é comumente utilizada, nos livros didáticos, para indicar *energia*. No entanto, a aluna V atribuiu outro significado para essa representação. Para ela, esses raios representam “gotículas de água”.

V: Tem o Sol aqui, né, e a folha ela tá ... com a pigmentação assim mais clara ... tá mostrando que tem água aqui nessa folha, né, deve ser partículas de água ...

P: Como é que você tá vendo que tem água?

V: É que tá escrito aqui, tem umas gotículas aqui ...

P: São esses raios coloridos aí, em cima da palavra fotólise da água?

V: Isso.

O que fica claro com esses exemplos é que o significado atribuído às imagens apresentadas não foi igual para todos os entrevistados.

Nota-se, ainda, que os alunos vêem elementos que não estão representados graficamente. Se observarmos o esquema 1, não há nenhuma representação de uma “bola refletindo uma luz amarela”, como foi afirmado pela aluna V. O esquema apresenta a associação entre um elemento verbal (a palavra luz) e um elemento gráfico (uma seta amarelo-alaranjada) para representar a incidência da luz sobre a folha. Inferimos que a aluna V associou a palavra luz à imagem do Sol como uma bola, forma como essa estrela costuma ser representada em imagens do cotidiano.

Este dado, associado ao fato de que a mesma aluna identificou o esquema 1 como uma “bexiga” ao invés de uma folha, é um indicador de que houve a mobilização de conhecimentos e experiências prévias da aluna na leitura das imagens apresentadas, mesmo que não sejam relacionadas diretamente com o conhecimento representado.

O resultado assemelha-se ao encontrado por Ametller e Pintó (2002), em pesquisa realizada com estudantes espanhóis do Ensino Médio. O estudo, que buscou evidenciar as dificuldades dos estudantes na leitura de imagens, mostrou

que alguns estudantes tendem a adicionar idéias referentes a suas representações na interpretação das imagens.

Em estudo semelhante, conduzido por Stylianidou, Ormerod e Ogborn (2002), com crianças inglesas e também com foco nas dificuldades dos estudantes na leitura de imagens presentes em livros didáticos de ciências, os pesquisadores destacam que as respostas das crianças indicam que no momento da leitura elas trazem um conjunto de idéias que contribuem para as suas interpretações, mas nem sempre de uma forma que as auxilie nessa tarefa.

6.1.2.2 Quanto aos conhecimentos veiculados pela imagem

No esquema 1 são apresentados alguns dos reagentes e produtos do processo fotossintético, por meio de suas respectivas fórmulas químicas. Dos dez alunos entrevistados, três não identificaram essas substâncias devido ao desconhecimento de suas fórmulas, fato que ficou evidente na fala de um dos alunos transcrita a seguir.

P: Vou solicitar ao E agora que faça a leitura da imagem 1. Que ele descreva para mim o que ele tá lendo nessa imagem.

E: Bom, a folha no caso [...] absorve duas moléculas de hidrogênio [o aluno estava se referindo a duas moléculas de água]. Da mesma forma que ela absorve essas moléculas de hidrogênio e oxigênio, ela se alimenta também de, de, de ... cloro [o aluno refere-se à molécula de glicose]?

P: E essa outra seta roxa, tá vindo o quê?

E: É o gás carbono com duas de oxigênio [referindo-se ao gás carbônico], né?

De acordo com a escala de iconicidade¹⁰ elaborada por Moles, as fórmulas, equações e textos são alocadas no último nível dessa escala, que corresponde às imagens com o menor nível de iconicidade e, por isso, exigem um nível de abstração em sua interpretação que nem sempre é alcançado pelo leitor. Dessa forma, é pertinente considerar, na elaboração de um esquema, a substituição das fórmulas pelos respectivos nomes das substâncias representadas ou, ainda, a utilização conjunta de nomes e fórmulas químicas. Nesse sentido, estaríamos minimizando as dificuldades de leitura, desde que o aluno conheça o significado dos elementos verbais que serão utilizados nessa elaboração.

É importante também considerar, na utilização de esquemas no processo de ensino e aprendizagem, a complexidade desse tipo de imagem, que é determinada pela quantidade de informações que contém. Para Vezin e Vezin (1988), a atividade interpretativa do sujeito é guiada não apenas pelas características do esquema, mas também pelas representações do sujeito acerca do conteúdo representado pelo esquema. Assim, os autores destacam a importância do auxílio do professor na leitura dessas imagens, principalmente quando os alunos não dominam os conhecimentos básicos relacionados ao conhecimento representado.

¹⁰ Apresentada na tabela 1, p. 45.

6.1.2.3 Quanto aos aspectos morfológicos da imagem

Outro aspecto importante nesta análise diz respeito à interpretação dos alunos para determinados aspectos morfológicos utilizados na elaboração dos esquemas.

Embora o esquema 1 apresentado durante a entrevista represente alguns dos reagentes (água e gás carbônico) e produtos (glicose, água e oxigênio) da fotossíntese por meio de suas fórmulas, uma das alunas realizou a leitura do esquema com base principalmente no atributo cor. Durante a entrevista, afirmou ter ocorrido uma “modificação do ar” não com base na leitura das fórmulas apresentadas, e sim com base na diferença de tonalidade da cor verde utilizada no esquema, conforme destacamos abaixo, em uma passagem da entrevista.

V: Aqui tá tendo uma modificação nesse oxigênio aqui, né?

Tá tendo modificação, né? Que nem tem essa ... essa flechinha [flechinha no caso é uma das setas no esquema] aqui tá mostrando o oxigênio de um lado ...

P: O que que te indica a modificação? A flechinha? Onde é que você tá vendo que houve uma modificação?

V: É ... é onde tá tendo a modificação mesmo, né? E tá ... tá até mais claro também, né, onde tá bem mais claro, tem um tom ... uma tonalidade verde, né ... e aonde tá claro tá me mostrando que tá ocorrendo uma mudança, né? Tá ocorrendo uma mudança do ar [grifo nosso] que está lá dentro ...

Dondis (2003, p. 64) destaca a importância da cor para os comunicadores visuais, já que, como elemento da comunicação, a cor está

“impregnada de informação e é uma das mais penetrantes experiências visuais que temos todos em comum”.

De fato, a cor faz parte de nosso cotidiano e não são poucos os exemplos em que a diferença na tonalidade de uma cor, ou mesmo a diferença entre cores, na natureza, indica uma modificação: folhas jovens geralmente apresentam tonalidade verde claro, enquanto que o envelhecimento de uma folha acarreta modificação no tom da cor verde e, até mesmo, a mudança de cor da folha em plantas caducifólias¹¹. Essa experiência visual, prévia, pode ter influenciado a leitura que a aluna apresentou para o esquema.

É possível também que a escolha pelo elemento gráfico cor, em detrimento de outros elementos presentes no esquema, como as fórmulas, deva-se ao desconhecimento, pela aluna, do significado dessas fórmulas. Esta inferência encontra suporte nos resultados da pesquisa de Ametller e Pintó (2002, p. 291), já referida anteriormente. Para esses autores:

[...] os estudantes lêem seletivamente (grifo nosso) os elementos verbais incluídos na imagem. Os elementos negligenciados aparentam ser aquelas palavras não reconhecidas pelos estudantes.

Embora os autores estejam se referindo a elementos verbais, podemos transferir esses resultados para a nossa pesquisa, no que se refere às fórmulas químicas apresentadas.

Outro dado a ser levado em consideração na fala transcrita acima refere-se ao fato de a aluna ter interpretado que estava ocorrendo uma mudança

¹¹ Caducifólias são as plantas que perdem suas folhas em determinadas épocas do ano.

“do ar que está lá dentro”. O esquema representa a absorção de gás carbônico atmosférico e também de água que chega à folha por meio do pecíolo. No entanto a aluna referiu-se apenas a presença de ar. Consideramos que essa leitura apresenta ligação direta com o fato de a aluna ter interpretado a representação de folha como sendo a de uma bexiga (balão), o que a induziu a considerar que no interior da folha (para a aluna ‘bexiga’) existisse ar.

Dessa forma, temos novamente uma indicação de que o leitor mobiliza conhecimentos anteriores na leitura das imagens. Assim sendo, se ele não domina ou não possui alguns conhecimentos básicos, não consegue ler a mensagem contida na imagem.

Ainda em relação ao elemento gráfico cor, o esquema dois apresenta a metade direita escura, como forma de salientar a ocorrência de um conjunto de reações do processo fotossintético que não necessitam diretamente da luz, embora não ocorram na sua ausência.

Estas reações são denominadas de “reações do escuro” e correspondem à etapa em que o dióxido de carbono é fixado com a formação de carboidratos.

Resultou, no entanto, que 4 alunos consideraram o escurecimento da metade do esquema como um indicador de período do dia, no caso noite, como pode ser explicitado nos exemplos a seguir.

P: Eu vou passar pra segunda imagem, pra você agora fazer a leitura dessa segunda imagem pra mim, a imagem 2. O que você tá vendo, que processo está aí representado ... O que tá te mostrando?

E: Mostra aqui no claro, né, a energia do Sol ... e aqui à noite.

P: Por que você fala claro?

E: Por que aqui tem a energia do Sol iluminando, né? E aqui ta em negro [referindo-se ao lado direito do esquema 2, que apresenta-se com a coloração mais escura que o lado esquerdo.]

P: [...] que mais você vê nesse esquema [o esquema dois]?

PD: Ta de dia e de noite.

P: Por que você ta dizendo de dia e de noite?

PD: Porque aqui ta claro, né ... a energia luminosa ta entrando e aqui não ta [referindo-se ao lado direito do esquema dois] ... mas mesmo assim ... a planta continua trabalhando.

Este dado reforça a afirmação de Dondis (2003), já citada, acerca da importância da cor para os comunicadores visuais, e que acreditamos também se aplicar ao processo de ensino e aprendizagem.

Em um estudo sobre a cor como informação, Guimarães (2000, p. 92) explica a construção cultural da simbologia das cores e destaca a oposição preto-branco por meio de um exemplo retirado de um texto bíblico:

Disse Deus: Haja luz; e houve luz. E viu Deus que a luz era boa; e fez separação entre a luz e as trevas.

Para Guimarães (p. 92), “em oposição ao preto, o branco é a cor da vida e da paz [...] a luz como origem de todas as formas e o preto como fim (carvão, cinzas)”. No caso do esquema dois, possivelmente houve a associação do lado claro com a luz (presente durante o dia). O lado escuro, por sua vez, pode estar associado às idéias de ausência de luz, portanto, como na citação bíblica, trevas (noite). Também a expressão “energia luminosa” escrita do lado esquerdo do esquema 2, envolta por uma tonalidade amarelada, comumente utilizada na

representação do Sol, tenha induzido os alunos a interpretar que o lado esquerdo do esquema representava o dia (presença do Sol). Em contrapartida, o lado direito, escuro, estaria indicando a noite.

Os dois exemplos citados alertam para a importância do uso adequado da cor como elemento de comunicação. Dessa forma, é mais um tópico a ser considerado na construção de esquemas utilizados no contexto educativo.

Uma das representações relacionadas aos processos de nutrição vegetal, em discordância com o conhecimento cientificamente aceito, é a de que a respiração vegetal ocorre apenas à noite. Esse desconhecimento acerca da respiração vegetal foi apontado no trabalho de Souza e Almeida (2000, p. 101):

[...] estudantes consideram que a respiração das plantas é alternada em diferentes horários do dia. Se há luz a planta libera oxigênio, se não há luz a planta libera gás carbônico, desconhecendo que a respiração dos vegetais acontece nas 24 horas do dia.

Em nosso trabalho, o desconhecimento a que se referem as autoras ficou evidente na fala de um dos entrevistados, como exemplificamos a seguir.

P: Nós que somos animais, fazemos a fotossíntese?

D: De certa forma, sim. Levando prum lado assim que ... a gente capta o oxigênio e libera o gás carbônico.

P: Nós captamos o oxigênio e liberamos o gás carbônico ... E que processo é esse?

D: Respiração. No caso seria o inverso da fotossíntese, não? Que capta gás carbônico e libera oxigênio.

P: E a planta faz esse processo inverso, que é captar o oxigênio e liberar o gás carbônico?

D: Somente à noite.

Haslam e Treagust (1987) também salientam essa falta de entendimento, evidenciada em uma pesquisa em que desenvolveram um instrumento para diagnosticar as representações de alunos australianos cursando o final do Ensino Fundamental e início do Ensino Médio, considerando o sistema educacional brasileiro. Para os autores, as duas maiores representações equivocadas dos estudantes nesse nível de ensino relacionam-se à falta de entendimento da relação entre respiração e fotossíntese e a falta de entendimento sobre quando a planta respira.

Acreditamos na possibilidade de que essa falta de entendimento pode ter sua origem ou ser reforçada por ilustrações presentes em livros didáticos, assim como ocorreu com o esquema dois nesta pesquisa. Com base nessa observação, alertamos novamente para o cuidado na elaboração das imagens que veiculam o conhecimento científico, utilizadas no contexto educacional, e para a importância do acompanhamento do professor no momento da utilização de um esquema pelo aluno.

Além da diferença de cor entre os lados direito e esquerdo do esquema, a forma de apresentação da informação dentro do esquema, ou seja, a organização espacial dos elementos de composição da mensagem também influenciam na forma de leitura. Como é comum nas culturas ocidentais, a leitura de um documento segue o sentido da esquerda para a direita, a não ser que o leitor seja orientado a um procedimento diferente. Assim, o que vem “antes” é representado à esquerda e o que vem “depois”, à direita. No caso do esquema dois, esse sentido da leitura pode dar a noção temporal de que o que está representado do

lado esquerdo ocorre antes e o que está representado do lado direito ocorre depois.

Considerando especificamente as etapas do processo de fotossíntese representadas no esquema dois, o arranjo da informação pode levar o leitor a interpretações como: as reações do claro acontecem primeiro e, ao término destas, ocorrem as reações do escuro (as reações ocorrem ao mesmo tempo, de forma dinâmica); o *antes* pode dar a idéia de dia e o *depois*, a idéia de noite. Nesse caso, o leitor poderia associar as reações do claro, representadas do lado esquerdo como as que ocorrem antes, durante o dia e, de forma equivalente, as reações do escuro, representadas à direita, viriam depois, à noite. Os vários sentidos das setas utilizadas no esquema também podem dificultar a leitura.

A seta é um elemento gráfico que pode ser utilizado com diversas finalidades: indicar temporalidade (antes e depois); indicar transferência (de A para B, por exemplo); indicar quantidade (largura da seta), indicar direção e sentido, entre outras. No entanto, essa polissemia de um elemento gráfico pode induzir a interpretações equivocadas da mensagem que se quer transmitir por meio do uso de um elemento como a seta, por exemplo. Durante a leitura do esquema 1, o aluno DF demonstrou dúvida quanto à leitura da seta utilizada para indicar a absorção do CO₂ (gás carbônico) pela folha.

DF: A fotossíntese é um processo que envolve luz, calor ... produção de ... glicose, né, no caso é um alimento ... pras plantas.

P:[...] que mais?

DF: E produção de ... não sei se é produção ou absorção... de CO₂ ... acho que é absorção...

P: Lê pelo esquema, se é produção ou absorção ... talvez o esquema

tenha a resposta pra você.

DF:... me parece que ... produção.

P: Onde é que você vê produção?

DF: Aqui, na seta ...

P: Essa seta roxa ta te indicando produção?

DF: É, pelo que eu posso ver.

Ametller e Pintó (2002) alertam para o fato de que essa possibilidade de as setas poderem representar diferentes idéias tornar-se uma fonte de problemas. Em estudo com alunos espanhóis, referente à leitura de imagens envolvendo conceitos relacionados à energia, os autores apontam que, para alguns casos, não houve dificuldade na interpretação do significado das setas utilizadas em imagens apresentadas aos estudantes. No entanto, os mesmos alunos tiveram dificuldade em atribuir o significado de *transferência de energia* a algumas setas. Ao invés dessa interpretação, os estudantes que participaram da pesquisa atribuíram às setas não o significado de *transferência*, e sim o significado de *energia*. Para esses pesquisadores, a interpretação dada pelos estudantes em cada caso depende tanto das idéias prévias quanto dos atributos presentes na imagem.

Em estudo semelhante, focando na leitura de imagens de óptica, Colin, Chauvet e Viennot (2002) alertam para o fato de que as imagens podem induzir a interpretações equivocadas de um fenômeno representado, citando como pontos críticos a ambigüidade na leitura de elementos simbólicos como se fossem reais e a similaridade dos símbolos utilizados. Apontam também para a importância dos professores estarem a par das dificuldades dos alunos na leitura de imagens.

Os resultados da leitura dos esquemas pelos alunos, considerando a classificação de Peirce para os signos, baseada na relação entre o significante e o objeto representado, permitem-nos fazer duas inferências no que diz respeito ao papel desempenhado pelos esquemas na aprendizagem do conceito de fotossíntese: no que se refere à identificação da estrutura vegetal representada, os esquemas 1 e 2 desempenharam o papel de signos icônicos, uma vez que a maioria dos alunos identificou os esquemas como a representação de uma folha, o que indica uma relação de analogia; no que diz respeito ao processo representado, os esquemas desempenharam o papel de índices, uma vez que a maioria dos alunos identificou que os esquemas representavam a fotossíntese a partir da identificação da representação da luz nos esquemas.

6.2 Mapas conceituais com base nas entrevistas

A análise das entrevistas forneceu elementos que subsidiaram a elaboração de um mapa conceitual de cada um dos alunos, referente ao processo de fotossíntese.

Os mapas conceituais possibilitaram “visualizar” a organização dos conceitos, bem como a relação entre eles. Dessa forma, a partir da análise desses mapas conceituais, foi possível tecer algumas considerações que orientaram o planejamento das duas aulas subseqüentes às entrevistas.

Convém salientar que as aulas foram planejadas com base nas entrevistas feitas com os dez alunos que participaram inicialmente da pesquisa. No entanto, optamos por apresentar a análise dos mapas conceituais dos oito alunos que participaram de todas as etapas deste estudo: PD, PR, D, L, E, V, DF e GV. Inicialmente, convém observar que apenas o aluno DF relacionou a fotossíntese à nutrição vegetal e à produção de glicose. Ficou evidente que, para os demais alunos, o vegetal retira os nutrientes necessários à sua sobrevivência do solo. A maioria, porém, situou o processo de fotossíntese no nível de trocas gasosas apenas, sendo que a metade (4 alunos) citou a liberação do oxigênio no processo

Observamos, ainda, que apesar de sete alunos (PD, L, PR, DF, V, E, GV) terem relacionado a presença da luz ao processo de realização da fotossíntese, quando questionados sobre a função da luz no processo, apenas dois, E e PD, estabeleceram relação entre luz e energia.

Outro aspecto que merece ser comentado é a relação entre a fotossíntese e a respiração. Dois (L, PD) entre os oito alunos consideraram que a fotossíntese corresponde à respiração do vegetal. Entre os demais, três alunos (DF, D, PR) consideraram a fotossíntese e a respiração como dois processos distintos, sendo que o aluno D entende que a respiração do vegetal ocorre apenas durante a noite. Outra observação em relação ao aluno D refere-se ao fato de que o mesmo citou a transformação da seiva bruta em seiva elaborada pelo vegetal. No entanto, o aluno não evidenciou estabelecer relação entre essa transformação e o processo de fotossíntese. A análise da entrevista não nos forneceu elementos que nos permitissem inferir que o aluno relaciona os nutrientes provenientes do solo à seiva bruta; a água à seiva bruta e a nutrientes e o gás carbônico a nutrientes.

A relação entre nutrientes, água, gás carbônico e oxigênio também não foi estabelecida pelos alunos PR e DF, apesar de ambos terem utilizado a expressão “nutrientes” durante a entrevista.

Observamos, ainda, que apenas os alunos PD e E fizeram alusão à presença da clorofila no processo fotossintético. No entanto, não foi evidenciada nenhuma relação entre luz e clorofila.

Em relação à primeira etapa desta pesquisa, é possível tecer algumas considerações referentes aos conhecimentos dos estudantes em relação ao fenômeno da fotossíntese.

Primeiro, salientamos que os alunos que participaram da pesquisa, embora sejam estudantes do ensino superior, possuem conhecimentos isolados, elementares e incompletos sobre a fotossíntese, a ponto de alguns deixarem de estabelecer relações aparentemente evidentes, como luz e clorofila; fotossíntese e luz; água e nutrientes; gás carbônico, oxigênio e ar.

Outro fato que deve ser destacado é a persistência, mesmo após vários anos de escolarização básica, de representações de senso comum, como a de que o gás carbônico é transformado em oxigênio e a representação de que a fotossíntese corresponde à respiração da planta ou, ainda, que o vegetal respira apenas à noite.

6.3 Atividades pedagógicas

Esta segunda etapa da pesquisa se processou em três momentos distintos: aulas, elaboração de esquemas em duplas e explicação dos esquemas. Esses três momentos são detalhados a seguir.

6.3.1 Aulas

Esta fase do trabalho constitui-se de duas aulas conjugadas, com a duração de 50 minutos cada uma, das quais participaram oito dos dez alunos entrevistados. Como o objetivo desta pesquisa é determinar o papel dos esquemas na compreensão do fenômeno fotossintético, centramos esta etapa do nosso trabalho na utilização desse tipo de imagem.

Escolhemos utilizar nas aulas o esquema 2 por considerarmos que, além de reunir as informações presentes no esquema 1, ainda acrescentava outras necessárias à compreensão do fenômeno de fotossíntese.

Dessa forma, com base na análise dos mapas conceituais elaborados a partir das informações coletadas nas entrevistas, selecionamos os tópicos que seriam abordados nas aulas, com o objetivo de trabalhar os conceitos necessários à compreensão da fotossíntese.

As duas aulas foram expositivas¹², com a participação dos alunos. Para que os alunos se sentissem mais à vontade para participar, procuramos evitar o modelo de aula em que o professor posiciona-se à frente da turma, em pé. Assim, optamos por uma organização em círculo, com todos os participantes - pesquisador e alunos - sentados à mesma mesa.

Inicialmente, como os alunos já haviam manifestado em conversas informais o interesse em conhecer o "resultado" da entrevista, se haviam "se dado

¹² A aula foi centrada na exposição do conteúdo veiculado pela imagem, cuja leitura foi feita pelo professor-pesquisador com a participação dos alunos.

bem", informamos a eles algumas observações que consideramos relevantes: a maioria havia identificado o processo representado nos esquemas 1 e 2 como fotossíntese; de maneira geral, identificaram como um processo que ocorria com as plantas; não houve consenso se o processo representado ocorria durante o dia ou à noite.

Após essa conversa inicial, distribuímos quatro cópias do esquema 2 para que os alunos acompanhassem, em duplas, as explicações durante as aulas. Optamos pela utilização do esquema em duplas para suscitar discussões entre os alunos, no decorrer das aulas, em relação às informações veiculadas pela imagem.

Iniciamos explicando que a palavra fotossíntese encerrava o significado de *produção de matéria orgânica* com a utilização da *energia luminosa*, e citamos vários processos que ocorrem com os seres vivos e que demandam algum tipo de energia: batimento cardíaco, produção de frutos, reprodução, absorção de água e minerais pela raiz.

A seguir, questionamos os alunos sobre a fonte primária de energia na biosfera:

P: Pois bem, a fonte primária de energia nos ecossistemas, e isso nós já falamos em ecologia, a fonte primária na biosfera, no nosso planeta, qual é?
GV, D, DF, PR: A luz solar.

A resposta dos alunos revelou que os mesmos não fazem distinção entre forma de energia (luz) e fonte de energia (Sol). Conforme já apontamos anteriormente, a compreensão da fotossíntese demanda conhecimentos que são

normalmente abordados em outras disciplinas, não apenas a Biologia. Conceitos relacionados à Física e à Química desempenham papel fundamental na compreensão desse fenômeno. Assim, é imperativo que o professor de Biologia conheça as representações dos estudantes acerca dos diferentes conceitos envolvidos.

Em relação às representações do conceito de energia, Assis e Teixeira (2003, p. 50), trazem uma reflexão relevante para este trabalho. Segundo esses autores:

[...] as considerações encontradas em diferentes pesquisas apontam que as noções fundamentais de energia não são triviais de serem tratadas no cotidiano escolar. Uma série de dificuldades relacionadas à aprendizagem do conceito de energia parece estar presente. Algumas concepções do senso comum corroboram neste sentido, dentre as quais: a energia associada ao movimento, à atividade ou aos processos; a não distinção entre formas e fontes de energia (grifo nosso); a não compreensão da transformação, conservação, transferência.

Além do conhecimento das representações dos estudantes sobre o conceito de energia, o professor deve questionar o seu próprio conceito de energia, para que ele mesmo, professor, não se constitua em fonte de representações equivocadas. Considerando, como já afirmamos no decorrer deste trabalho, que a compreensão da fotossíntese envolve diferentes áreas do conhecimento, questionamos se a formação do professor de Biologia o instrumentaliza para o ensino de um fenômeno tão complexo quanto a

fotossíntese. E aqui emerge novamente a reflexão sobre a necessidade de um trabalho integrado dos professores de Física, Química e Biologia na abordagem de um tema indiscutivelmente interdisciplinar e que, normalmente, é tratado apenas no âmbito da Biologia.

Outro questionamento que merece ser feito é sobre a quantidade de informações e o nível de detalhamento com que é tratado o fenômeno, que de maneira geral é apresentado aos alunos no início do Ensino Médio. E aqui nos apoiamos novamente na reflexão de Assis e Teixeira (2003), quando esses autores alertam para a dificuldade de tratar o conceito de energia no cotidiano escolar. Não estaríamos, ao apresentar uma avalanche de informações ao mesmo tempo em que desconsideramos a complexidade e abrangência do fenômeno fotossintético, reforçando a aprendizagem puramente mecânica, em detrimento de um ensino que priorize a aprendizagem significativa?

Eisen e Stavy (1992, p.340) já se manifestaram acerca desse assunto. Para os autores, muitas informações sobre o processo da fotossíntese, tais como detalhes das relações entre clorofila, carboidratos e proteínas, não são necessárias para o conhecimento da fotossíntese, em nível de ensino básico. Nesse caso, “o excesso de informação contribui para a formação de representações equivocadas”.

Continuando com a apresentação da aula, o evento seguinte foi associar a fotossíntese às cadeias alimentares, enfatizando o papel dos vegetais como organismos autótrofos, produtores de matéria orgânica nos ecossistemas.

Feitas essas considerações iniciais, passamos a ler o esquema com os alunos, explicando os eventos que ocorrem na fotossíntese, com base nas

informações apresentadas no esquema 2. Para tal, procuramos seguir a leitura do esquema 2 a partir da seta que representa a entrada de água (H_2O) na folha, no lado esquerdo da imagem, até chegar à leitura da metade direita da imagem, com a entrada do gás carbônico (CO_2) e a produção da glicose.

A partir da leitura do esquema, foi possível trabalhar conceitos como o de fotólise, que no caso da fotossíntese ocorre com a água, liberando o oxigênio molecular para a atmosfera ou para o uso do vegetal na respiração. Nesse momento, aproveitamos para ressaltar que o oxigênio liberado durante a fotossíntese é proveniente da água, e não da transformação do gás carbônico (CO_2) em oxigênio molecular (O_2).

Uma passagem interessante das aulas relaciona-se ao questionamento feito pelo aluno E, que comentamos em seguida.

E: Professora, eu vou fazer uma pergunta, mas é fugindo um pouco do assunto. A cobra é o símbolo da medicina por que ela come o veneno da noite (grifo nosso). Esse veneno da noite é o CO_2 , é o gás carbônico?

P: Não sei, E, porque eu nunca tinha ouvido falar nisso. Eu acredito que não, porque o CO_2 ... por que ele seria o veneno da noite? Ele poderia então ser o veneno do dia? Por que ele seria um veneno? Sem o CO_2 o vegetal não produz glicose.

E: Porque à noite tem um maior acúmulo.

P: À noite acumula mais gás carbônico ...

E: É, e ela (a cobra) dorme de boca aberta chupando o ... gás carbônico, absorvendo ...

GV: Então não é liberado mais gás carbônico durante o dia, por causa dos carros ...

P: Considerando a liberação pelos vegetais, durante à noite ele é como qualquer outro ser vivo, pois ele continua respirando. Durante o dia ele também respira, só que durante o dia, devido à presença da luz, além de respirar ele também faz fotossíntese. Então durante o dia ele respira e

faz fotossíntese. E se a taxa de fotossíntese é maior que a de respiração, e isso depende da intensidade luminosa, então ele produz mais oxigênio, certo, do que na verdade ele libera gás carbônico...

D: Então ao mesmo tempo que ele ta fazendo fotossíntese ele ta liberando gás carbônico?

P: Sim, ao mesmo tempo que ele ta fazendo fotossíntese e liberando oxigênio ele vai ta respirando e liberando gás carbônico. Só que, na maior parte das vezes, o gás carbônico que ele produz na respiração nem é liberado, ele já usa diretamente pra fotossíntese.

A mesma idéia do gás carbônico como veneno também foi observada em um estudante da educação infantil, em pesquisa realizada por Barman et al. (2006), o que nos indica a persistência das representações, evidenciada pela semelhança entre o discurso de uma criança em início de escolarização e o de um adulto que já completou a escolarização básica.

Como ilustra o diálogo transcrito, aproveitamos para, na mesma oportunidade, trabalhar a questão da respiração ocorrer dia e noite, também nos vegetais, e a fotossíntese ocorrer em presença da energia luminosa.

Finalizando esse momento das intervenções pedagógicas, buscamos chegar à compreensão da finalidade da fotossíntese – a produção da glicose – e à identificação das substâncias necessárias a sua realização – água e gás carbônico – sem detalhismos bioquímicos.

6.3.2 Elaboração de esquemas

Esta etapa das intervenções pedagógicas, que ocorreu três dias após as aulas, consistiu em um trabalho realizado em duplas. Contávamos com a participação de oito alunos, distribuídos em quatro duplas¹³.

Após a distribuição de uma folha branca de papel A4 e lápis coloridos para cada dupla, solicitamos aos alunos que elaborassem um esquema para representar o processo de fotossíntese, que seria usado por eles para explicar o processo para os colegas de outra dupla, no momento seguinte do trabalho.

Gravamos e transcrevemos os diálogos entre os integrantes de cada dupla durante a elaboração do esquema, pois nos interessava o registro e a análise das argumentações utilizadas por cada aluno durante essa atividade. Esses dados foram utilizados na elaboração do segundo mapa conceitual de cada aluno, referente à fotossíntese.

Apresentamos a seguir os esquemas elaborados pelas quatro duplas, com as respectivas análises.

6.3.2.1 Esquema elaborado pela dupla D-L

No esquema elaborado pela dupla D-L, a representação da folha guarda semelhanças com a representação da folha no esquema dois, utilizado durante as entrevistas e as aulas. É interessante observar que a dupla representa a entrada

¹³ Salientamos que as duplas foram formadas por livre escolha dos alunos participantes, não ocorrendo interferência da pesquisadora nesse momento (ver p.74).

de água na folha por meio do pecíolo, o que é o correto, enquanto no esquema 2 (p. 66) a entrada da água é representada ocorrendo pela lâmina foliar. Este equívoco do esquema dois foi comentado nas aulas. Partindo da representação do Sol, há três linhas: uma contínua, reta, e duas contínuas onduladas. A linha reta parte do Sol e chega à clorofila, cuja função atribuída pela dupla foi a de retenção de calor, conforme está representado no esquema. Notamos aqui que ainda persiste a representação de que as plantas, assim como os animais, aproveitam o calor do Sol. Não é um equívoco, mas as plantas utilizam também a energia luminosa. Durante a elaboração do esquema, a dupla travou o seguinte diálogo quanto à presença da clorofila e sua relação com o calor do Sol.

D: É bom deixar claro , que essa parte aqui, depende extremamente da luz, essa parte ... depende da luz solar, a fotólise da água.

L: E a clorofila? Coloca ela.

D: É o que retém o calor do Sol. Então coloca: a clorofila retém o calor para que ocorra a transformação.

A idéia de representar a clorofila no esquema partiu da aluna L. Considerando o primeiro mapa conceitual, a aluna incluiu esse novo conceito em sua explicação sobre a fotossíntese, embora tenha estabelecido uma relação não válida entre clorofila e calor. Fazemos essa inferência com base no fato de a aluna não ter questionado o colega D quando esse solicitou que ao esquema fosse acrescentada a informação que “a clorofila retém calor.”

Sobre o aluno D, notamos que ainda não ficou claro para o aluno que a energia utilizada pela planta é a luminosa. Em outro momento da elaboração, o aluno D reitera essa representação da utilização do *calor* do Sol.

D: Olha aqui, pra ver se ta faltando alguma coisa: A clorofila, o ATP, o calor proveniente do Sol (grifo nosso), e aí, ocorre a quebra ... da molécula de H₂O, onde o O₂, que é o oxigênio é liberado pra atmosfera...

Há ainda outro indicador de que, apesar de ter acrescentado a presença da clorofila na realização da fotossíntese, a dupla D-L ainda não relacionou luz e clorofila: as duas linhas onduladas, ligando a representação do Sol à fotólise da água. No esquema, abaixo da palavra fotólise, foi representado um pequeno quadrado azul. Do lado externo da representação da folha, há uma legenda indicando que o quadrado azul significa: “depende da luz solar”. Assim, a dupla compreendeu o conceito de fotólise como um processo que depende da luz solar (embora na realidade não se restrinja apenas à luz solar), indicando a liberação de oxigênio molecular para o exterior da folha e hidrogênio para o ciclo das pentoses.

Em relação à utilização de novos conceitos na elaboração do esquema, observamos que no canto superior direito do esquema há a informação de que a glicose é o alimento da planta, o que nos leva a concluir que a dupla não está mais centrada na idéia da fotossíntese apenas para a produção de oxigênio. Esse fato indica que já houve um avanço em direção à compreensão do fenômeno da fotossíntese como um processo relacionado à nutrição autotrófica do vegetal.

Tendo em vista a análise do esquema e considerando as informações que os alunos utilizaram em sua elaboração, podemos tirar algumas conclusões em

relação à compreensão do processo de fotossíntese pela dupla D-L. Primeiro, comparando com o resultado das entrevistas, que serviram de base para a elaboração do primeiro mapa conceitual, observamos que houve ampliação no uso de expressões relacionadas ao processo fotossintético, como: ciclo das pentoses, fotólise, clorofila, ATP, glicose, com o uso adequado de terminologia específica.

Destacamos ainda a semelhança entre o esquema elaborado pela dupla e o esquema utilizado nas intervenções pedagógicas, o que pode indicar maior retenção da informação apresentada visualmente do que aquela apresentada oralmente. A base para essa afirmação está na representação do O_2 sendo expelido da folha, da mesma forma em que está representado no esquema apresentado durante as aulas, embora tenhamos salientado nas aulas que, a partir da fotólise da água, é liberado oxigênio tanto para a atmosfera quanto para uso do próprio vegetal.

As negociações nos forneceram evidências de que os alunos já empregavam novos conceitos em suas explicações sobre o processo fotossintético.

6.3.2.2. Esquema elaborado pela dupla PR-PD

A dupla PR-PD optou pela elaboração de dois esquemas, que chamamos de esquema A e esquema B, a seguir. Acreditamos que a opção pela elaboração de dois esquemas deveu-se ao fato de o esquema 2 utilizado durante as aulas

estar nitidamente dividido em duas metades: direita e esquerda, evidenciadas pela diferença de coloração entre elas.

É pertinente acrescentar que, inicialmente, a dupla teve dúvidas quanto à elaboração do esquema. No diálogo entre as alunas, há o questionamento da aluna PD quanto à elaboração de um esquema para ser utilizado com alunos da 1ª série do Ensino Fundamental. Esta dúvida das alunas pode justificar a representação do Sol com características antropomórficas (óculos, boca e nariz).

A exemplo da dupla anterior (D-L), os esquemas A e B construídos pela dupla PD-PR também guardam bastante semelhança com o esquema 2 utilizado durante as aulas. Nos dois casos, tanto em relação à dupla PD-PR quanto à dupla D-L, essa semelhança é visível não só no que diz respeito à representação da folha, mas também à distribuição espacial dos elementos constituintes do esquema, como setas, palavras e fórmulas.

Quanto ao processo de fotossíntese, há indicadores que as alunas utilizaram novos conhecimentos sobre esse assunto na construção dos esquemas A e B, e que foram trabalhados durante as aulas. Dentre esses, podemos citar a fotólise da água, originando oxigênio; a incidência da luz sobre a clorofila; a presença do ATP durante a realização da fotossíntese e a produção de glicose.

Entretanto, apesar de utilizarem novos conceitos na elaboração dos esquemas, a análise dos dois esquemas nos permite inferir que ainda não ficou claro para as alunas a relação entre luz e clorofila, nem entre clorofila e ATP, questões que foram trabalhadas durante as aulas. Inferimos também, a partir da análise dos esquemas e do diálogo entre as alunas, que elas ainda não estabeleceram relações válidas entre a clorofila e as transformações energéticas

ocorridas durante o processo de fotossíntese. Se observarmos os esquemas, notamos que há uma representação da luz incidindo sobre a clorofila (seta amarela). Partindo da clorofila, há duas setas: uma apontando para o ATP e a outra para a palavra fotólise, o que também assemelha-se ao esquema 2 usado nas aulas. No entanto, notamos que sobre cada uma destas setas está escrita a palavra luz, sem nenhuma referência à transformação da energia luminosa em energia química, durante a fotossíntese. É interessante também notar a diferença na largura das três setas amarelas que representam a luz, que pode indicar que as alunas estabelecem algum tipo de distinção entre a relação da clorofila com a fotólise e entre a relação da clorofila com o ATP, que não nos foi possível diferenciar devido à polissemia deste elemento simbólico (a seta), o que já foi comentado anteriormente neste trabalho.

O fato de nós, como professores, apresentarmos dificuldades na interpretação de um elemento tão utilizado como a seta, serve de alerta para ficarmos atentos ao uso desse recurso de comunicação com os nossos alunos, posto que pode gerar diferentes interpretações e, conseqüentemente, erros na compreensão da mensagem veiculada pelo esquema.

Há ainda outro indicador de que as alunas ainda não estabeleceram relação entre fotossíntese e transformação de energia. Analisando o esquema B, notamos que nele está representada a substância ATP, da qual parte uma seta onde lê-se a palavra luz. Esta é uma relação não válida, já que a molécula de ATP não libera energia luminosa. O diálogo que ocorreu entre as alunas, transcrito a seguir, ilustra o que afirmamos.

PD: Bem aqui fica ATP. Aqui a gente coloca luz solar ... Desenha!

[...]

PR: ATP você tem que colocar aqui, né, pra ilustrar ... que ela tá guardando energia do Sol ... tá retendo essa energia.

PD: Porque ATP tem que ficar bem aqui, pra demonstrar que tá retendo energia daqui, pra gente passar pro outro esquema. [...] Aí nesse aqui tem que colocar que como o ATP guardou a energia, o ATP vai fazer o papel do Sol, vamos dizer que vai ...

PR: O ATP vai jogar energia ...

PD: A energia que ele guardou, que ele acumulou ...

Nota-se que, durante o diálogo, não há nenhuma alusão à transformação de energia e sim ao armazenamento de energia na molécula de ATP.

Quanto ao processo de fotólise da água, as alunas fizeram uso da palavra fotólise na construção do esquema, indicando que a fotólise é “algo”, um processo, intermediário entre a água e a liberação de O₂ (oxigênio), o que nos permite inferir que as alunas já identificam que as moléculas de oxigênio liberadas durante a fotossíntese provêm da água. Porém as negociações ocorridas durante essa construção nos permitem inferir que a aluna PD não compreende o conceito de fotólise, no processo de fotossíntese. Para PD, fotólise é a *quebra da energia*. Quanto ao mesmo conceito, observamos que a aluna PR já apresenta uma compreensão diferente, que se aproxima do conceito cientificamente aceito. A aluna já relaciona as substâncias oxigênio e hidrogênio ao processo de fotólise e, esse último, à presença da luz.

P: A fotólise é um processo. Que processo é a fotólise?

PD: Quebra de energia do Sol ...

PR: É a quebra de oxigênio e hidrogênio. E isso acontece através da luz.

Quanto à compreensão da fotossíntese como um processo de produção de matéria orgânica, no caso a glicose, o diálogo estabelecido pelas alunas e o esquema B elaborado pela dupla nos indica que as alunas já avançaram na compreensão desse conceito, já que durante a entrevista nenhuma delas referiu-se à fotossíntese como um processo relacionado à nutrição vegetal e à produção de glicose. Assim, infere-se que as alunas já não compreendem a fotossíntese como um processo no qual ocorre apenas a troca de gases. A negociação transcrita a seguir apóia essa afirmação.

PD: [...] eu acho melhor esse ATP aqui pra cá, P, mostrando que ele ta guardando energia pro segundo processo ... que vai ser o da alimentação, né, da glicose ...

[...]

PR: Aí tem que colocar o CO₂ entrando, né? Aí eu coloco a setinha vindo pra cá e tipo a glicose bem aqui assim, ó!

PD: A glicose é o alimento da planta, né?

PR: É.

PD: [...] A gente não pode esquecer que a fotossíntese não é só pra liberar oxigênio, é o processo de ...

PR e PD: Alimentação.

6.3.2.3 Esquema elaborado pela dupla E-V

À exemplo das duas duplas já analisadas (PR-PD; D-L), também a dupla E-V elaborou um esquema semelhante ao esquema dois utilizado na entrevista e nas aulas.

É pertinente observar que também dupla representa a entrada de água pelo pecíolo, corretamente, embora o esquema represente de forma equivocada a entrada da água pela lâmina foliar. No entanto, inicialmente a dupla representou a

entrada de água pela lâmina, por meio de um traço verde que parte do exterior para o interior da folha. O diálogo travado entre a dupla indica a intenção de corrigir essa parte do esquema:

E: Então vamo embora ... H₂O a água sobe pelo caule, né....

V: Aqui tem uma célula não tem uma célula aqui?

E: Qual é a célula? Recebe água na verdade ela entra por aqui, né?

V: É, isso, isso...

E: Ela entra você pode até tirar ela daqui, porque na verdade ela entra ... ela vem por aqui, né, pelo caule....

V: É, ela entra por aí. E a célula, o raio do Sol vem, bate aqui e bate na célula primeiro...

Um outro fator que deve ser ressaltado é a nítida divisão que a dupla representa no esquema: o lado esquerdo, indicado como claro e o lado direito, indicado como escuro. Essa divisão também aparece no esquema dois, com a intenção de representar as reações “do claro” da fotossíntese (dependem diretamente da energia luminosa) e as reações “do escuro”, como já foi salientado anteriormente neste trabalho. No entanto, essa divisão e o uso de uma tonalidade mais escura no lado direito, podem levar à interpretação de que o lado direito, escuro, representa a noite e, assim, reforçar certas representações equivocadas dos processos de nutrição vegetal. Dentre elas, podemos citar a de que o vegetal faz fotossíntese durante o dia (na verdade é em presença da luz) e respira apenas durante a noite.

A afirmação anterior se sustenta pela análise do esquema elaborado pela dupla, no qual aparece a palavra “fotossíntese” apenas do lado esquerdo, representado como o lado claro.

Apesar dessas constatações, há indicadores, tanto no esquema elaborado quanto no diálogo transcrito a seguir, que a dupla valeu-se de novas informações

na construção do esquema. Podemos citar a liberação do oxigênio a partir da água, a presença do ATP (chamado pela dupla de “http” ou “htp”), da clorofila (chamada pela aluna V de “célula”) e da glicose. Essas informações foram trabalhadas durante as aulas, com o auxílio do esquema dois. Nesse caso, o esquema auxiliou tanto na memorização quanto na organização das informações.

E: Ela entra você pode até tirar ela daqui, porque na verdade ela entra ... ela vem por aqui, né, pelo caule....

V: É, ela entra por aí. E a célula, o raio do Sol vem, bate aqui e bate na célula primeiro...

E: É, os raios solares...

P: “E”, se vocês puderem ir explicando... é importante eu entender esse processo de produção desse esquema.

E: Então os raios solares

V: Raio do Sol, bate

E: Energia ...

V: Energia pra célula.... Ta a gente vai fazer a célula aqui? E onde é que tem aquela quebra da água?

E: Deixa eu ver ... entra água aqui, aí tem a liberação.... de oxigênio

V: Oxigênio...

E: Aí fica uma de hidrogênio aqui, não é isso?

V: Aí através da célula vai, vai ...

E: O hidrogênio fica guardado aqui, vai acumular energia ...

V: Pra formar o H

E: Pra formar o http.... o acúmulo de energia pra...

V: Pra noite ...

E: Pra sombra, né existe uma entrada de CO₂....

Entretanto, cabe salientar que, apesar de usarem novas informações na elaboração do esquema e nas negociações, não foram encontradas evidências de que a dupla avançou em direção à compreensão da fotossíntese como um processo relacionado à nutrição vegetal. O que ficou evidente é que os alunos E-V ainda centram a fotossíntese nos processos de trocas gasosas, como pode ser sustentado pela seguinte negociação:

E: Faz o processo dela de fotossíntese. Já o que ficou acumulado aqui no http, no escuro, existe um consumo de CO₂, um consumo de gás carbônico.... libera oxigênio... aqui.... não me lembro.... Pois é, tá vendo? Aqui à noite ela não vai ter aquele período de produção.... aí vai ter aquele acúmulo de http, que vai fornecer e vai manter ela viva Não é isso?

V: Isso.... quando estiver na sombra, né?

E: Quando estiver na sombra. Aqui com raios solares ta fazendo a fotossíntese Esses raios solares eu deixei aqui, ó, mas eu acho que eu vou ligar eles por aqui. É todo um processo que.... ocorre tudo ao mesmo tempo....

V: Aí entra o oxigênio...

E: Não, é água.

V: Entra água, aí vai ficar o acúmulo aqui, de água

E: Hidrogênio...

V: Junto com o hidrogênio....

E: O oxigênio vai sair

V: Isso durante o ... os raios solares

E: De manhã, com o aquecimento solar. E.... existe um acúmulo de energia, esse http aqui, que é proteína, sais minerais e glicose, que no período da sombra, quando a planta não tiver recebendo raios solares ... ela mantém a planta... viva, oxigenando, né? Tem uma entrada aqui no período escuro de CO₂, né, e a liberação de O₂.

V: Hidrogênio?

E: Não, é gás carbônico Que ela recebe e solta...

V: Recebe e solta Recebe gás carbônico, e solta o oxigênio durante a sombra, né?

E: Não, pela manhã também... ela recebe água mas ela expulsa oxigênio, né, ela põe pra fora oxigênio, e guarda o restante dos nutrientes

6.3.2.4. Esquema elaborado pela dupla DF-GV

Ao contrário das três duplas anteriores, os alunos DF-GV elaboraram um esquema diferente do esquema dois apresentado nas aulas, a não ser pela divisão em duas partes: parte clara e parte escura.

Analisando apenas o esquema elaborado, o mesmo apresenta poucas informações e de forma desorganizada. Esse fato poderia nos levar a inferir,

equivocadamente, que não houve avanço na compreensão do fenômeno fotossintético.

No entanto, se analisarmos trechos da negociação entre a dupla, durante a elaboração do esquema, encontramos indicadores que apontam esse avanço, como exemplificado no diálogo transcrito a seguir.

GV: Vamo usa o amarelo, pra simboliza a energia, que a planta vai ta recebendo.

DF: Isso.Elabora o Sol. Tem o Sol, o Sol é a principal....

GV: Fonte de energia, né...

DF: Energia, luz, calor ...

GV: Energia primária.

DF: Energia primária, é o mais importante ... uma das mais importantes.

GV: Vamo faze essa luz radiando, incidindo sobre a folha.

DF: Processo que o Sol ,transmite luz pras folhas ...

GV: Pros vegetais ...

DF: Pros vegetais ... que recebem água ... vou desenha a água aqui...

GV: Que é ... representada pelo H2O... dois hidrogênio, ... dois hidrogênio dois oxigênio?

DF: Dois hidrogênio e um oxigênio. A água a água é

GV: É levada até a folha... através do caule raiz, caule, não é isso?

DF e GV: (Longa pausa, D desenhando)

GV: Este lado vai ser o lado claro.... e o lado escuro vai ser o lado direito.... pra representar as duas etapas da fotossíntese.

DF: Bom, então, nós temos a água.

GV: E a fotossíntese?

DF: A fotossíntese é o processo.... que a folha realiza, para produzir seu próprio alimento.

GV: Certo.

DF: O processo se dá mediante a presença de luz, e água.

GV: E gás carbônico.

DF: Gás carbônico. Bom, a luz, que é a primária, no caso, vem do Sol. Mas não é necessariamente só a luz do Sol.

GV: Certo.

DF: Pode ser outro que tem luz também.

GV: Certo. Luz luminosa...

DF: Sendo luz, é importante.

GV: Essa luz incide sobre a planta

DF: É esse processo. A luz incide sobre a planta

GV: Vegetal..

DF: É, vegetal, qualquer vegetal, quebra a molécula de água que chegou até essa folha, esse vegetal, né, e daí... essa molécula de água quebrada ela emite ... oxigênio, que é o O2 ...

GV: Para a atmosfera.

DF: Para a atmosfera. Emite o O2 para a atmosfera e utiliza, utiliza é.... o hidrogênio, com o gás carbônico

GV: Produzindo glicose.

É importante destacar que a dupla representou lado claro e escuro do esquema não como uma indicação de período do dia (noite/dia). Como explicitado no diálogo anterior, essa divisão representa as duas etapas da fotossíntese.

Quanto à liberação do oxigênio na fotossíntese, embora a dupla não use a expressão “fotólise”, ficou evidente que já avançaram no sentido de compreender que o oxigênio liberado é proveniente da molécula de água, que é “quebrada” (fotólise) nesse processo.

A compreensão de que a fotossíntese não é apenas um processo de trocas gasosas, mas que também ocorre a produção de glicose, ficou evidente no diálogo, informação que não constava do primeiro mapa conceitual do aluno GV. Da mesma forma, a dúvida apresentada pelo aluno DF sobre a liberação ou produção de CO_2 durante a fotossíntese, mostrada no primeiro mapa conceitual, também parece ter sido dirimida, conforme indica a negociação transcrita acima.

6.3.3 Explicação dos esquemas

Nesta última etapa das intervenções pedagógicas, cada um dos alunos explicou o esquema construído em dupla para um dos colegas da outra dupla.

Identificamos na fala dos alunos que houve uma mudança na compreensão do processo da fotossíntese, com um avanço em direção ao conhecimento cientificamente aceito. A transcrição da explicação do aluno D para a aluna PR exemplifica nossa afirmação.

D: Ta, PR, aqui o negócio é o seguinte: O Sol libera energia pra planta, a planta absorve essa energia por causa da clorofila que vai fornecer energia pra fotólise da água, que essa água vem da raiz, que a planta suga do solo. Vem originalmente do solo que... é.. durante essa fotólise ela vai liberar oxigênio que, seguidamente, o hidrogênio restante dessa água vai interagir no ciclo das pentoses com o gás carbônico do ar, que a planta retira. Daí aqui isso dá origem à formação da glicose que é o que mantém a planta em pé, né, digamos assim, né, que é o que dá energia pra planta. Uma coisa importante a se destacar é o... a ... a presença do ATP que meio que na falta da energia ele abastece a planta durante o ciclo das pentoses, mas não na fotólise da água, que é necessário o ... a energia solar.

O aluno D relacionou a absorção da energia à clorofila e essa ao processo de fotólise da água. Incluiu em sua explicação a informação sobre a origem do oxigênio liberado durante a fotossíntese: a água. Também ficou explícito que o aluno compreendeu que a fotólise é um processo que depende diretamente da energia solar, embora não tenha citado o tipo de energia, no caso a luminosa. Outra nova informação utilizada pelo aluno é a presença do ATP no processo fotossintético, fornecendo energia para uma das etapas do processo.

Também na fala dos alunos E e GV verificamos novas informações, quando esses se referem à liberação do oxigênio a partir da água e, á exemplo do aluno D, citam a utilização do ATP (ou “*htp*”) durante a fotossíntese.

E: A planta é absorve H2O que é a água, entendeu, a qual ela libera é... oxigênio pra fora e... conserva o hidrogênio. Os raios solares, no caso a luminosidade... é... refletem na planta e forma faz a fotossíntese, né, forma clorofila, né. Essa luminosidade também é guardada na “htp”, que quando a planta ta no escuro ela absorve CO2, entendeu, e juntamente com o hidrogênio vão formar a glicose é, o.... ciclo das pentoses? É que

juntamente com “http” forma as proteínas que vai proteger a planta, né... é... guardar a planta, não deixar que ela morra.

GV: Bem, o que eu entendi do processo da fotossíntese é que os vegetais necessitam pra realizar esse processo de fotossíntese, de luz, água, representado pelo H₂O, e gás carbônico. Quando a energia incide sobre o vegetal, ele consegue captar essa energia e fazer a quebra ...

Professora: Qual energia?

GV: Energia luminosa. E... e aí ele envia essa energia pra uma reserva chamada ATP. E... quando ele faz essa quebra, ele joga pra atmosfera o oxigênio, o O₂ e... essa molécula de http é para quando a planta não tiver tendo energia, quando ela não tiver recebendo energia.

Em relação à aluna PR, evidenciamos igualmente a utilização de expressões que nos indicam que houve mudanças na compreensão do processo. A aluna cita o fato da planta absorver luz solar por meio da clorofila. No entanto, ainda não ficou claro para a aluna a função da clorofila na transformação da energia luminosa em energia química, o que inferimos pelo fato da aluna afirmar, em sua explicação, que a clorofila vai “emitir luz”, ou ainda, que a planta vai “guardar essa luz” por meio do ATP.

PR: Bom, a planta... ela vai absorver luz solar através da clorofila. E vai...é... emitir luz para o processo da fotólise. O processo da fotólise é absorção, ela vai absorver água que vem através da seiva, e vai ... fazer essa quebra, o oxigênio e o hidrogênio. O oxigênio ela libera e o hidrogênio ela vai pro... pro segundo processo, né [...] vamos dividir que ela (a planta ou a folha) foi partida (grifo nosso) em dois processos, entendeu? O primeiro processo é aquele que ela precisa da luz solar diretamente. O segundo aquele que ela já não precisa mais da luz solar, por que tem a presença do ATP. Com o ATP ela vai absorver, né, ela vai guardar essa luz. (grifo nosso) ... ela vai guardar essa luz. O segundo processo, essa luz que ela guardou da ATP, ela juntamente com o hidrogênio que ela fez a quebra na fotólise ela vai absorver gás carbono [...] carbônico. E vai ocorrer o ciclo das pentoses, que é ... glicose.

É pertinente ressaltar que, em sua explicação, a aluna usa a expressão partida ao referir-se à planta ou à folha. Inferimos que essa observação da aluna PR deva-se ao fato de o esquema dois, utilizado nas aulas, apresentar-se dividido, “partido” em duas metades: uma clara, na qual é representada a fase fotoquímica da fotossíntese e a outra escura, onde são representados processos que não dependem diretamente da energia luminosa. Nesse caso, podemos dizer que houve retenção da informação, em nível de distribuição espacial dos elementos presentes no esquema.

Outro fato que merece ser destacado é a quase coincidência na seqüência de eventos citados nas explicações dos alunos: absorção da energia solar; fotólise da água; liberação de oxigênio; ciclo das pentoses. Essa seqüência corresponde à leitura dos esquemas no sentido esquerda-direita¹⁴, da mesma forma como realizamos a leitura de um texto escrito.

A observação anterior nos leva a refletir, primeiramente, acerca da importância de levarmos em consideração o sentido da leitura no momento da construção de um esquema. Em segundo lugar, a coincidência na seqüência de eventos nos indica que o esquema desempenhou um papel de organizador da informação além de facilitar a lembrança da informação que foi memorizada. Estas duas características dos esquemas, evidenciadas por meio da análise das explicações dos alunos a partir da leitura dos esquemas que eles haviam elaborado, foram apontadas por Vezin e Vezin (1988, p. 658), quando os autores

¹⁴ O sentido de leitura esquerda direita é o habitual nas culturas ocidentais, enquanto grande parte das culturas orientais lê no sentido direita-esquerda.

afirmam que o esquema “facilita a memorização porque facilita a organização dos dados e também facilita a lembrança desses dados que foram memorizados”.

Embora tenhamos apresentado exemplos que indicam que houve mudança na compreensão do fenômeno fotossintético, é importante considerar a persistência de certas representações equivocadas, como a de que “a fotossíntese é a respiração do vegetal”, mesmo após uma seqüência de eventos pedagógicos planejados para promover a compreensão do processo.

E: A quebra é quando o H_2O no caso, é a molécula da água que se quebra, mandando... expulsando oxigênio e mandando hidrogênio ...
GV: E, no lado escuro da planta, né, que a gente fez aqui, o gás carbônico entra, passa pelo ciclo das pentoses junto com o hidrogênio e.... esse ciclo das pentoses também recebe energia do http, que é a reserva, e forma a ... as... a glicose. É isso que eu entendi.
Professora: E pra que serve a fotossíntese, gente?
GV: Processo de respiração da planta.
E: Processo de respiração da planta.

6.4 Mapas conceituais após as atividades pedagógicas

Com o objetivo de evidenciar a relação entre os conceitos referentes ao processo fotossintético na estrutura cognitiva dos alunos, construímos o segundo mapa conceitual para cada um dos oito participantes da última etapa das intervenções pedagógicas¹⁵. Utilizamos os dados levantados a partir da

¹⁵ Lembramos que a última etapa corresponde à explicação dos esquemas elaborados pelos alunos, em duplas.

elaboração dos esquemas pelas duplas e posterior explicação desses esquemas para a construção dos mapas.

A análise comparada dos mapas conceituais elaborados antes e depois das atividades pedagógicas nos forneceu algumas evidências quanto à compreensão dos alunos sobre o fenômeno fotossintético.

Primeiramente, salientamos que todos os alunos continuaram associando a fotossíntese aos vegetais e, enquanto os primeiros mapas conceituais evidenciaram que apenas quatro alunos se referiram à liberação do oxigênio durante o processo, o segundo mapa conceitual de cada aluno já mostrou que houve um acréscimo: sete alunos já citaram a liberação do oxigênio. Também houve mudança quanto à compreensão da finalidade do processo fotossintético. Enquanto nos primeiros mapas conceituais nenhum dos alunos relacionou a fotossíntese ao processo de nutrição vegetal, no segundo mapa conceitual todos já estabeleceram relação entre a fotossíntese e a produção de glicose e a maioria estabeleceu relação entre a glicose e a alimentação vegetal. Além disso, a maioria dos alunos acrescentou o ciclo das pentoses à explicação da fotossíntese, embora sem explicar o que significa esse processo. No entanto, ficou claro para eles que a glicose é produzida a partir desse ciclo e, dessa forma, a fotossíntese deixou de ser compreendida como um processo no qual ocorrem apenas trocas gasosas. Assim, podemos inferir que houve um avanço em direção à compreensão do fenômeno, que pode ter sido facilitada pelo fato de, no esquema utilizado nas aulas, estar representada a produção de glicose durante o processo fotossintético. Nesse caso, temos um indicador que o esquema apresentado auxiliou os alunos a estabelecerem novas relações entre os conceitos.

Dando seqüência à comparação entre os mapas conceituais, a ocorrência de fotólise, que não foi evidenciada em nenhum dos mapas anteriores às intervenções pedagógicas, está presente em seis mapas elaborados após as intervenções. Em quatro desses mapas, evidenciamos relações corretas entre fotólise e liberação de oxigênio a partir da água. É importante citar que essas informações também estavam presentes no esquema utilizado durante as aulas e foram utilizadas pelos alunos na elaboração e explicação de seus mapas conceituais.

No que tange à relação entre fotossíntese e respiração, verificamos que nos primeiros mapas conceituais cinco entre os oito alunos citaram a respiração como um dos processos realizados pelo vegetal, sendo que para dois alunos (L e PD) fotossíntese é o mesmo que respiração, estabelecendo uma relação não válida entre os dois processos. Os alunos (PR e D) não estabeleceram relação entre fotossíntese e respiração e o aluno DF considerou que a fotossíntese auxilia a respiração, sem explicitar como. Já no segundo mapa conceitual, apenas os alunos E e GV citaram a respiração, considerando que respiração e fotossíntese são o mesmo processo, estabelecendo então uma relação não válida entre os dois conceitos. Nota-se novamente que a maioria dos alunos memorizou as informações presentes no esquema utilizado durante as aulas, já que este não traz nenhuma informação sobre o fenômeno respiratório, nem mesmo cita a ocorrência desse processo.

Uma das dificuldades que os alunos apresentam na compreensão do fenômeno fotossintético relaciona-se à energia e suas transformações no transcorrer desse fenômeno. Em sete dos oito mapas conceituais elaborados

antes das intervenções pedagógicas (L,PD,DF,V,E,GV,PR), a luz aparece relacionada à fotossíntese. No entanto, em nenhum desses mapas foi possível identificar conhecimento acerca da função da luz no processo fotossintético. Este resultado sofreu alteração após as aulas e ficou evidente pela análise do segundo mapa conceitual, já que seis alunos relacionaram a luz ao fenômeno de fotólise. Ainda em relação à energia, todos os mapas conceituais elaborados após as intervenções pedagógicas apresentam o ATP. Para seis alunos, (PR, D, PD, V, E, GV), o ATP é um armazenador da luz solar. Para a aluna L, o ATP retém calor. A transformação da energia luminosa em energia química com a formação da molécula de ATP não foi evidenciada em nenhum dos mapas, embora tenha sido referida durante a leitura dos esquemas, nas aulas.

Conforme já apontamos neste trabalho, a compreensão da fotossíntese envolve um conjunto de conceitos relacionados a diferentes áreas do conhecimento, o que reforça a idéia de uma abordagem integrada para esse conteúdo, abrangendo a Biologia, a Física e a Química. O conceito de energia é um exemplo cujo domínio é essencial para a compreensão do processo fotossintético. Solbes e Tarín (apud ASSIS e TEIXEIRA, 2003) apontaram as principais dificuldades em relação ao aprendizado desse conceito, das quais cabe citar que os alunos não fazem distinção entre formas e fontes de energia e que não há compreensão da transformação, conservação e degradação da energia, características apontadas por Assis e Teixeira (2003, p. 42) como “imprescindíveis para o entendimento do princípio da conservação da energia”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não obstante o fato de não ser possível generalizar os resultados obtidos, esta pesquisa suscita a reflexão acerca de dois tópicos relacionados ao processo de ensino e aprendizagem da Biologia: os conteúdos programáticos e a forma de veiculação desses conteúdos.

Em relação aos conteúdos, no caso específico da fotossíntese o aluno depara-se com o aprendizado desse processo desde as séries iniciais do Ensino Fundamental. No entanto, o que se verifica é que os estudantes finalizam o Ensino Médio e ingressam no Ensino Superior sem apresentar uma compreensão do fenômeno fotossintético. Pelo contrário, o que identificamos nesta pesquisa é que os alunos possuem conhecimentos fragmentados, isolados e, não raro, representações equivocadas do ponto de vista do conhecimento científico, o que corrobora o resultado de pesquisas realizadas no âmbito do ensino de Ciências e Biologia, direcionadas aos processos de fotossíntese e nutrição vegetal.

Essas afirmações são respaldadas pela análise dos resultados das entrevistas realizadas no primeiro momento de nossa pesquisa, no qual identificamos que os alunos utilizavam, na leitura dos esquemas, termos e expressões tais como: troca de gases; pigmentos; energia; glicose; matéria orgânica; clorofila; luz; seiva bruta; seiva elaborada. Entretanto, não relacionaram os termos utilizados de forma a evidenciar um conhecimento integrado do fenômeno.

Infere-se, por essas observações, que a aprendizagem ocorreu por simples memorização, de forma mecânica, ou seja, o aluno estabelece apenas relações literais, arbitrárias, entre os conceitos expressados.

O tipo de aprendizagem evidenciado, por memorização, pode ser explicado pela complexidade do fenômeno em si, que envolve conceitos relacionados a diferentes áreas do conhecimento: Biologia, Física e Química. Dentre esses, destacamos o conceito de energia, associado a sua transformação e conservação, características cuja compreensão é imprescindível para a aprendizagem de fenômenos relacionados às três áreas do conhecimento citadas anteriormente. Geralmente, cabe ao professor de Ciências e de Biologia trabalhar o fenômeno fotossintético com seus alunos, que muitas vezes não dominam os conceitos básicos nas demais áreas, necessários para o aprendizado do processo, fato que pode constituir-se em obstáculo ao aprendizado do fenômeno.

Seria relevante considerar uma abordagem integrada, em que as diferentes áreas do conhecimento desenvolvessem um trabalho conjunto sobre um tema tão complexo, essencialmente interdisciplinar e, ao mesmo tempo, importante para a compreensão de vários fenômenos que ocorrem na natureza e dos quais depende o equilíbrio dos ecossistemas e, conseqüentemente, a manutenção da vida em nosso planeta, tais como os ciclos da matéria e fluxo energético nas cadeias alimentares.

Outra explicação possível para que o aluno evidencie apenas relações arbitrárias entre os conceitos diz respeito ao conteúdo programático. O excesso de conteúdos e o nível de detalhamento desses conteúdos, principalmente no Ensino Médio, constitui-se em um fator impeditivo para o desenvolvimento de um ensino

voltado para a aprendizagem significativa. Para que esse tipo de aprendizagem ocorra, o professor deve conhecer não só as representações de seus alunos como também a origem dessas representações. O conhecimento dos conceitos presentes na estrutura cognitiva do aluno também é importante para que o professor crie situações pedagógicas que possibilitem a contraposição entre as representações e o conhecimento científico vigente, com a subsequente aplicação dos conceitos aprendidos, o que demanda dedicar mais tempo ao estudo de um único conteúdo.

O segundo tópico sobre o qual devemos refletir diz respeito à forma como os conteúdos científicos são veiculados, pelos livros didáticos. Observamos o aumento da inserção de imagens de diferentes tipos, associadas aos textos didáticos. No que se refere à fotossíntese, é comum a utilização de esquemas para representar esse fenômeno.

No entanto, apesar de ser muito utilizado nos livros didáticos, o esquema não é uma imagem de fácil leitura e compreensão, dada a quantidade de informações que apresenta. A presença, em um mesmo esquema, de signos icônicos e simbólicos, além de elementos gráficos como a cor, torna esse tipo de imagem muito complexa. Dessa forma, a interpretação de um esquema depende não apenas dos conhecimentos presentes na estrutura cognitiva de quem o interpreta como também das características do próprio esquema. Portanto, reiteramos a necessidade do aprendizado da linguagem visual como forma de garantir a veiculação correta do conhecimento científico por meio das imagens. Assim, cabe ao professor analisar e discutir os esquemas com os alunos, destacando as relações e as limitações desse tipo de imagem, posto que a

interpretação incorreta de um esquema pode reforçar ou mesmo originar representações equivocadas acerca de um determinado fenômeno, do ponto de vista do conhecimento científico vigente.

A análise dos resultados da entrevista realizada na primeira etapa desta pesquisa sustenta o que afirmamos. Ao interpretarem os esquemas da fotossíntese apresentados durante a entrevista, os alunos atribuíram diferentes significados aos elementos simbólicos utilizados na construção do esquema, assim como também elegeram diferentes atributos da imagem para realizar a leitura, o que nos indica que os estudantes mobilizaram conhecimentos já existentes em sua estrutura cognitiva para interpretar essas imagens.

Esses fatos ficaram evidentes quando, ao realizar a leitura de um dos esquemas apresentados na entrevista, a aluna elegeu o atributo cor, que é uma característica do esquema conhecida por ela, ao invés da fórmula química, que ela desconhecia. O mesmo atributo, a cor, constituiu-se na origem de um equívoco na leitura de um dos esquemas: a diferença na coloração entre os lados direito e esquerdo da imagem, utilizada para diferenciar as reações que dependem diretamente da energia luminosa das que não dependem diretamente da luz, foi interpretada como reações que ocorrem à noite e reações que ocorrem durante o dia. Considerando que muitos alunos possuem a representação que a planta realiza fotossíntese durante o dia e respiração apenas à noite, a interpretação equivocada da imagem pode reforçar essa representação ou até mesmo constituir-se na sua origem.

Dessa forma, apesar do caráter essencial das imagens na veiculação do conhecimento científico e, em especial da imagem do tipo esquema para a

Biologia, os resultados alcançados nesta pesquisa reforçam a importância do auxílio do professor na leitura dos esquemas pelos alunos, já que essas imagens são construídas a partir da utilização de elementos gráficos aos quais podem ser atribuídos diferentes significados, tanto por quem elabora quanto por quem lê esse tipo de imagem. Assim, a orientação do professor é necessária a fim de evitar que interpretações equivocadas da imagem originem ou reforcem representações do processo em desacordo com o conhecimento científico.

Em relação ao papel pedagógico dos esquemas na compreensão da fotossíntese, os resultados desta pesquisa nos indicam que esse tipo de imagem possibilita ao aluno a organização das informações trabalhadas durante as aulas e o estabelecimento de relações entre os diferentes conceitos envolvidos no processo, desde que devidamente orientados pelo professor. A análise do segundo e terceiro momentos das atividades pedagógicas, em que os alunos elaboraram e explicaram seus esquemas e a comparação entre o primeiro e o segundo mapa conceitual de cada aluno nos permitem fazer essas afirmações. Salientamos que a atividade de elaboração do esquema em duplas, em que cada aluno evidencia sua compreensão do fenômeno por meio do diálogo travado durante a negociação com o colega, parece constituir-se em um recurso muito apropriado para a avaliação do processo de ensino e aprendizagem. Além disso, o trabalho em conjunto, possibilitando aos alunos a elaboração do próprio conhecimento, contribuiu para o aprendizado na medida em que as negociações obrigavam os alunos a refletir sobre as suas representações, a organizar idéias e a reconstruir e expressar seus argumentos.

Finalizando, gostaríamos de chamar a atenção para a complexidade das imagens do tipo esquema. São imagens que aportam uma grande quantidade de informações e possuem, em sua construção, signos simbólicos e signos icônicos que devem ser compartilhados por quem elabora e por quem faz uso dessas imagens em situações de ensino e aprendizagem. Os resultados desta pesquisa nos alertam para a necessidade de uma análise cuidadosa na elaboração e utilização desse recurso didático, a fim de evitar que ele se torne a origem ou o reforço de representações equivocadas, do ponto de vista do conhecimento científico vigente.

Neste estudo, ficou evidenciado que os esquemas auxiliam os alunos no estabelecimento de relações entre os diferentes conceitos envolvidos na compreensão do fenômeno fotossintético, desde que esse tipo de imagem seja analisado e discutido durante a sua utilização em atividades pedagógicas. Além disso, ficou claro que a atividade de elaboração de esquemas pelos estudantes, em duplas, também possibilitou a cada aluno um momento de reflexão sobre as suas representações, a partir do confronto dessas com as representações de seu colega.

Embora cientes de que ainda há muito para ser pesquisado em relação à utilização das imagens, em especial as do tipo esquema, no contexto pedagógico, acreditamos que este trabalho tenha contribuído para ampliar a discussão acerca de um tema ainda pouco explorado: a utilização dos esquemas na veiculação dos conceitos científicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADOR, F.; CARNEIRO, M. H. S. O papel das imagens nos manuais escolares de ciências naturais do ensino básico: uma análise do conceito de evolução. *Revista de Educação*. v. VIII, n. 2, 1999.

AMETLLER, J.; PINTÓ, R. Students reading of innovative images of energy at secondary school level. *International Journal of Science Education*. v. 24, n. 3. p. 285-312. 2002.

AMIR, R.; TAMIR, P. In-depth analysis of misconceptions as a basis for developing research-based remedial instruction: The case of photosynthesis. *The American Biology Teacher*, v. 56, n.2, February 1994.

ASSIS, A.; TEIXEIRA, O. P. B. Algumas considerações sobre o ensino e a aprendizagem do conceito de energia. *Ciência e Educação*, v. 9, n. 1, p. 41-52, 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARLEX, D.; CARRÉ, C. *Visual communication in science*. London, Cambridge University Press, 1985.

BARROS, M. M. V. *O papel da imagem no ensino e aprendizagem do processo de divisão celular*. 2005, 182 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília.

BARMAN, C. R. et al. Student's ideas about plant and plant growth. *The American Biology Teacher*, v. 68, n. 2, February 2006.

BROWN, D. S. A group approach to concept mapping. *The American Biology Teacher*. v. 65, n. 3, p.192-197, March, 2003.

BUSTAMANTE, J.; ALEIXANDRE, M. P. ¿ Vês lo que dibujas? Observando células com el microscópio. *Enseñanza de las ciencias*. 1996, 14 (2), p. 183-194.

CALADO, I. *A utilização educativa das imagens*. Porto: Porto Editora, 1994.

CARNEIRO, M. H. S. *As imagens no livro didático*. In: Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 1997, Valinhos, São Paulo. p. 366-373.

_____ *Estudo das representações do conceito de nutrição vegetal*. In: II Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 1999, Valinhos, São Paulo. Atas eletrônicas.

CASSIANO, W. S. *Análise de imagens em livros didáticos de física*. 2002. 124 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília.

COLIN, P.; CHAUVET, F.; VIENNOT, L. Reading images in optics: students' difficulties and teachers' views. In: *International Journal of Science Education*. v. 24, n. 3, p.313-332. 2002.

d' HAUTERIVE, R. G. *Dictionnaire des racines des langues européennes*. Librairie Larousse-Paris, 1948.

DONDIS, D. A. *Sintaxe da linguagem visual*. 2ª. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

DUCHASTEL, P. Illustrations in text: a retentional role. In: *Programmed Learning & Educational Technology*. v. 18, n. 1. Fevereiro, 1980. pp.11-15.

DUCHASTEL, P. ; WALLER, R. Pictorial illustration in instructional texts. *Educational Technology*, p. 20-25, November, 1979

EISEN, Y.; STAVY, R. Material Cycles in Nature: A new approach to teaching photosynthesis in junior high school. *The American Biology Teacher*. v.54, n.6, p.339-342. September, 1992.

FARIA, E. *Dicionário Escolar Latino Português*. FAE, 6. ed. RJ, 1994.

GIORDAN, A. Lês enzymes de l'estomac concassent, pétrissent, malaxent la nourriture ou ... préalables pou une didactique de l'image. *Bulletin de Psychologie*. v. 41, n. 386, p. 672-686, 1988.

GOUVÊA, G. ; MARTINS, I. Imagens e educação em ciências. In: ALVES, N. ; SGARBI, P. (orgs.) *Espaços e imagens na escola*. Rio de Janeiro: DP&A, 2001.

GUIMARÃES, L. *A cor como informação – a construção biofísica, lingüística e cultural da simbologia das cores*. São Paulo: Annablume, 2000.

HASLAM, F.; TREAGUST, D. Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*. v. 21, n. 3, 1987.

HAZEL, E. ; PROSSER, M. First-year university students' understanding of photosynthesis, their study strategies and learning context. *The American Biology Teacher*. v.56, n.5 May, 1994. p.274-279.

JIMÉNEZ, J.D.; PRIETO, R.H.; PERALES, F.J. Análisis de los modelos y los grafismos utilizados en los libros de texto. *Alambique Didáctica de las Ciências Experimentales*. Janeiro,1997. n.11, p.75-85.

JOLY, M. *Introdução à análise da imagem*. 6ª. ed. Campinas: Papirus, 2003.

KAWASAKI, C. S. *Nutrição vegetal: um verdadeiro campo de estudos para a educação científica*. In: Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 1997, Valinhos, São Paulo. p. 147-160.

KAWASAKI, C. S.; BIZZO, N. M. V. Fotossíntese: um tema para o ensino de Ciências? *Química Nova na Escola*, n. 12, p. 24-29. Novembro, 2000.

KRESS, G., van LEEUWEN, T. *Reading images - the grammar of visual design*. London: Routledge, 1999.

MARTINS, I. *O papel das representações visuais no ensino-aprendizagem de ciências*. In: Atas do I Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências, Águas de Lindóia, SP, 1997, p. 366-373.

MOLES, A. *L'Image. Communication fonctionnelle*. Paris: Casterman, 1987.

NASCIMENTO, G. *O livro didático no ensino de Biologia*. 2002. 139 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press, 1993.

OZAY, E. ; OZTAS, H. Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education*. v. 37, n. 2, p. 68-70, 2003.

PERALES, F.; JIMÉNEZ, J.; Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las ciencias*, n. 20 (3). p. 369-386. 2002.

PINTÓ, R.; AMETLLER, F. Students' difficulties in reading images. Comparing results from four national research groups. In: *International Journal of Science Education*. v. 24, n. 3, p.333-341. 2002.

PROENÇA, G. *História da arte*. 11ª. ed. São Paulo: Ática, 1998.

RAVEN, P. ; EVERT, R.; EICHHORN, S. E. *Biologia Vegetal*. 5ª ed. Guanabara Koogan, 1992.

RONAM, C. *História ilustrada da ciência da Universidade de Cambridge, volume III: da Renascença à revolução científica*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2001.

ROSS, P.; TRONSON, D.; RITCHIE, R. J. Modelling Photosynthesis to increase conceptual understanding. *Journal of Biological Education*. v. 40, n. 2, p. 84-88, 2005.

SANTAELLA, L. e NÖTH, W. *Imagem – cognição, semiótica, mídia*. São Paulo: Iluminuras Ltda, 1998.

SARAIVA, F. R. dos S.; *Novíssimo Dicionário Latino-Português*. 4ª ed. Rio de Janeiro: H. Garnier Livreiro Editor, s.d.

SILVEIRA BUENO. *Minidicionário da língua portuguesa*. São Paulo: FTD. Edição atualizada.

SOARES, J. L. *Dicionário etimológico e circunstanciado de Biologia*. São Paulo: Scipione, 1993.

SOUZA, S. C. de. *Leitura e Fotossíntese: proposta de ensino numa abordagem cultural*. 2000. 239 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SOUZA, S.C.; ALMEIDA, M.J.P.M. A fotossíntese no ensino fundamental: compreendendo as interpretações dos alunos. *Ciência e educação*. v.8, n. 1, p. 97-111, 2002.

SOYIBO, K. Using concept maps to analyze textbook presentations of respiration. *The American Biology Teacher*, v. 57, n. 6, p. 344-351, September, 1995.

STYLIANIDOU, F.; ORMEROD, F.; OGBORN, F. Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them. *International Journal of Science Education*. v. 24, n. 3, p. 257-283. 2002.

PEIRCE, C. S. *Semiótica e Filosofia – textos escolhidos*. São Paulo: Cultrix, 1972.

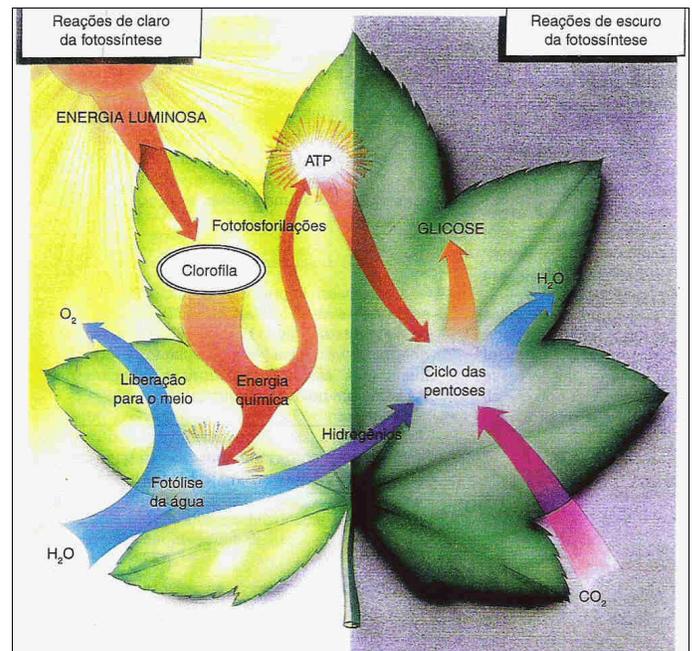
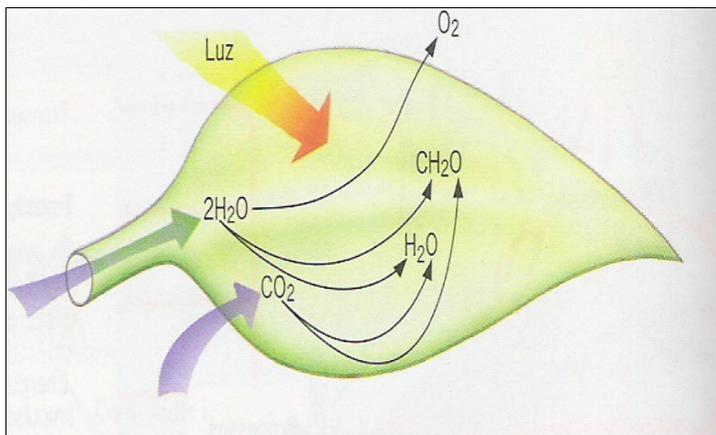
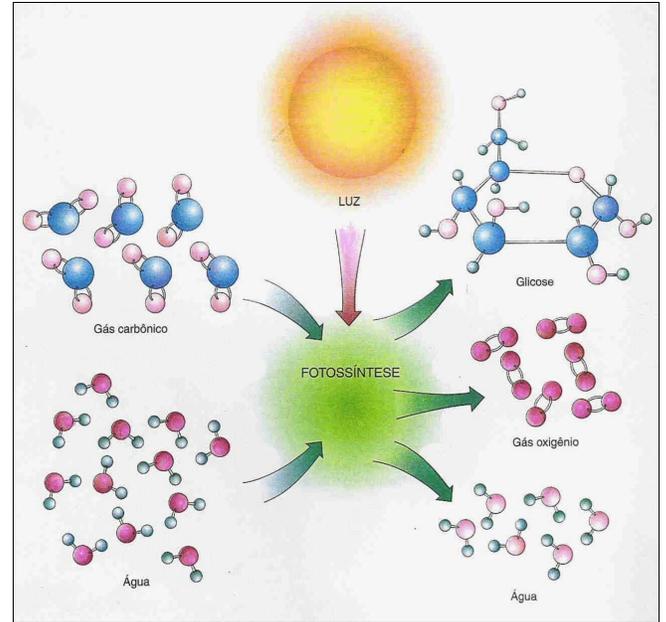
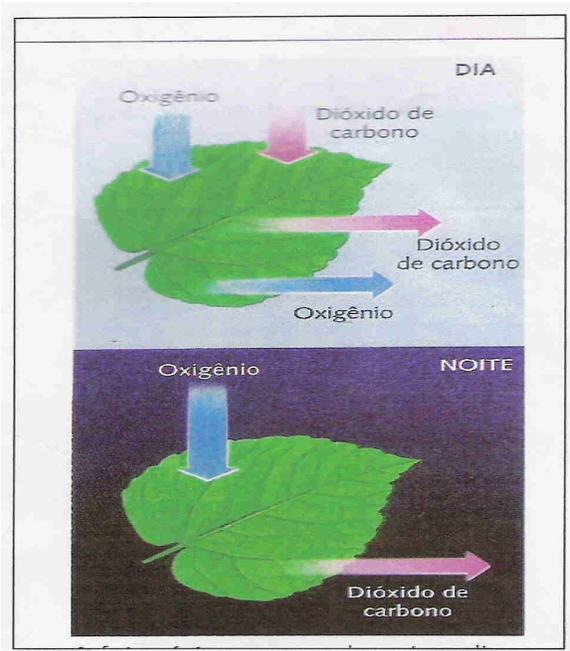
VEZIN, J.F.; VEZIN, L. Illustration, schématisation et activité interprétative. In: *Bulletin de Psychologie*, XLI, 386, 1988, pp.655-666.

ZUNZUNEGUI, S. *Pensar la imagen*. Madrid: Ediciones Cátedra S.A., 1998.

APÊNDICES

Apêndice A	Esquemas usados na entrevista do estudo piloto	141
Apêndice B	Tabela de respostas do estudo piloto	142
Apêndice C	Transcrição de entrevista do estudo piloto	143
Apêndice D	Mapa Conceitual – Estudo piloto	147
Apêndice E	Esquemas usados no estudo piloto	148
Apêndice F	Texto elaborado pelos alunos – estudo piloto	149
Apêndice G	Roteiro para entrevista no estudo final	150
Apêndice H	Mapas conceituais anteriores às atividades pedagógicas – estudo final.....	151
Apêndice I	Roteiro para as aulas do estudo final	156
Apêndice J	Esquemas elaborados pelos alunos – estudo final	158
Apêndice L	Elaboração de esquemas no estudo final – transcrição da negociação entre a dupla PR-PD	162
Apêndice M	Mapas conceituais após as atividades pedagógicas	166
Apêndice N	Transcrição de entrevista – estudo final	174

Apêndice A – Esquemas usados na entrevista do estudo-piloto



Apêndice B – Tabela de respostas

Justificativas dos alunos para a escolha dos itens que foram considerados incorretos. As justificativas dos alunos aparecem em itálico.

	Item 1: Com incorreção	Item 2: Com incorreção	Item 3: Sem incorreção	Item 4: Com incorreção	Item 5: Sem incorreção	Item 6: Com incorreção
Teste	A importância da fotossíntese para os vegetais é a produção de energia para o seu crescimento	Na ausência de luz, as plantas utilizam o gás carbônico para a respiração.	Gás carbônico é produzido pelas plantas tanto na presença quanto na ausência de luz.	A conservação de áreas verdes nos grandes centros urbanos é importante porque os vegetais, ao transformarem o gás carbônico em oxigênio, diminuem o nível de poluição nesses locais.	A fotossíntese ocorre na presença de luz, enquanto a respiração, tanto nas plantas quanto nos animais, ocorre dia e noite.	Seres vivos que contêm cloroplastos não contêm mitocôndrias.
Aluno	Resposta/Justificativa do aluno para o item 1	Resposta/Justificativa do aluno para o item 2	Resposta/Justificativa do aluno para o item 3	Resposta/Justificativa do aluno para o item 4	Resposta/Justificativa do aluno para o item 5	Resposta/Justificativa do aluno para o item 6
CH	O aluno considerou o item correto.	Incorreto. <i>Na ausência de luz, as plantas utilizam o oxigênio para a respiração.</i>	Incorreto. <i>O gás carbônico é produzido na ausência de luz.</i>	Incorreto. <i>A poluição não é devido à presença de gás carbônico, mas sim, em sua maioria do monóxido de carbono, pois se fosse assim, a própria respiração do homem iria poluir o ar.</i>	O aluno considerou o item correto.	O aluno considerou o item correto.
GE	O aluno considerou o item correto.	O aluno considerou o item correto.	O aluno considerou o item correto.	Incorreto. Não apresentou justificativa.	O aluno considerou o item correto.	Incorreto. <i>Os seres vivos têm muitos que são plantas que contêm mitocôndrias.</i>
JW	O aluno considerou o item correto.	O aluno considerou o item correto.	<i>As plantas produzem oxigênio e não gás carbônico.</i>	O aluno considerou o item correto.	O aluno considerou o item correto.	Incorreto. <i>Seres vivos que possuem cloroplastos, como as plantas para a realização da fotossíntese, possuem mitocôndrias para a respiração celular.</i>
LG	O aluno considerou o item correto.	O aluno considerou o item correto.	Incorreto. <i>O gás carbônico é produzido somente na ausência de luz.</i>	Incorreto. <i>A mesma quantidade de CO₂ que é transformada em O₂ é devolvida ao ambiente pela respiração.</i>	O aluno considerou o item correto.	O aluno considerou o item correto.
PS	O aluno considerou o item correto.	Incorreto. Tanto a luz quanto o gás carbônico são indispensáveis para a respiração da planta, e com a ausência da luz, a planta absorve o oxigênio.	Incorreto. <i>Não, pois quando há luz no meio a planta absorve o gás carbônico.</i>	O aluno considerou o item correto.	O aluno considerou o item correto.	O aluno considerou o item correto.
TM	O aluno considerou o item correto.	O aluno considerou o item correto.	O aluno considerou o item incorreto. <i>O gás carbônico não é produzido pelas plantas.</i>	O aluno considerou o item correto.	O aluno considerou o item correto.	O aluno considerou o item correto.
VP	Incorreto. <i>Não seria a produção de energia, mas sim as trocas gasosas.</i>	Incorreto. <i>Na ausência de luz as plantas utilizam o gás oxigênio.</i>	Incorreto. <i>Na presença de luz a planta não produz gás carbônico.</i>	O aluno considerou o item correto.	O aluno considerou o item correto.	Incorreto. <i>Seres como as plantas, que possuem cloroplastos, precisam de mitocôndrias para a respiração da célula.</i>

Apêndice C – Entrevista realizada com o aluno “CH” (estudo-piloto)

Pesquisadora (P): Que que é que essa figura ta contando pra você?

Aluno CH (C): Qual?

P: A figura 1.

C: Essa aqui...

P: É toda essa figura aqui é a figura 1, eu to dizendo pra poder gravar...

C: Ah, ta... (pausa) Ué, ela consome e libera oxigênio? Mesmo do gás carbônico?

P: É isso que ela ta te dizendo? Que ela consome...

C: É o que parece...

P: Por que que você acha isso?

C: Pelas setas.

P: Ela consome oxigênio e libera oxigênio.

C: Isso. Consome dióxido de carbono e libera dióxido de carbono.

P: E aqui, na de baixo.

C: Uma concentração menor.

P: Uma concentração menor?

C: É.

P: Por quê?

C: Ah!, na verdade não, é que só consome oxigênio e libera o ... dióxido de carbono.

P: Você vê algum processo, de metabolismo da planta?

C: Aqui tem respiração...

P: Na de baixo. por que você diz que tem respiração?

C: Porque consome oxigênio, que nem a gente....

P: Ah! Porque consome oxigênio. E nesse de cima?

C: Respiração também.... e a fotossíntese.

P: Cadê a respiração aqui?

C: Oxigênio, dióxido de carbono ...

P: Ta....

C: Dióxido de carbono e oxigênio é a fotossíntese.

P: Ta beleza... e nessa segunda aqui que o teu irmão chamou “da folhinha” ... ele adorou ta? Essa figura 2, que história que ela ta te contando?

C: A princípio, rápido assim é... parece a fotossíntese mesmo. Tem a luz ...

P: Porque tem a luz, ta Que mais que ela ta te contando?

C: Que aí vem o ... a água mais o gás carbônico?.... Aqui já.. já vem da respiração também ..

P: Eu não sei se ela ta contando isso Ela tá falando o quê? Você falou “aqui vem a água”, por que que você falou aqui vem a água?

C: Parece que ta vindo daqui, né?

P: Por causa dessa seta ...

C: É...

P: Ta..... E o que que tá acontecendo com ele?

C: A água transforma em oxigênio....

P: A água transforma, então você tem água e ela é transformada, ela deixa de ser água e passa a ser oxigênio...

C: É... ocorre uma série de.. de transformações químicas aqui. O oxigênio da água junto com o oxigênio vira o oxigênio propriamente dito, o hidrogênio junta com.... o carbono

.....

P: e se transforma aqui, né? Isso aqui é uma fórmula reduzida, e essa colinha eu posso dar. Isso daqui é a fórmula reduzida da glicose.

C: Certo....

P: Ta? Então se eu te perguntar como é que é formada a glicose, que estaria aqui, que resposta você me dá, o que que a folhinha ta te contando?

C: Pra glicose precisa de gás carbônico e ... e água.. e luz.

P: Pra glicose precisa de gás carbônico, e água e luz... né? E que.... o oxigênio que a planta libera para a atmosfera qual é a origem dele?

C: Vem da água.

P: Mas não vem do gás carbônico?

C: Não, do gás carbônico vem pra glicose.

P: Então, o oxigênio vem da molécula de água.

C: Isso.

P: E isso que o oxigênio vem da molécula de água, isso você aprendeu no texto do livro, ou isso você tirou....

C: Da foto...

P: A folhinha que ta te contando?

C: Isso.

P: Que o oxigênio então ele ta vindo ... da molécula de água.... Vamos ver se essa folhinha ta te contando história...

C: Pelo menos é o que ela ta mostrando...

P: A folhinha é boazinha..... Na figura 3 aqui, bom, que processo que a figura 3 ta mostrando?

C: Fotossíntese.

P: O que você ta entendendo da figura 3, o que que pra você a figura 3 quer te passar?

C: que pra fotossíntese precisa luz, do gás carbônico, da água, que aí faz a glicose, libera o gás carbônico e... a água.

P: Libera glicose, libera o gás?

C: E a água.

P: Qual o gás que libera?

C: Gás car.... gás oxigênio.

P: gás oxigênio, ta... Quando você estudou a fotossíntese, você estudou a equação geral da fotossíntese?

C: Não...

P: Você não lembra aquela "gás carbônico mais água, formando tal e tal e tal? Você não lembra disso? Água mais gás carbônico forma glicose mais oxigênio mais água?

C: Ah, devo ter visto isso.

P: Então, deixa eu te perguntar uma coisa. Se eu quiser associar esta figura da folhinha a figura 2, com esta figura 3, você faria uma associação em que lugar aí? Alguma coisa que ela ta te dizendo aqui, na figura 2, e também diz na 3?

C: A luz, as duas tão recebendo a luz, elas tão recebendo água as duas, gás carbônico também... praticamente a mesma coisa...libera o oxigênio.....

P: De formas diferentes....

C: É....

P: Agora, se eu te pedir pra você escrever a equação, se sabe escrever, olhando essa figura aqui?

C: Posso tentar...

P: Não pode olhar aqui (a resposta dos alunos anteriores), não pode copiar do mano....

C: Ele acertou?

P: Não pode competir com o mano, não! (risos)

C: (risos) aí, fazer a fórmula, né?

P: Quer dizer, você acha que dá pra tirar a fórmula por aqui?
 C: É um pouco difícil..... Precisa da fórmula da luz, também?
 P: Não, a luz não tem uma fórmula..... Por que aqui tá escrito gás carbônico, não é isso?
 C: Uhummm...
 P: Você tá vendo como é que ele tá representado? Como é que você tá fazendo a leitura do gás carbônico representado aqui?
 C: É o c e dois oxigênios... carbono e oxigênio.
 P: Então essa bolinha azul, quem é?
 C: Carbono.
 P: E as bolinhas rosas, clarinhas...
 C: Oxigênio...
 P: Oxigênio...
 C: Escreve aqui?
 P: É, coloca aí...
 C: (escrevendo e pensando alto) CO₂ mais H₂O mais dois também, escreve?
 P: Lógico.... você tá vendo aí, né...
 C: É. (longa pausa) Aqui tem que balancear e coisa e tal, depois a gente balanceia... a glicose... qual que é mesmo a fórmula da glicose?
 P: Aí tu vai ter que escrever o que que tá na figura....
 C: É a mesma, né, carbono, hidrogênio, oxigênio... (longa pausa, aluno observando a figura e tentando escrever a fórmula da glicose).
 P: Pode, pode colocar o hidrogênio antes....
 C: Fica assim, né?
 P: Tá decorando da folhinha!
 C: Juro que não!!!
 P: Tá decorando da folhinha
 C: Tô tentando me recordar um pouco...
 P: Tu tá tentando recordar, mas então vamos fazer o seguinte. Você não tem recordado nenhuma, né...
 C: Uhum..
 P: É essa figura que tá te dizendo alguma coisa. O que que ela tá te dizendo com relação à fórmula da glicose?
 C: (longa pausa, fala algo)
 P: Aqui você colocou CO₂, né?
 C: É...
 P: Então você colocou CO₂ pq você já sabia que o CO₂ é o CO₂?
 C: Uhum..
 P: Você não fez pela leitura aqui.... Se eu te disser lê a fórmula da glicose pra cá. Você já colocou carbono, hidrogênio e oxigênio, tudo bem, É carbono, hidrogênio e oxigênio. Agora por que que você colocou H₂? CH₂O, donde é que tu tirou esse 2 aqui? O que que a fórmula te diz?
 C: O 2 é pq tem 2 aqui.....2 hidrogênios....
 P: Quantas glicoses você tá vendo aqui?
 C: Pois é, né.... (pausa)
 P: Aqui, quantos gás carbônicos você vê?
 C: Seis.
 P: Cadê, me mostra...
 C: (conta os seis)
 P: Por que que você não tá contando todos como um só?
 C: Por que eles não estão ligados!
 P: Por que eles não estão ligados... e aqui?

C: Ah, isso aqui é uma glicose só, né?! (pensa alto, murmura enquanto escreve a fórmula e mostra ao entrevistador o que escreveu),

P: É isso aí!!

C: Agora sim!

P: Agora deu certo?

C: Agora deu.

P: Deixa eu te perguntar uma coisa, Caíque, quando você ta fazendo a leitura de texto, você costuma passar batido pelas gravuras, você se atém à leitura da gravura ou você só lê o texto....

C: Ah, depende, se eu compreender só pelo texto, aí vai...

P: Aí você não olha a gravura...

C: Aí às vezes o texto ta chato, aí pela gravura eu já...

P: Que matéria geralmente você vai pela gravura?

C: Matéria? Depende muito.....

P: Então vamos pra essa última aqui... a número 4. Agora o que que essa folha, segundo o Paulo é a folha do Canadá. O que que essa folha do Canadá ta te falando?

C: Ela ta mostrando a diferença do claro e escuro, né?

P: Claro e escuro Que processo?

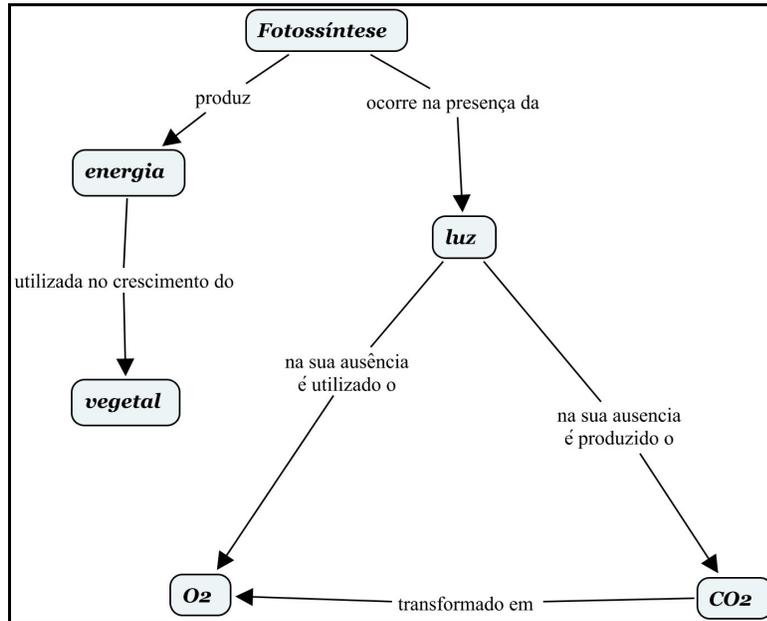
C: Da fotossíntese.

P: Da fotossíntese.... ta bom.

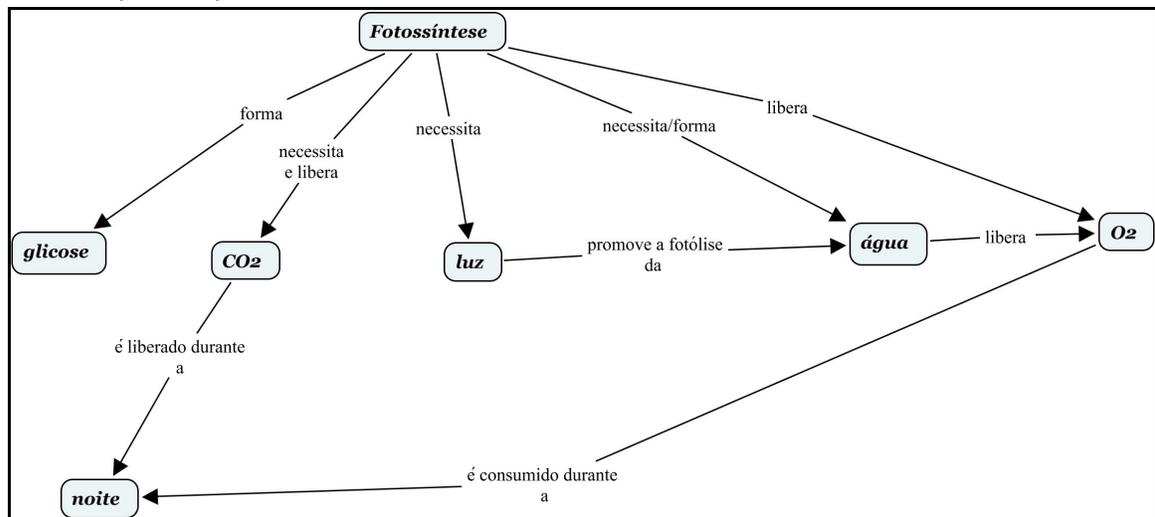
C: Só isso?

Apêndice D – Mapas conceituais do aluno CH – estudo-piloto

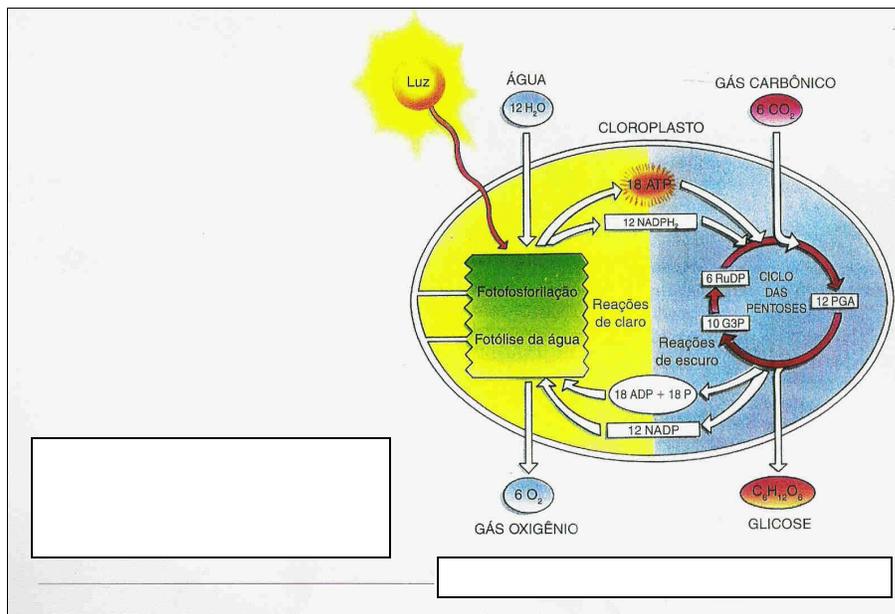
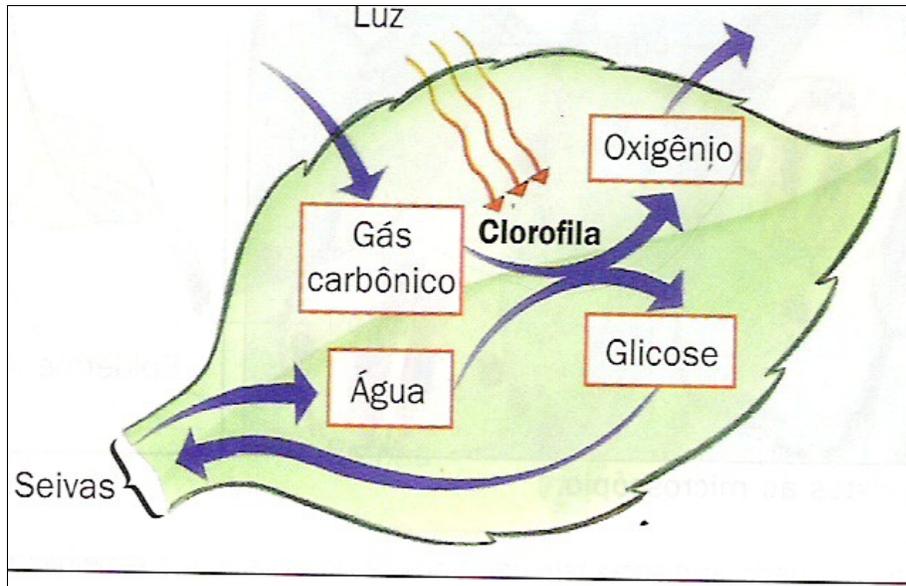
Mapa 1 – após entrevista e exercício



Mapa 2 – após as aulas



Apêndice E – Esquemas utilizados nas aulas do estudo piloto



Apêndice F – Texto elaborado a partir da leitura dos esquemas

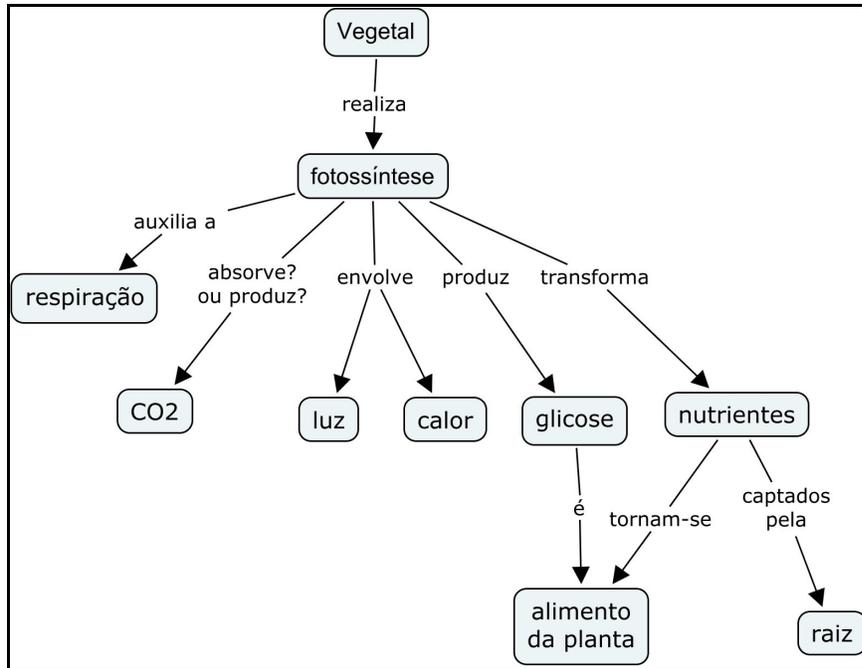
Aluno	Figura 1	Figura 2	Figura 3	Figura 4	Figura 5	Figura 6
CH	A figura nos mostra a diferença que ocorre de dia e de noite, onde de dia a folha consome e libera gás carbônico e oxigênio, e a noite, apenas consome oxigênio e libera gás carbônico.	A figura mostra que na presença de luz ocorre a fotólise da água, liberando oxigênio e formando glicose e água juntamente com gás carbônico,	A figura mostra que para ocorrer a fotossíntese é necessário gás carbônico, luz e água, gerando assim, glicose, gás oxigênio e água.	A figura mostra as reações de claro e escuro na fotossíntese, onde na fase clara a folha transforma energia luminosa em energia química, que serve para quebrar a molécula de água, que esta libera o oxigênio para o ar, e os hidrogênios para produção da glicose, que ocorre na fase de escuro, consumindo gás carbônico e liberando água, onde a fonte de energia para esse processo é o ATP.	A figura mostra que na presença de luz, o gás carbônico e a água, forma-se oxigênio e glicose.	A figura mostra que no cloroplasto ocorrem as reações de claro e escuro. No claro transforma-se oxigênio a partir de água, e forma-se ATP, e nas reações de escuro, consome-se gás carbônico e forma-se glicose.
GE	No claro absorve O ₂ com CO ₂ e depois libera O ₂ . No claro libera CO ₂ .	Absorve H ₂ O e depois libera O ₂ que se separam as moléculas de O ₂ e se forma glicose e se libera a glicose.	Para produzir fotossíntese é preciso de luz, gás carbônico, H ₂ O. Libera glicose, CO ₂ , H ₂ O.	No claro a luz produz H ₂ O, libera O ₂ , produz C ₆ H ₁₂ O ₆ e libera C ₆ H ₁₂ O ₆ .	Da seiva tem H ₂ O, o oxigênio é quebrado e liberado, absorve o CO ₂ , tem a presença da luz e a glicose é liberada.	Na reação clara tem a presença da luz, H ₂ O que libera O ₂ passa para ATP, vem para CO ₂ tem um C ₆ H ₁₂ O ₆ para ser liberado.
PS	Durante o dia a planta absorve tanto o O ₂ para a respiração quanto o CO ₂ para a fotossíntese, e de noite a planta absorve o O ₂ e libera o CO ₂ .	A H ₂ O vem da planta e com a luz vão gerar o O ₂ , o CO ₂ que é absorvido se junta com o H ₂ O e forma glicose.	Há seis moléculas de CO ₂ e doze de H ₂ O que com a luz do Sol vão gerar 1 molécula de glicose, seis de O ₂ e seis de H ₂ O.	A água e a luz são absorvidos pela planta onde é feito a fotólise da água e é liberado o O ₂ e os H serão usados no processo do ciclo das pentoses que junto com o CO ₂ irão resultar na glicose e na H ₂ O	A seiva entre na folha contendo água e essa água se transforma em glicose, a luz penetra na folha e o gás carbônico absorvido se transforma em O ₂ , sendo assim um processo errado.	A luz e a água são absorvidos pela planta que na reação de claro resulta na produção de O ₂ , com a quebra do H ₂ O é coletado o H ₂ que é enviado pelo nadp para o ciclo das pentoses onde ocorre a produção da glicose com as moléculas do CO ₂ absorvido.
TM	Mostra como se durante o dia fosse coletado O ₂ e CO ₂ , sendo os mesmos liberados durante a fase. Durante a noite sendo coletado oxigênio e liberado dióxido de carbono, mostrando o processo de respiração da planta.	A figura mostra um esquema químico da fotossíntese com uma forma reduzida.	Está presente o processo químico realizado pelas moléculas. $12 \text{ H}_2\text{O} + 6 \text{ CO}_2 + \text{energia} \rightarrow 6 \text{ H}_2\text{O} + 6 \text{ O}_2 + \text{C}_6 \text{ H}_{12} \text{ O}_6$.	Esquema de reações gerais de claro e escuro da fotossíntese. A H ₂ O que está sendo usada na reação está mostrada como se fosse captada pela folha e não pelo caule da folha. Contém erro.	Na figura há um erro, mostrando que na fotossíntese o oxigênio liberado é o mesmo que foi retirado do gás carbônico. O certo seria o oxigênio liberado ter sido retirado da água.	Mostra a representação esquemática de um cloroplasto e as etapas, a etapa fotoquímica da fotossíntese e a etapa puramente química.

Apêndice G - Roteiro para a entrevista – estudo final

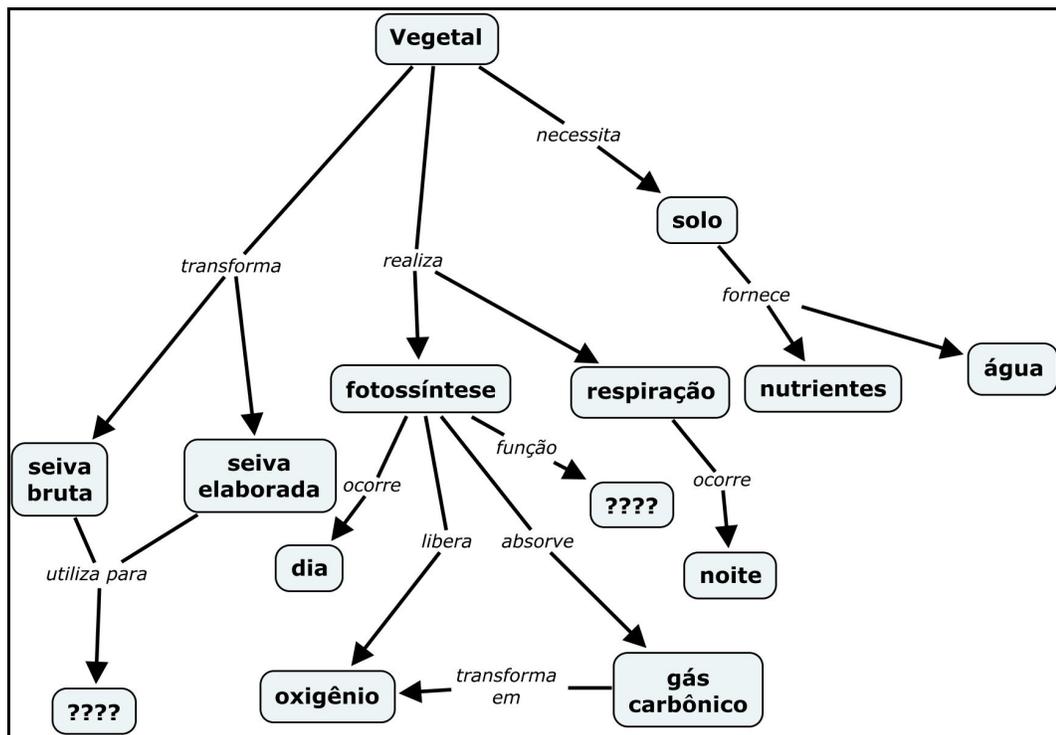
- *Como as plantas crescem?*
- *Do que as plantas precisam para sobreviver?*
- *De onde as plantas retiram as substâncias necessárias à sua sobrevivência?*
- *Por que é importante a preservação das florestas?*
- *Quais as funções da raiz e da folha na nutrição vegetal?*
- *Existe diferença entre os processos que ocorrem durante o dia e durante a noite, nos vegetais?*
- *Explicar a relação planta-solo e planta-ar.*
- *As plantas respiram? Como? Há diferença entre a respiração das plantas e dos animais?*
- *Qual a relação entre respiração e fotossíntese?*

Apêndice H – Mapas conceituais anteriores às atividades pedagógicas

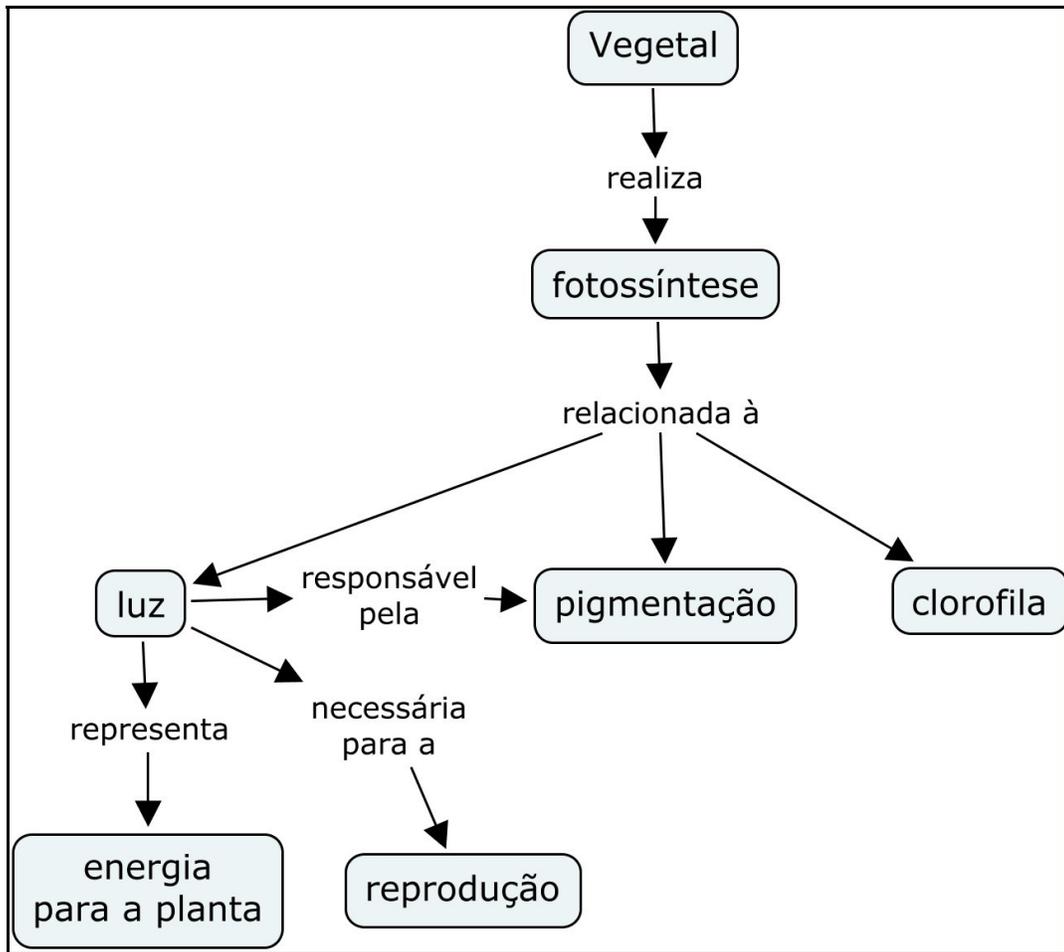
Aluno DF



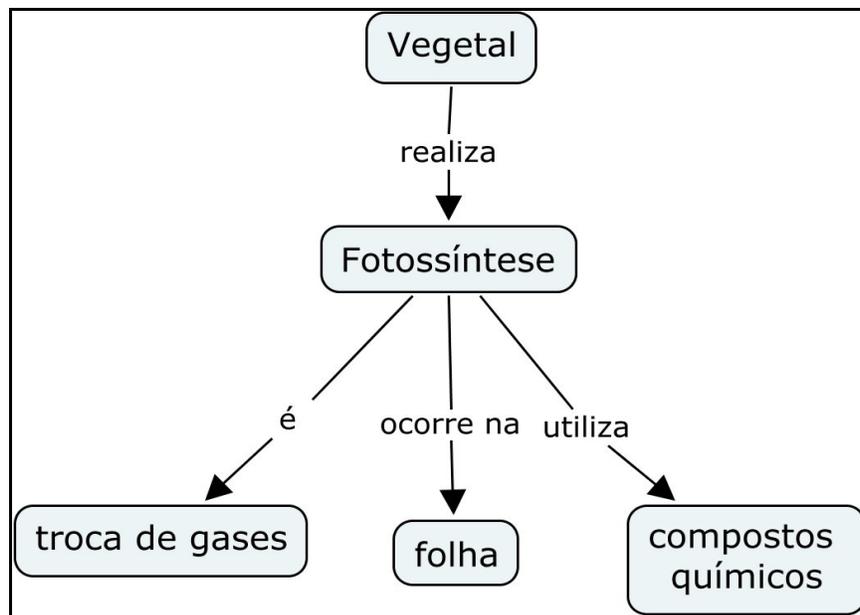
Aluno D



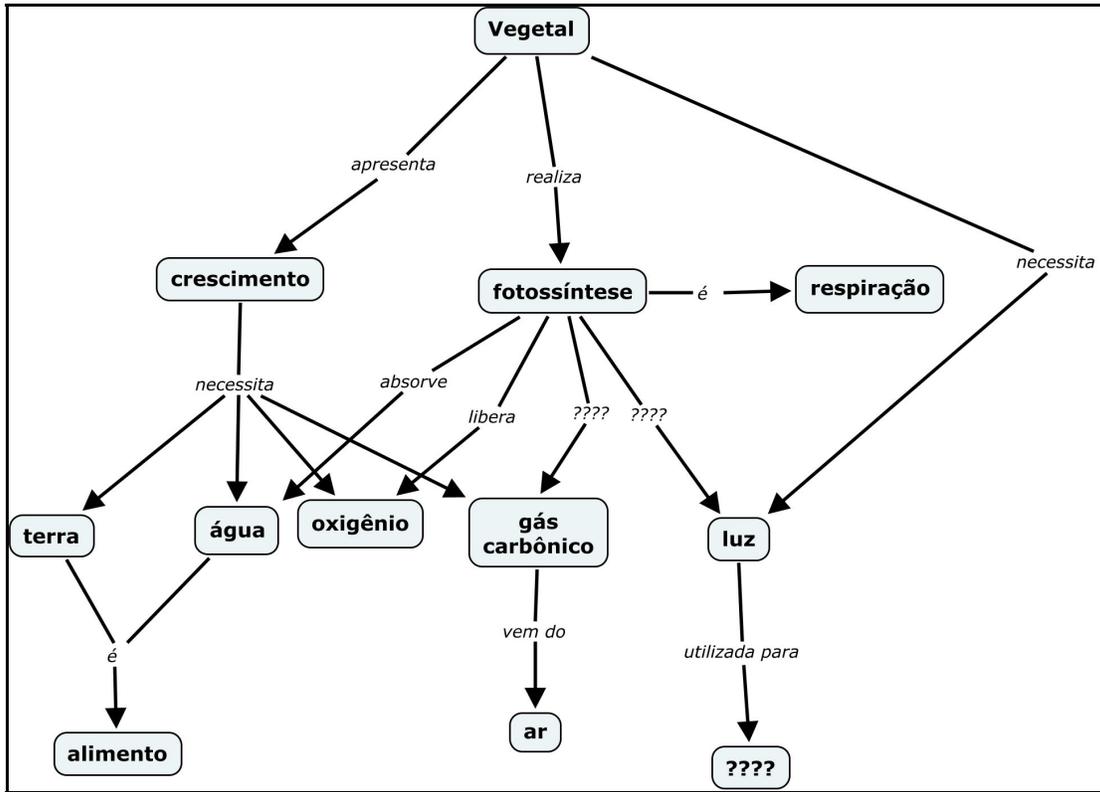
Aluno E



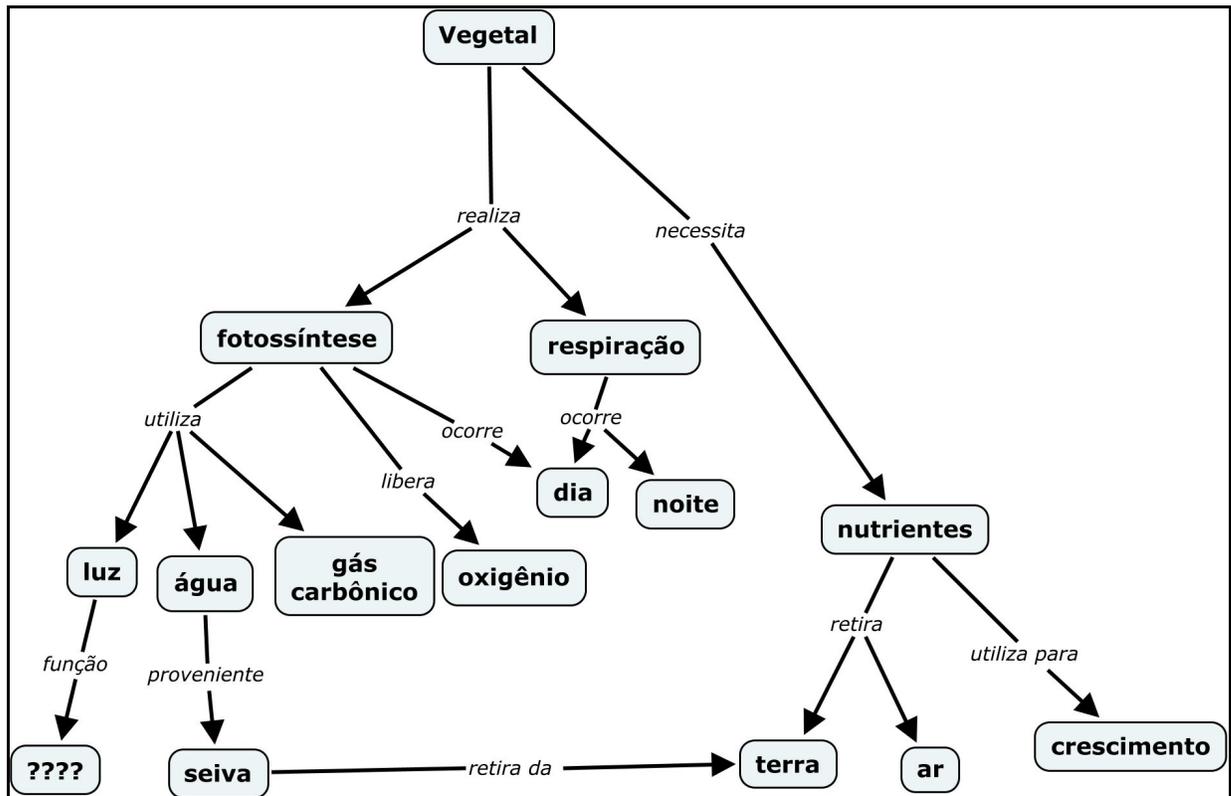
Aluna G



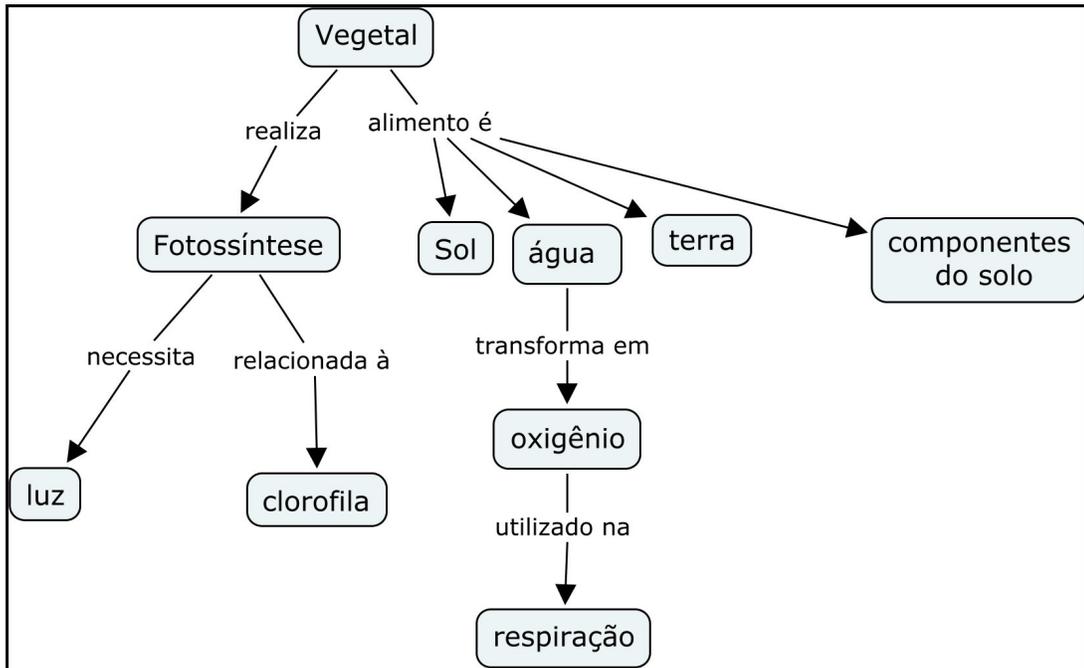
Aluna L



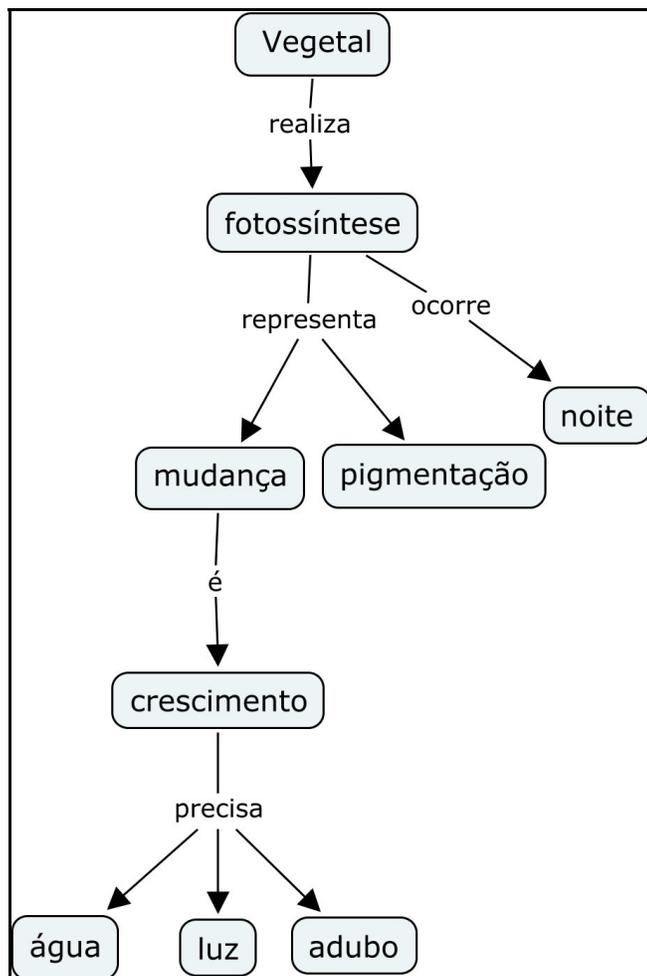
Aluna PR



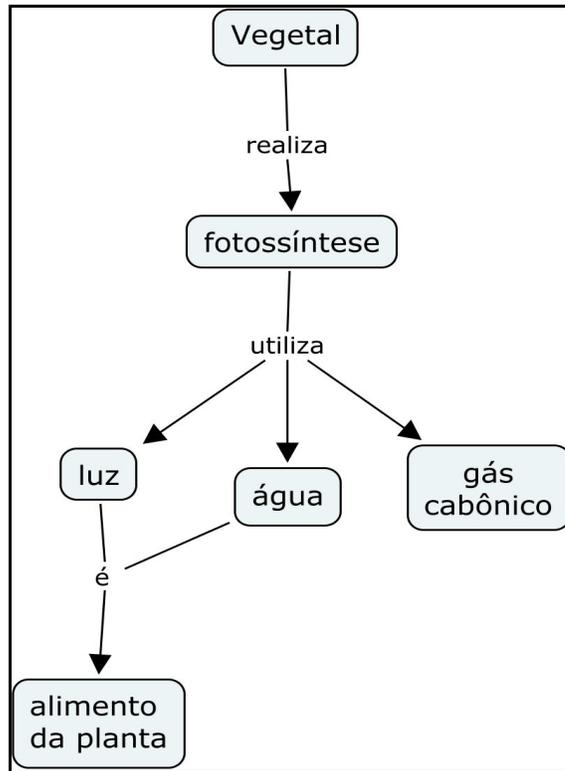
Aluna T



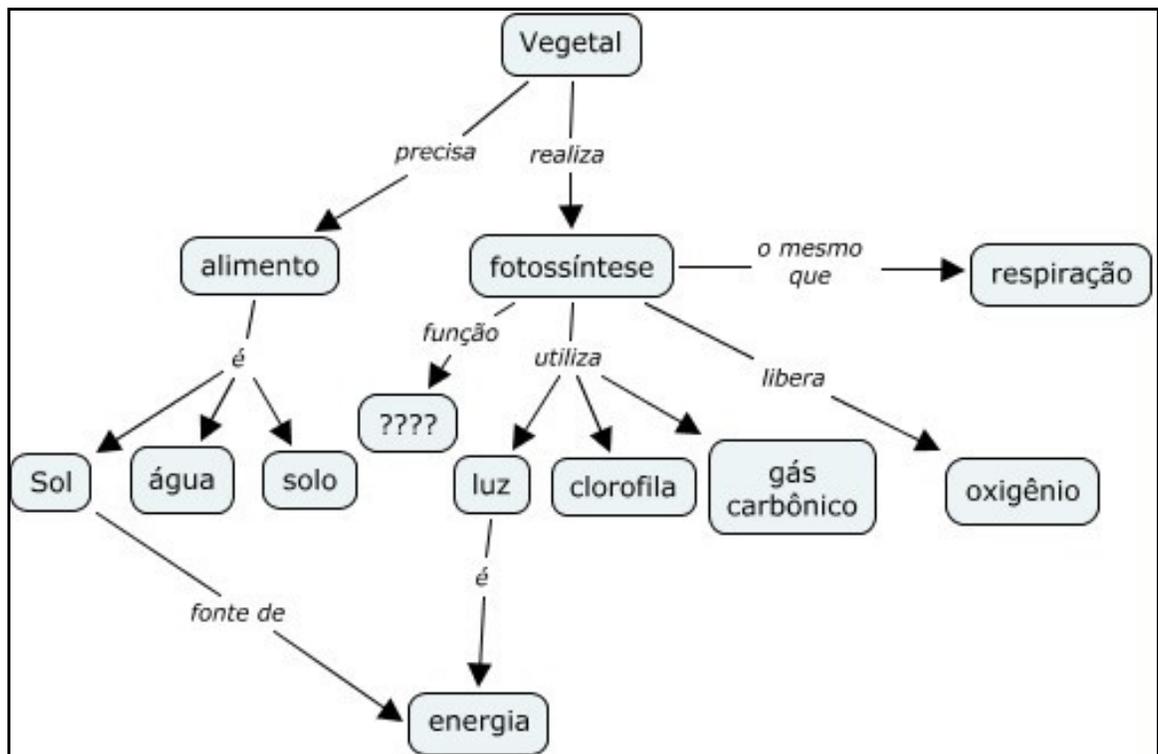
Aluna V



Aluno GV



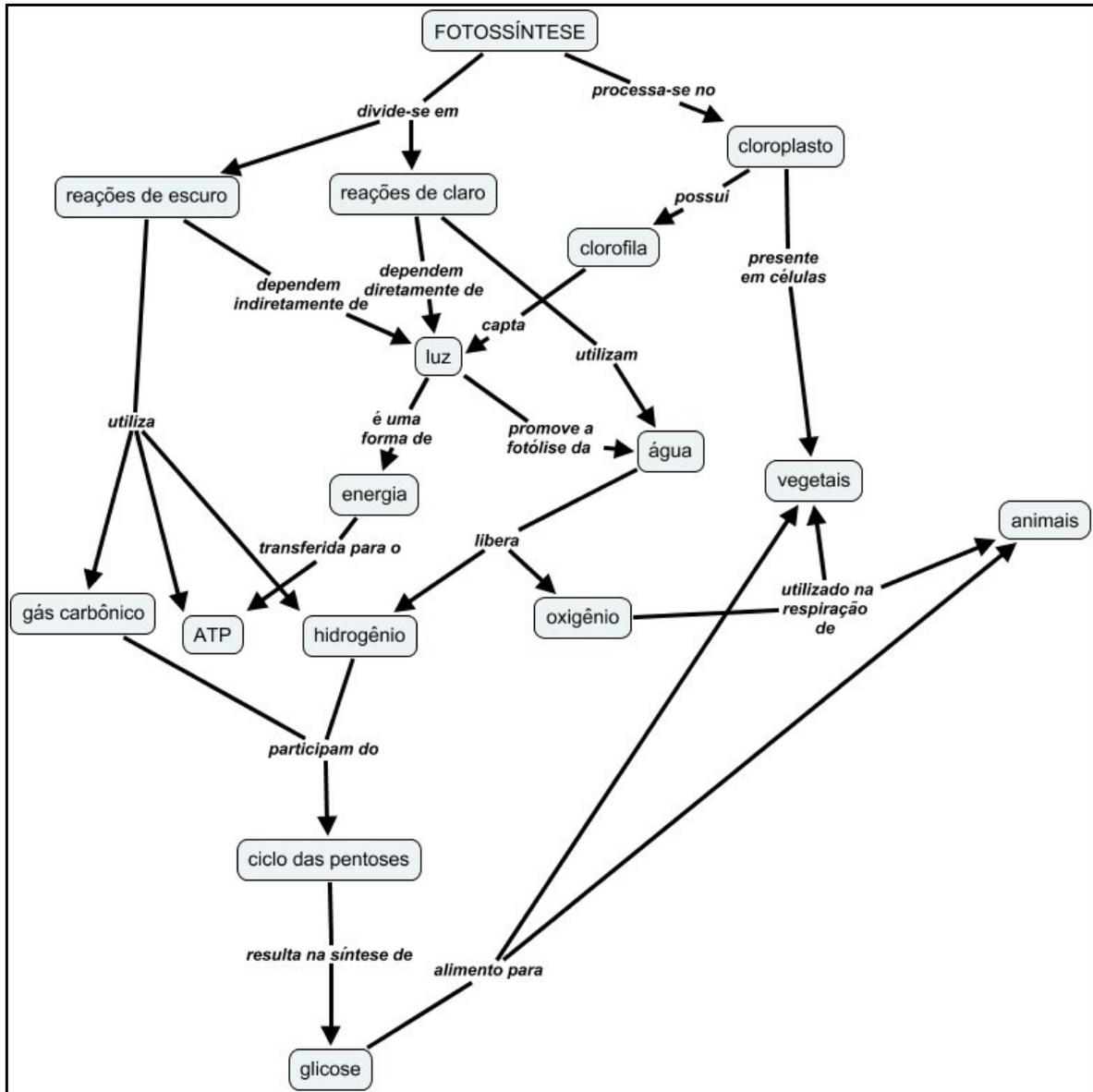
Aluna PD



Apêndice I - Roteiro para as aulas

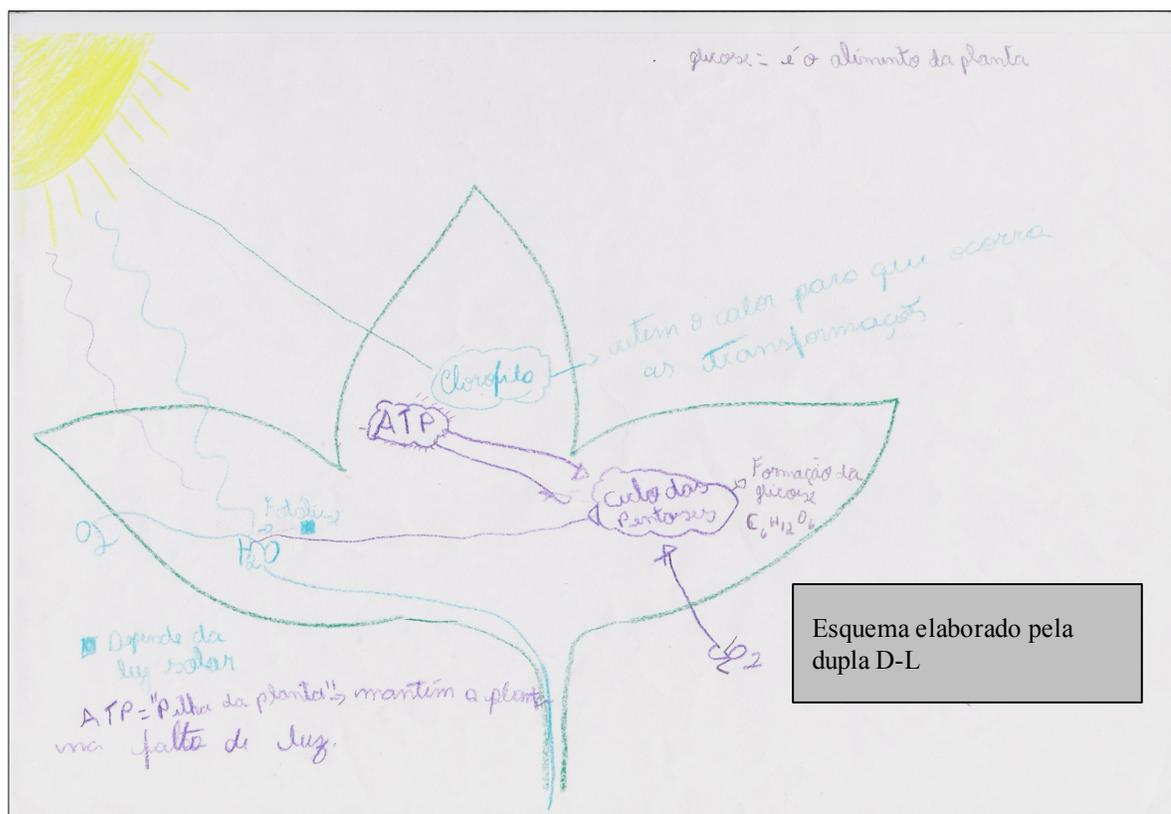
Conhecimentos a serem trabalhados com os alunos, durante a leitura do esquema.

- *A fotossíntese ocorre com os vegetais e é um processo de produção, de síntese;*
- *Além dos vegetais, algas e certas bactérias também realizam o processo;*
- *Os vegetais são seres vivos e, dessa forma, necessitam de energia para a realização de suas funções vitais;*
- *A fonte primária de energia nos ecossistemas é a luz solar;*
- *Os vegetais são os produtores nas cadeias alimentares. Utilizam a energia luminosa, transformando-a em energia química que é de certa forma armazenada nas moléculas de glicose produzidas durante a fotossíntese.*
- *Enfatizar as transformações de energia na natureza de forma geral e nos vegetais em particular.*
- *As células vegetais possuem um sistema de pigmentos capazes de absorver a energia luminosa. Entre esses pigmentos encontra-se a clorofila, que tem seus elétrons energizados ao incidir sobre eles a energia luminosa.*
- *A energia luminosa promove a fotólise da molécula de água. A partir dessa fotólise ocorre a liberação do oxigênio molecular. Dessa forma, o oxigênio liberado durante a fotossíntese é proveniente da água.*
- *A fotossíntese é um processo que integra a nutrição vegetal, com a produção de glicose.*
- *Vegetais realizam respiração e fotossíntese. Respiram dia e noite, assim como os animais e realizam fotossíntese em presença de luz (não necessariamente a luz solar).*
- *Durante a fotossíntese são produzidas moléculas de ATP, que irão fornecer energia para as reações que ocorrem durante o ciclo das pentoses;*
- *Considerando a demanda da energia luminosa, a fotossíntese é dividida em duas etapas: a “fase ou reações do claro”, que dependem diretamente de luz e a “fase ou reações do escuro”, que não necessitam diretamente de luz, mas têm suas necessidades energéticas supridas pelas moléculas de ATP;*
- *Durante a “fase do claro”, ocorre: a formação de ATP e a fotólise da água, com a liberação de oxigênio molecular;*
- *Durante a “fase do escuro”, ocorrem reações conhecidas como ciclo das pentoses. Nessa fase, o vegetal utiliza gás carbônico e hidrogênio, transportado pelo NADPH₂;*
- *O vegetal necessita, basicamente, de água, luz e gás carbônico para o processo de fotossíntese;*
- *A fotossíntese é uma etapa do processo de nutrição vegetal, em que esse ser vivo produz seu alimento. Dessa forma, os vegetais apresentam o que chamamos de nutrição autótrofa.*

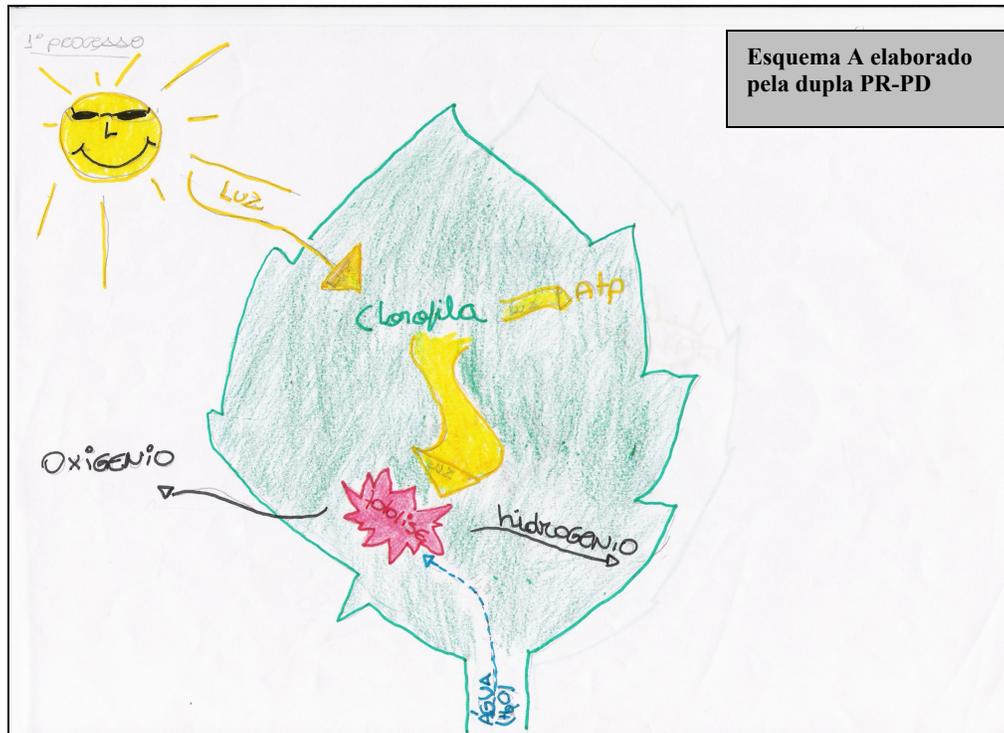


Apêndice J – Esquemas elaborados pelas duplas

Dupla D-L



Dupla PR-PD

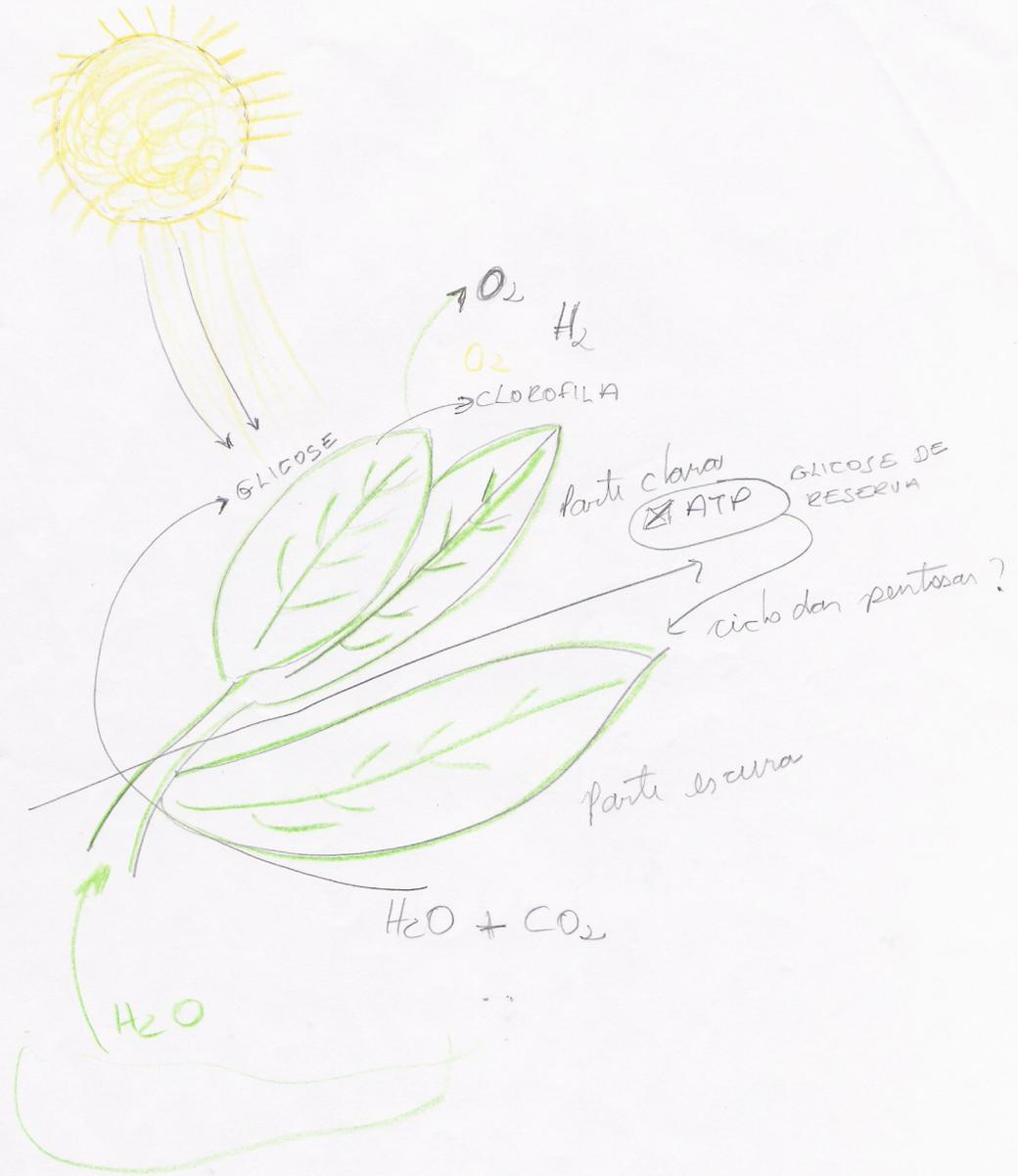


Dupla GV-DF

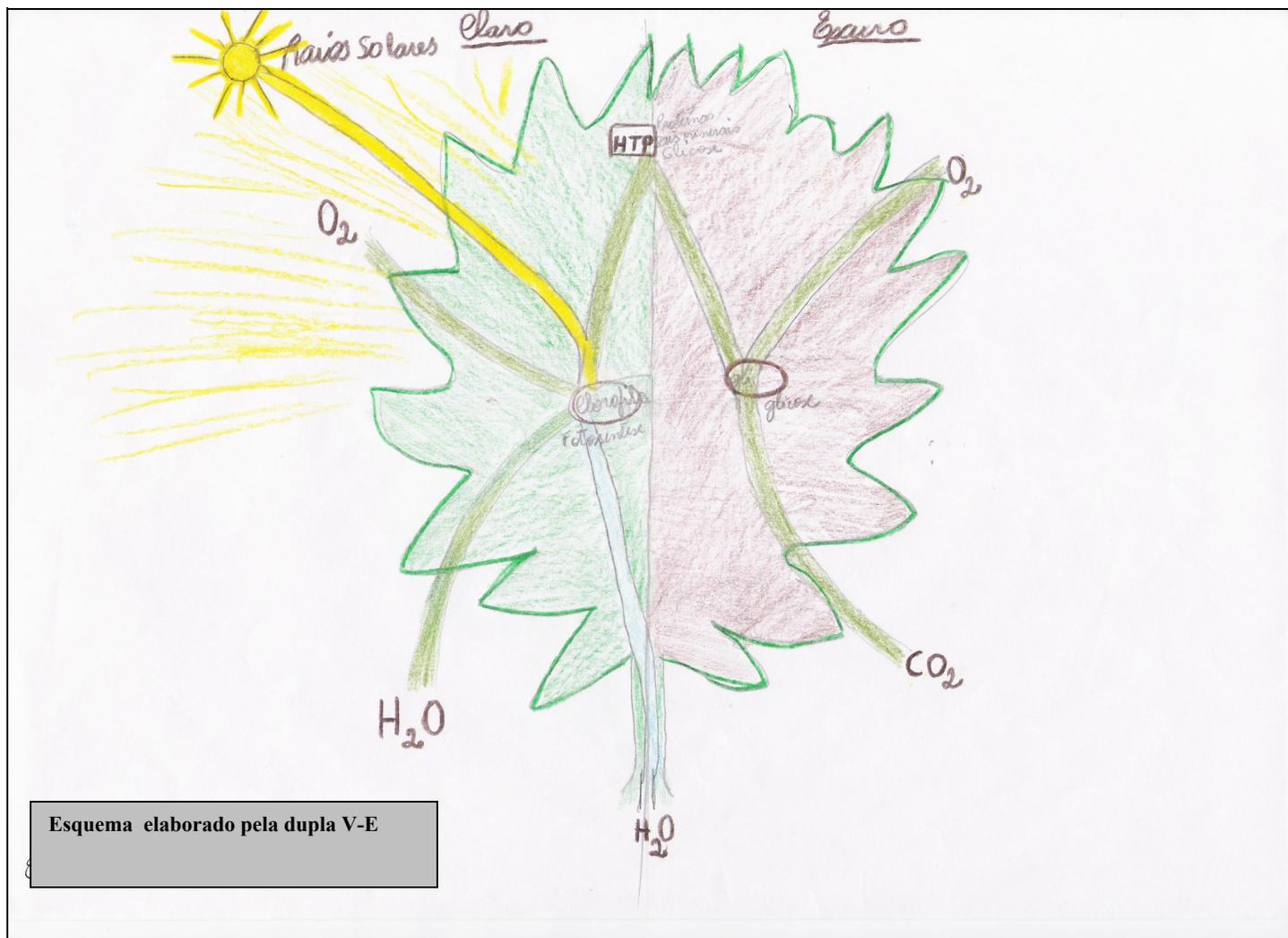
Alunos:

Esquema elaborado pela dupla GV-DF

Data: 15/05/2006
Semestre: 1º Normal Superior



Dupla E-V



Apêndice L – Dupla PR-PD: transcrição da negociação durante a elaboração dos esquemas

PD: Então eu acho..... aquele esqueminha que a professora mostrou, ta lembrada?...

PR: Eu penso assim, pode fazer a folhinha.... a folhinha dividida em dois aí tem a primeira folhinha aquela que precisa da energia...

PD: Solar ...

PR: Aí vai ter atp transferindo a energia...pra... produzir a glicose, tudo...

PD: Mas eu to falando porque o caule... é onde porque.... na folhinha, mostra que a água entra por fora, e não é, é pelo caule.

PR: Não é, é pelo caule. A gente pode fazer assim.... primeiro processo e segundo processo ...

PD: Pode ser.

(longa pausa)

PR: Aqui tem a folhinha ...

PD: E o caule. É caule que chama, né? Falta aquela coisa que chama tipo a água entra por ali.

PR: Mas aí é só desenhar

PD: A perninha (risos). A perninha da folha. Daí coloca que é H₂O. Daí a gente faz uma coisa diferente, porque em todos os esqueminhas que eu já vi, mostra a água entrando pela folha, e não é pela folha!

PR: Essa folhinha ela ta boa?

PD: Bem aqui fica ATP. Aqui a gente coloca a luz solar..... Desenha!

PD e PR: (risos)

PD: Ta lindo!

PR: É pra 1^a série, né?

PD: Agora bem aqui H₂O, que H₂O não é

PR: Água.

PD: Água.

PR: Eu vou colocar água e embaixo a fórmula H₂O, né?

PD: Isso!

PR: A água ta entrando ...

PD: Se colocar H₂O pra criança eles vão perguntar: O que é isso, gente?

PR: Então, ela absorve água

PD: Deixa eu ver o que que você anotou A gente não pode esquecer que a fotossíntese não é só pra liberar oxigênio, é o processo de...

PR e PD: Alimentação

PD: Da planta. É importante pra criança isso.

PR: Aí tem a clorofila, que absorve absorve a luz.

PD: Mas aí

PR: É, a clorofila que ela vai absorver, ela que faz o processo.

PD: E não precisa ser só a luz solar a luz de uma lâmpada, por exemplo....

PR: ahmmm....

PD: Ela... a professora naquele dia falou que pode ser até mais fácil Coloca aqui, P, ATP, que é onde guarda energia, onde vai acumulando. Ah, como que é aquele nome, que a professora falou no esquema

PR: Aquela quebra

PD: É, a quebra do Sol com a água? Anotou?

PR: Tem um nome FotoLise fotólise.

PD: Fotólise. Que aí é a quebra, né, da energia solar com a água.

PR: Como era mesmo? PTR?

PD: ATP.

PR: ATP.

PD: E guarda energia

PR: retém energia.

PD: ATP você tem que colocar aqui, né, pra ilustrar ... que ele ta guardando energia do Sol ta retendo essa energia.

PR: Acho que pra uma criança a gente não pode colocar clorofila.

PD: Pode colocar ... igual você fez, assim como a gente fez aqui.

PR: Água.

PD: A água, pra explicar que H₂O é a água. ATP, o que que é a tradução do ATP, você sabe?

PR: Ela retém energia... ela tipo... guarda, reserva.

PD: Como é que ... como é que chama aquele ai meu Deus, me deu um branco agora tem em casa e você vai guardando os alimentos? Você sabe o que que eu to querendo falar, não sabe? Pra produzir o ATP

PR: Não, mas a gente pode colocar também bateria, pilha!

PD: Pilha!... Por que ATP tem que ficar bem aqui, pra demonstrar que ta retendo energia daqui, pra gente passar pro outro esquema

PR: Eu sei como é que eu vou fazer

Professora: O gravador ta girando ainda?

PD: Esse esquema que a gente vai fazer aqui é pra aluno de 4^a série?

Professora: Não, você não se preocupa com o tipo de aluno. Você vai fazer de acordo com o seu conhecimento da fotossíntese. Como você representa a fotossíntese.

PR: Ta.... então aqui a gente pode colocar tipo o nome mesmo, né....

PD: É. ATP....

PR: Aqui ela pega tipo assim radiação... vem pra ca

PD: Uhummm Legal, aí você vai colocar esse processo?

PR: Aí, é a quebra de ...

PD: quebra de

PR: Fotólise.

PD: Fotólise, isso através da luz, né?

PR: Vê se dessa setinha, eu vou fazer tipo assim um risquinho, ó, vou colocar água, aí vem tipo uma

PD: Explosão? (risos) É! Tem que ser criativo, ta ficando bem criativo.

PR: Ahmmm, como é que é aí eu tenho que colocar tipo... oxigênio já saiu

PD: E o gás carbônico?

PR: Mas o gás carbônico

PD: vai ter que ser... virado pra cá, não é? Não aqui que você quer mostrar esse processo?

PR: É...

PD: Tem que mostrar a quebra da luz solar e da água, não é isso? O que eu entendi do desenho é isso...

PR: É... Vou botar bem aqui ... fotólise.

PD: Uhummm. Depois a gente tem que pintar.

PR: Agora essa quebra... como é que eu faço, represento de novo ...

PD: Por que, o que que é a quebra ...

PR: Como é que eu represento essa quebra?

PD: Já ta representado! A gente só tem que explicar o que que é ...

PR: O H₂O

PD: Ah, isso eu não acho que a gente tem que eu acho melhor esse ATP aqui pra cá, Pat, mostrando que ele ta guardando energia pro segundo processo que vai ser o da alimentação, né, da glicose... Mas será que ele sai da radiação da luz solar, ou será que ele pega aqui, da fotólise

PR: Eu acho que não, eu acho que é da luz solar. É, ele guarda do Sol.

PD: Você já ta fazendo o segundo processo? O que que você escreveu? Pento.... pentosa?

PR: É... sabe, Pri, mas eu acho... que o ATP ele guarda... energia que ele pode ter pego na fotólise ...

PD: Vamo perguntar pra professora.... será que ela fala... pra gente? Professora ! Você fica aqui, e eu fico com a luz solar.

PR: Assim, ó, (risos)

PD: Legal!(risos)

Professora: Fala! Ta girando ainda?

PR: Ta. Ahmmm... esse ATP guarda energia direto aqui da luz ou é da fotólise?

PD: É da luz, não é, professora?

Professora: Uma ta falando da luz e a outra ta falando da fotólise...

PD: Porque eu acho que o ATP, ele vai guardar energia do Sol, pra pode fazer o segundo processo. Esse aqui é o primeiro processo que a gente ta chamando, né? Mas o segundo processo que é o ATP ...

Professora: A fotólise é um processo. Que processo é a fotólise?

PD: Quebra de energia do Sol...

PR: É a quebra de oxigênio e hidrogênio. E isso acontece através da luz.

Professora: ta, e esse oxigênio e hidrogênio tão onde?

PR: Aqui, ó.

Professora: Tá, e o que que é isso aqui que você ta me apontando?

PR: A água.

PD: A água.

Professora: Vocês tão me mostrando a água. Então a fotólise é um processo ... e o ATP ele vai armazenar energia que é proveniente da luz.

PR: Diretamente?

Professora: Através do pigmento que é a clorofila, ta? Então é o que a P colocou, ta? Então ta lembrado no esquema de vocês aí.

PD: Gostou do nosso Sol?

Professora: Oi?

PD: Gostou do nosso Sol?

Professora: Ta lindo esse Sol.

Risos

PR: Você esse ATP aqui que ta mostrando que ta guardando energia, ta bem?

PD: Ta, P, tudo bem...

PR: Daí no outro esquema a gente bota aqui no canto.

PD: Uhum... a gente ta atrasada, né? É só isso o primeiro esquema? Daí tem o segundo processo..... (os meninos tão indo embora!)

PR: Tranquilo ...

PD: Aí nesse aqui tem que colocar que como o ATP guardou a energia, o ATP vai fazer o papel do Sol, vamos dizer, que vai...

PR: O ATP vai jogar energia ...

PD: A energia que ele guardou, que ele acumulou

PR: Aí tem que colocar o CO₂ entrando, né? Aí eu coloco a setinha vindo pra cá e tipo a glicose bem aqui assim, ó!

PD: A glicose é alimento da planta, né?

PR: É. Vai vim a luz, aí junto com o hidrogênio vai ter o ciclo da pentosa...

PD: O ciclo das pentosas.... que é o H, mais CO₂, que é o ciclo da glicose, carboidrato, sacarose... acho que isso acontece a todo momento, não? Só quando, quando reteve pouco.... pouco.... pouca luz, né, pouca.... energia (longa pausa) Nós nem pintamos ainda, Pat, a gente ta atrasada....

PR: calma

PD: esse segundo processo, libera oxigênio? Não, né?

PR: Não ...

PD: Vamo pinta? Que canetinha?

PR: É.

PD: Então vamo faze o seguinte. A gente pinta tudo o que representa o Sol de amarelo. Pinta aqui de vermelhinho

PR: Não tem vermelho....

PD: A gente faz laranja, então! Tem vermelho, professora?

PR: pega o amarelo pra mim? Essa canetinha não mancha não... se quiser ir pintando de amarelo

PD: Vai ficar lindo!..... Isso aqui tem que fazer de caneta...

PR: Ah, o nome, né....

PD: Sou canhota!

PR: Vc é canhota?

PD: Sou!

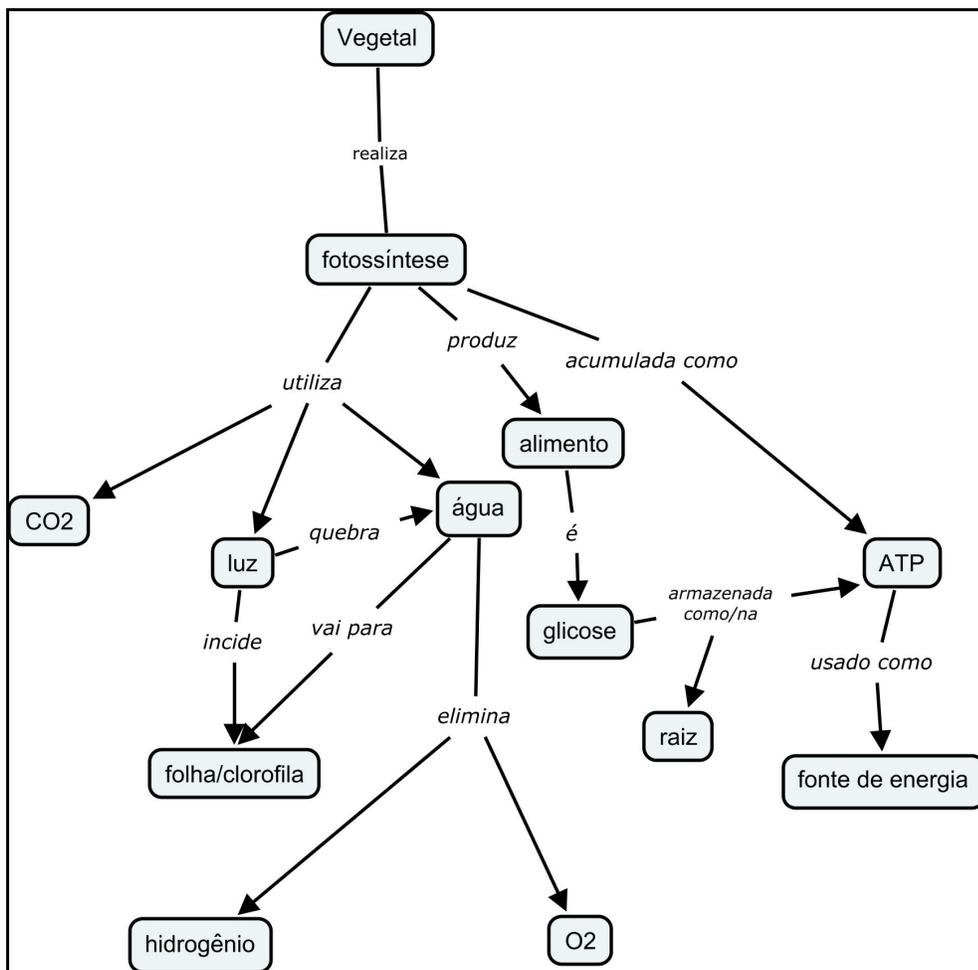
PR: Não sabia!

PD: Ta vendo? Que amiga!

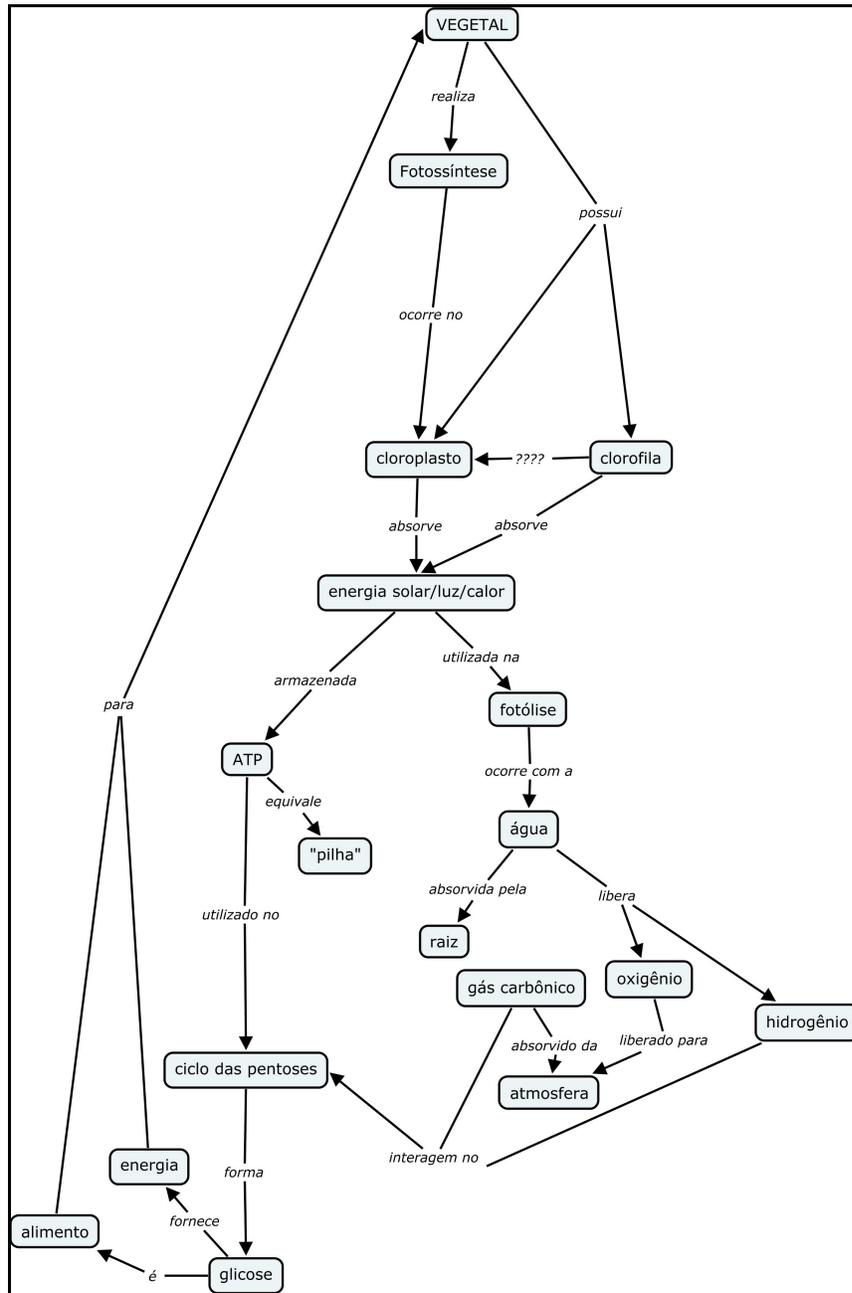
PR: Passa vermelhinho aqui ao redor.... cadê o verde?

Apêndice M – Mapas conceituais após as atividades pedagógicas

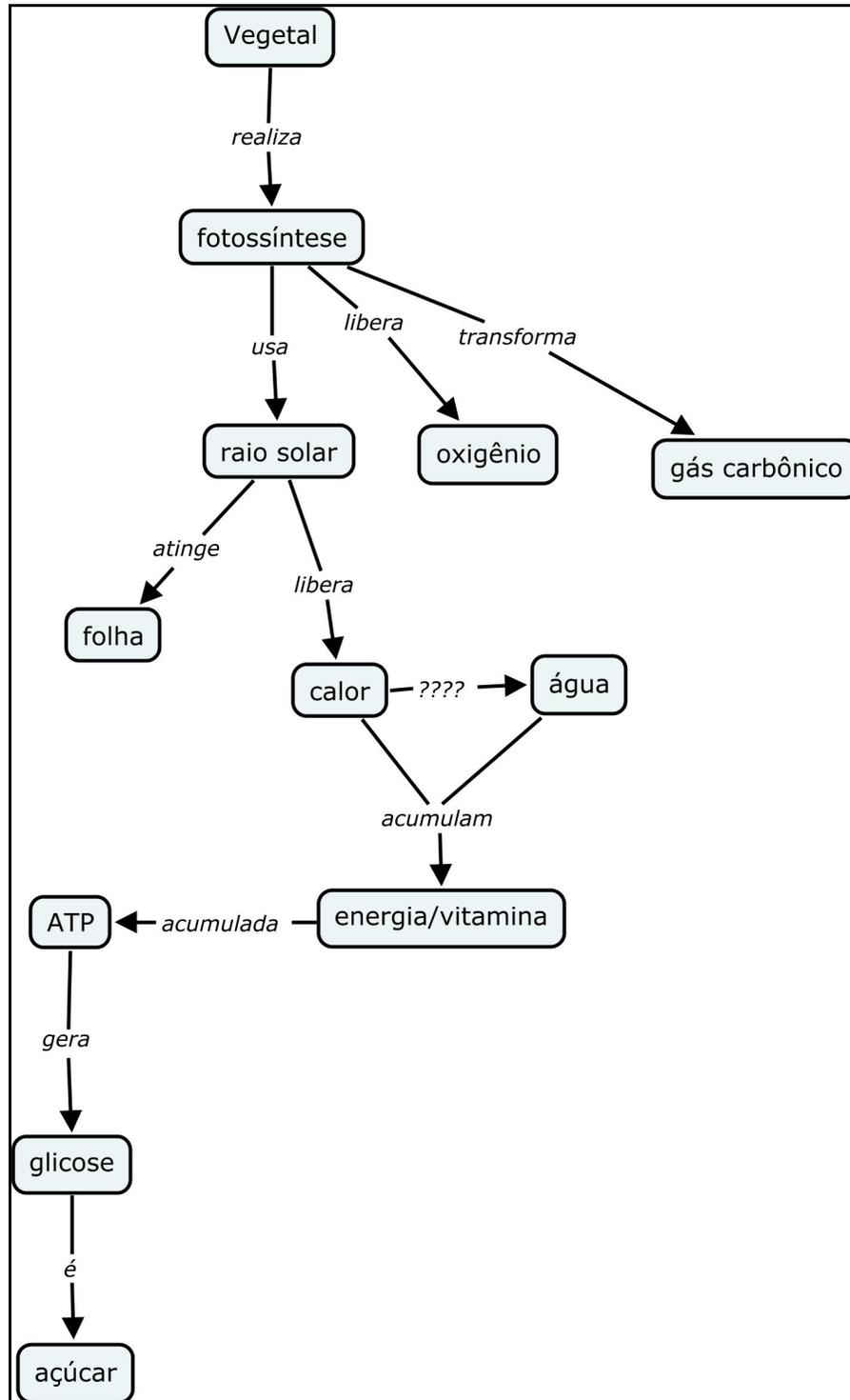
Aluno DF



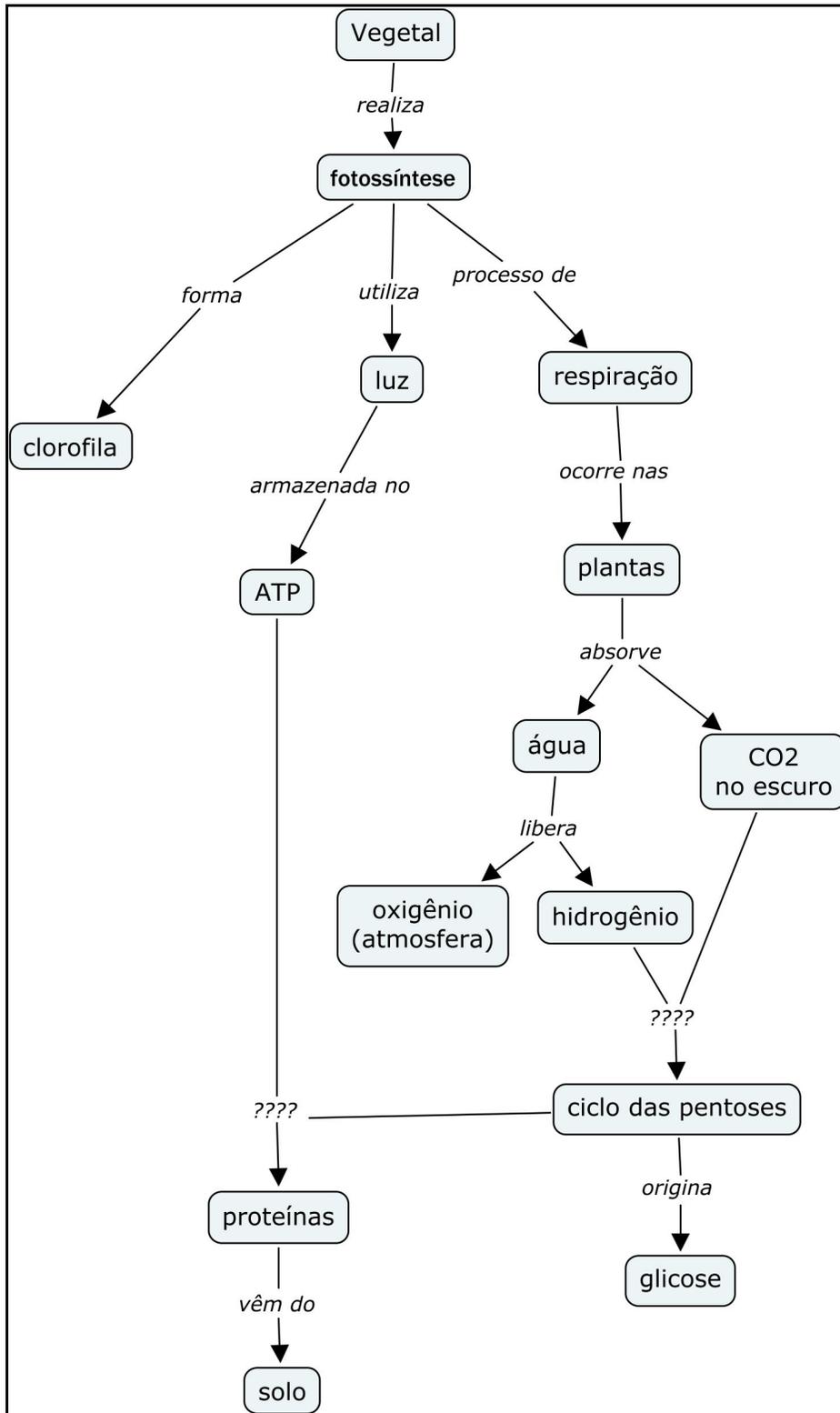
Aluno D



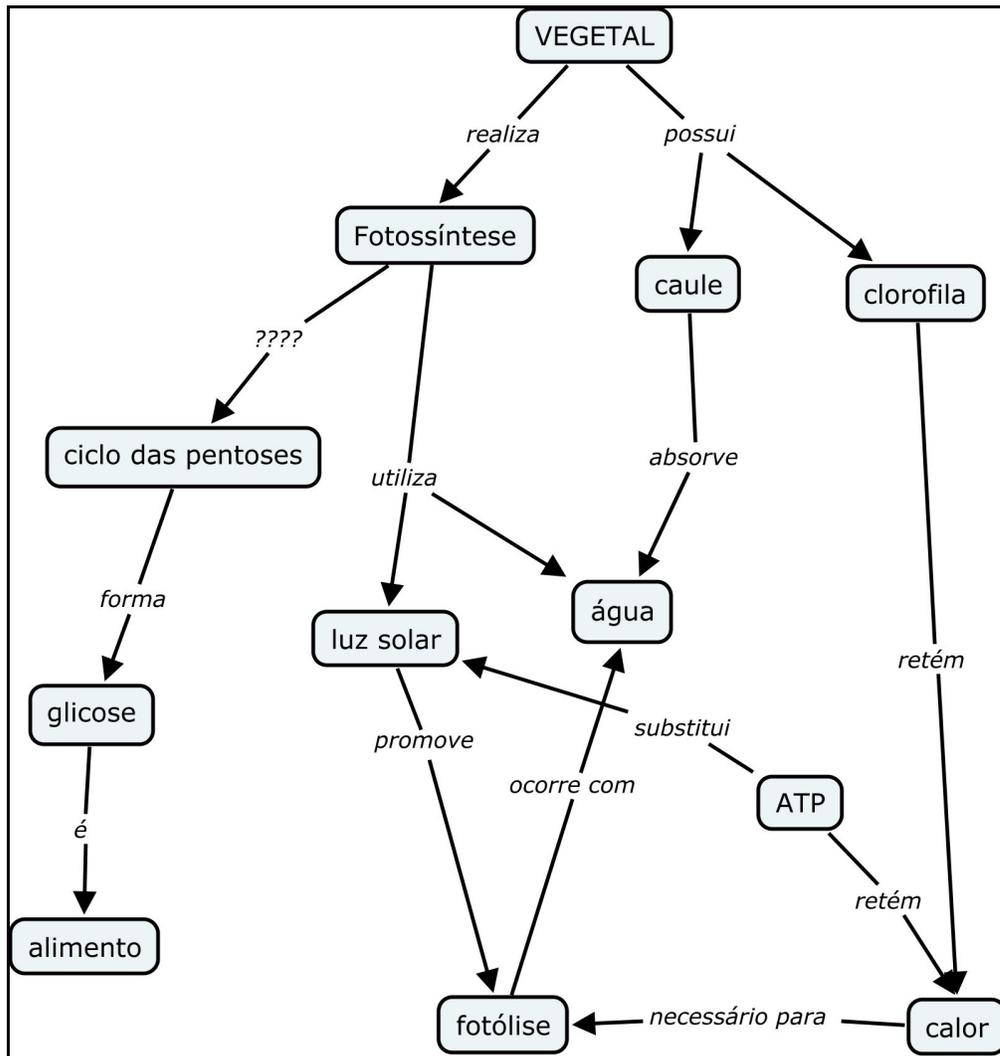
Aluna V



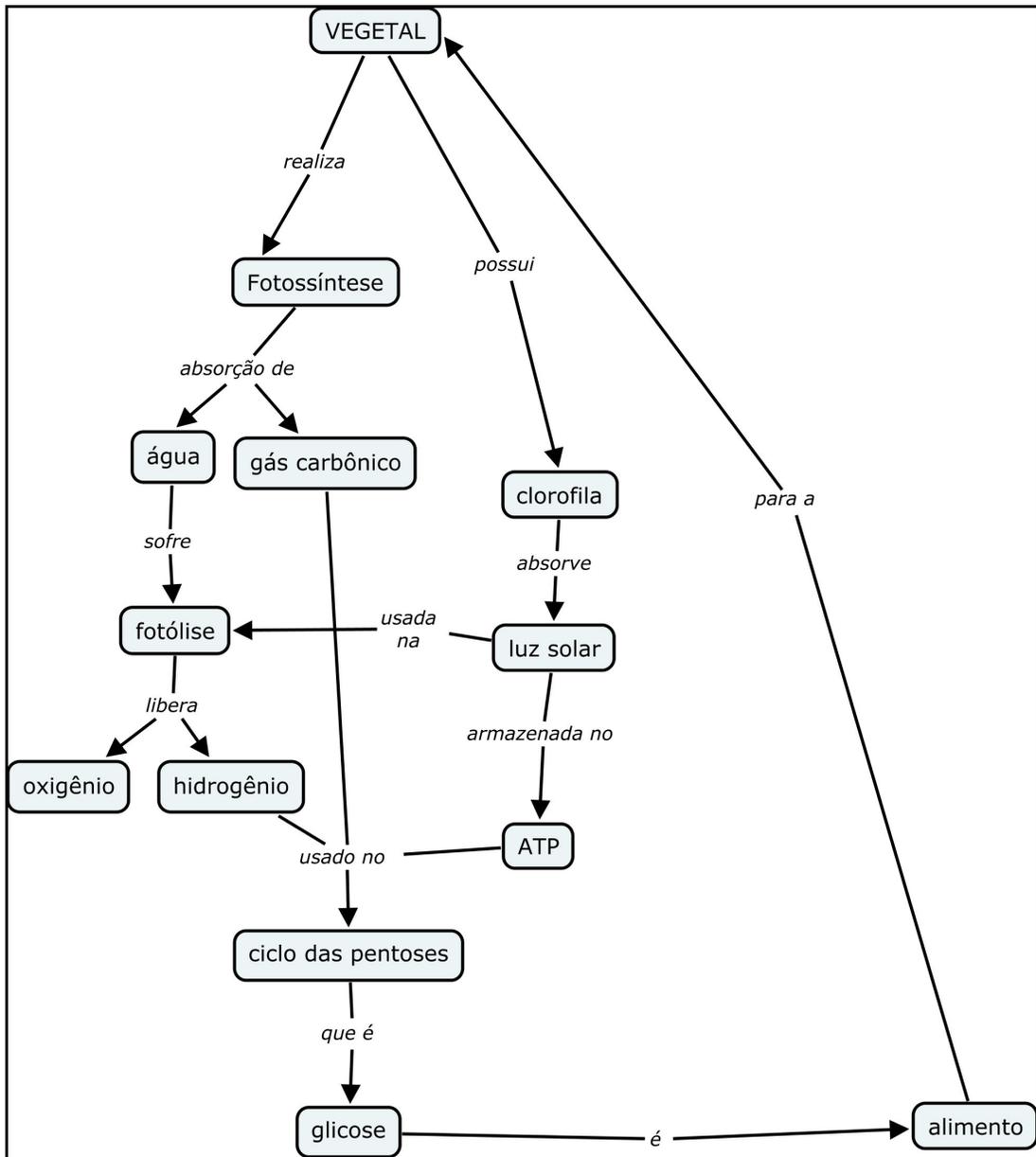
Aluno E



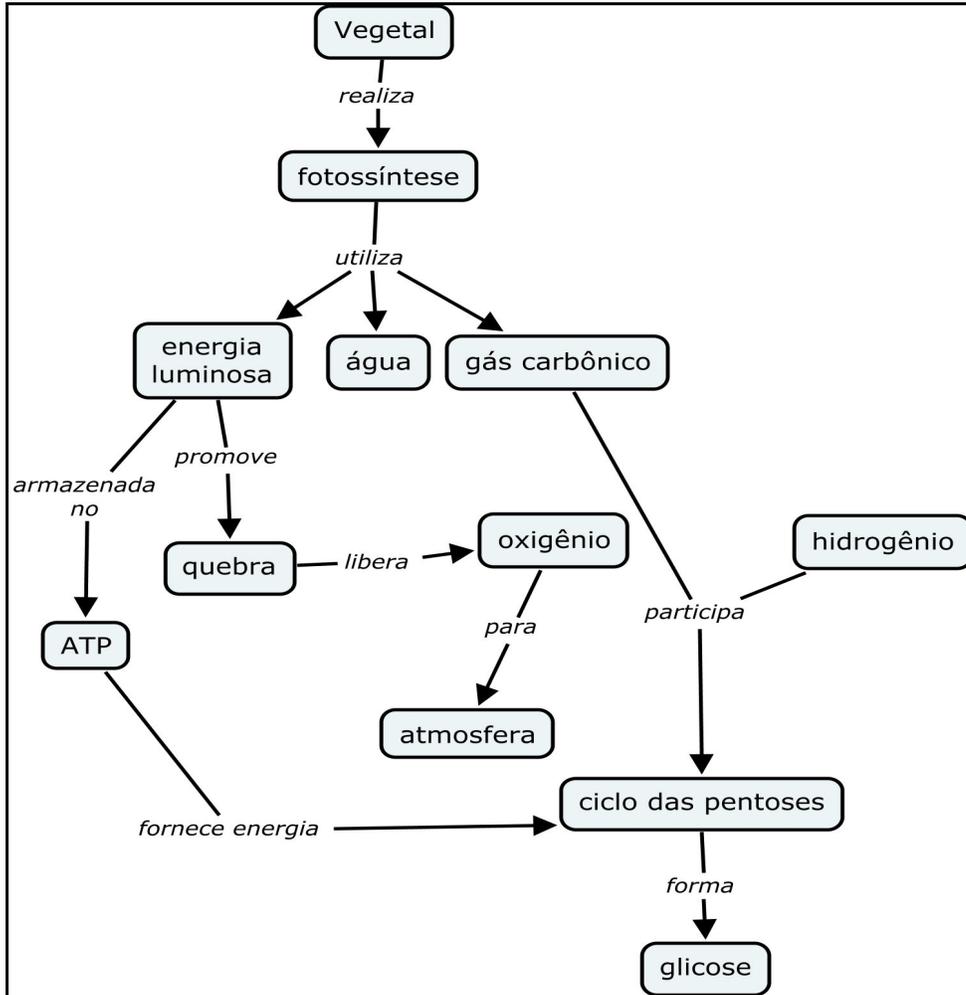
Aluna L



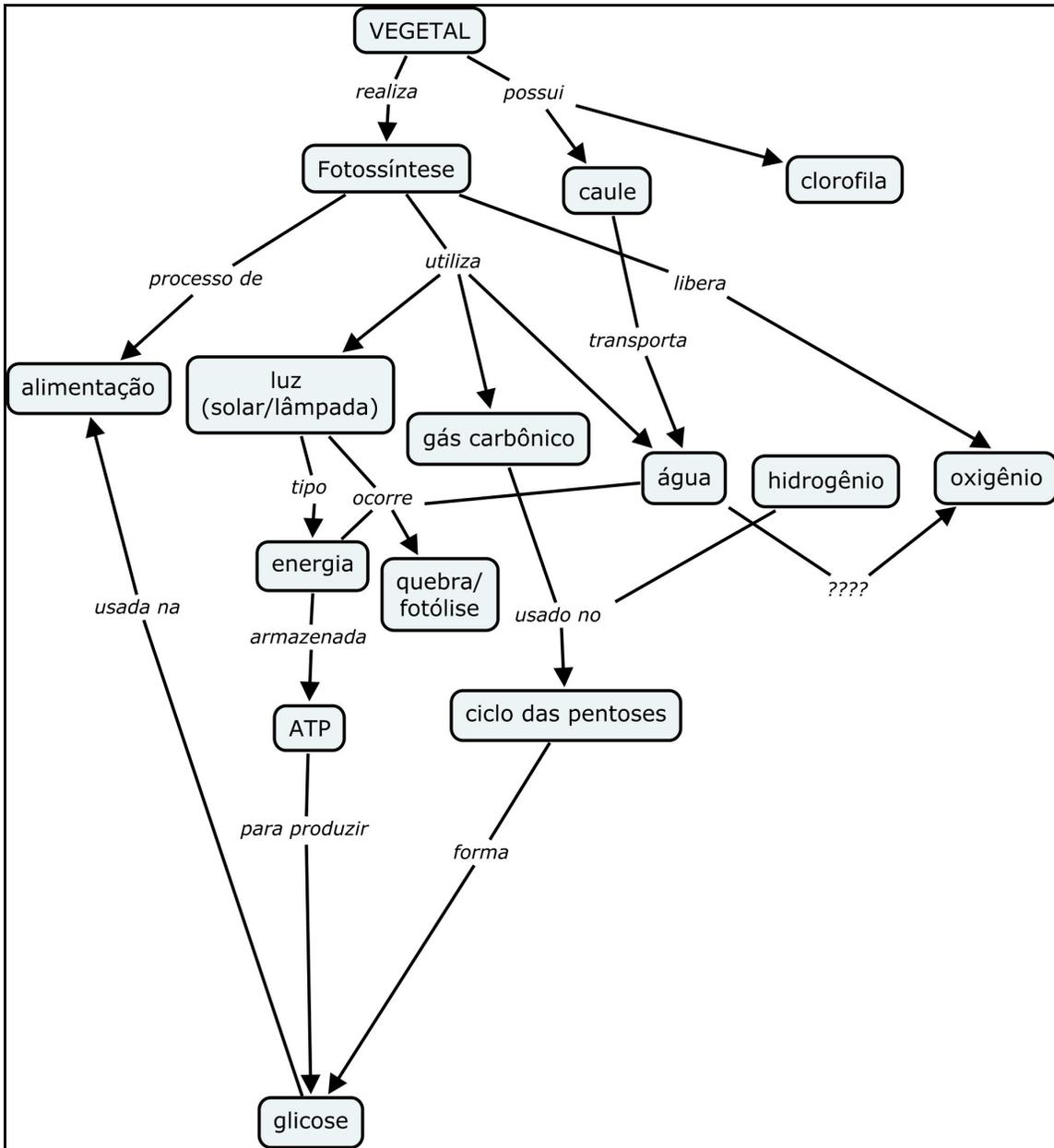
Aluna PR



Aluno GV



Aluna PD



Apêndice N – Transcrição de entrevista - estudo final

Pesquisadora (P): Bom, então gravando a entrevista agora com o D e eu to pedindo pra ele fazer a leitura do esquema 1 pra mim. Lê o que que o esquema te fala, Danilo.

D (aluno): Aqui é o seguinte: a luz penetrando na... folha, fornecendo energia pra pra ocorrer as reações químicas aqui dentro da planta. No caso o $2\text{H}_2\text{O}$, essa molécula se desmembra liberando o O_2 que é o oxigênio

P: Essa molécula que vc fala é o H_2O ?

D: É.

P: E o que que é o H_2O ?

D: É a própria água dentro da planta, né? Ela sofre a transformação.....

P: Quem?

D: Essa molécula aqui....

P: O H_2O ?

D: É. Recebe a luz solar, libera O_2 , o H_2 se mistura com.... o mo.. dióxido de carbono ... que também fornece.... ah peraí há uma transformação química aqui liberando o O_2 , aí já com o monóx...dióxido de carbono.... aí uma parte se transforma em oxigênio.... esse H_2 vem pra cá, formando H_2O , e dessas duas equações vai sair.... creio eu que a clorofila....

P: Esse $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, que vc falou que é clorofila, na verdade é glicose. Essa é a fórmula da glicose.

D: Eu sabia que era alguma coisa assim mas eu não tava muito ligado.

P: Bom então deixa eu te fazer uma outra pergunta: Isso aí está representando algum processo específico?

D: Da fotossíntese, né.

P: Por que que é a fotossíntese?

D: Ahm, por que a planta ela libera.. O_2 , e pega o mo.. dióxido de carbono. Não, a planta pega o monóxido, né?

P: Não, aqui ta representado o dióxido de carbono que é a mesma coisa que gás carbônico, ta. Esse CO_2 aqui.

D: Ahm...

P: Alguma outra evidência no esquema te leva a imaginar que seja a fotossíntese?

D: fora isso não. Por que aqui ele capta o gás carbônico e libera o oxigênio.

P: E isso te levou a imaginar a fotossíntese?

D: Foi.

P: E em que tipo de ser vivo isso acontece?

D: Nos vegetais.

P: Nos vegetais, certo. Existe algum outro processo que os vegetais realizam,.... além da fotossíntese?

D: Existe.

P: Qual?

D: Transformação da seiva bruta...seiva elaborada...

P: E por que que o vegetal faz fotossíntese?

D: Pra retirar não sei....

P: Você sabe que ele faz, mas não sabe por que.

D: É.... eu não lembro agora no momento

- P: Ta, e se ele não fizer a fotossíntese, o que que acontece com ele?
- D: Ele morre ou não?
- P: Você é que tem que dizer: o que que vc acha?
- D: Acho que ele morre.
- P: E vc sabe dizer por que?
- D: Por que ele ... precisa do gás carbônico pra ocorrer essas transformações aqui.... aqui dentro....
- P: E essas transformações que vc ta me mostrando aqui dentro da folha, resultam no que?
- D: Na clo.... não na.... produção de O₂....
- P: Mais alguma coisa é produzida?
- D: Seiva bruta, elaborada, glicose?
- P: E pra que que o vegetal utiliza seiva elaborada, glicose.... por que a seiva bruta ta aqui junto com água. Aliás eu vou até te perguntar: de onde ta vindo essa água?
- D: Do solo?
- P: E o gás carbônico?
- D: Do.... da atmosfera.
- P: E vc acha que o esquema te mostra isso?
- D: Não, que essa é a seiva elaborada, não.....
- P: Ahmmm, eu tinha te perguntado alguma coisa antes.... deixa eu retornar ah!, era da seiva elaborada, glicose. Pra que que o vegetal utiliza seiva elaborada, glicose....
- D: Que eu me lembro de pequeno é que.... a seiva elaborada é elaborada nas plantas... desce... pelo caule, vem pras raízes... já a seiva bruta, ele... ela é absorvida na raiz e sobe pras folhas.
- P: E vc lembra por que o vegetal precisa dessas duas seivas?
- D: não, agora não lembro não.
- P: Ta bom. Eu vou te passar uma outra pergunta antes da gente passar pro esquema 2. Nós respiramos, certo?
- D: Uhummm...
- P: E nos que somos animais, fazemos a fotossíntese?
- D:de certa forma sim. Levando prum lado assim que.... a gente capta o oxigênio e libera o gás carbônico.
- P: Nós captamos o oxigênio e liberamos gás carbônico. E que processo é esse?
- D: Respiração.
- P: Respiração.
- D: No caso seria o inverso da fotossíntese, não? Que capta gás carbônico e libera oxigênio.
- P: E a planta faz esse processo inverso, que é captar o oxigênio e liberar o gás carbônico?
- D: Somente à noite.
- P: A planta faz esse processo à noite, ou seja, esse processo que vc chamou de respiração nos animais a planta faz à noite?
- D: Uhummm...
- P: Então seria assim: Os animais dia e noite estão respirando e as plantas respiram somente à noite?
- D: É.... seria mais ou menos isso. Por causa da luz solar, né... que pára de fornecer energia pra....
- P: Ta, e parando de fornecer energia o que que ela para de fazer?
- D: Ahm... pára de produzir oxigênio.
- P: E que processo é esse que ela parou de realizar? Quando não tem luz?

D: Creio eu que é a fotossíntese, né?

P: Ta, então deixa eu entender uma coisa. A planta faz os dois processos? A respiração e a fotossíntese?

D: Uhummmm.

P: E quando ela faz um e quando ela faz o outro, ou ela sempre faz os dois?

D: Não, ela faz um, durante o dia, e à noite...

P: Qual?

D: Ela faz fotossíntese durante o dia ... e respiração durante a noite.

P: Ta, e durante o dia ela também respira?

D: isso eu não lembro.

P: Não lembra.... ta bom. Então eu vou passar pra vc agora, um segundo esquema, que é o esquema 2. E vc também vai ler o esquema pra mim, do jeito que vc fez com o primeiro.

D: Isso aqui é.... produção de seiva?

P: Pode continuar lendo,. E me diz por que que vc acha que é produção de seiva?

D: Fotólise da água... creio eu que seja a transformação da água por que recebe luz, alguma coisa assim...liberação para o meio, liberando o oxigênio da água, a energia luminosa bate na clorofila, junto com essa fosf.... não lembro o que que é isso aqui..... ela pega o CO2.... que ta penetrando nessa parte que ta escura....

P: E vc saberia me explicar por que que essa parte ta escura?

D: Não.

P: E esse processo todo que ta representado nesse esquema, que processo é esse?

D: Isso que eu não sei.....

P: No esquema 1 vc falou fotossíntese. Então a mesma pergunta: No esquema 2 existe algum processo específico representado?

D: Usando a mesma lógica aqui deste lado

P: Deste lado que vc fala é o lado claro?

D: É. De certa forma é a fotossíntese aqui também.....

P: Então vc ta associando a liberação de oxigênio à fotossíntese?

D: É. E aqui no caso ela ta puxando o gás carbônico...

P: Aqui vc fala é no lado escuro....

D: É....., no lado sem energia, ta puxando gás carbônico pra fazer alguma transformação aqui, liberando H2O, glicose... tem essa fonte aqui de energia, também....

P: E isso tudo te dá idéia da fotossíntese?

D: Também.

P: Se vc tiver que associar o esquema 2 e o esquema 1, vc diria que são parte do mesmo processo?

D: Eu diria que o esquema 1 ta dentro do esquema 2.

P: Em que parte do esquema 2 o esquema 1 estaria?

D: Eu creio que total, como um todo...

P: Como um todo.... ta, todo esse esquema 1 aqui representado estaria dentro do esquema 2?

D: uhummm....

P: Então, será que a gente pode dizer que tanto o esquema 1 quanto o esquema 2 representam a fotossíntese?

D: Uhum. Mas o esquema 2 que eu to em dúvida é em relação à parte sem energia luminosa.....

P: Qual a dúvida?

D: Ciclo de pentoses, esse ATP aqui, fosforilação

P: Uhummm.... deixa eu entender qual é a dúvida que vc tem. Ahm, se eu disser pra vc que a energia luminosa ta entrando aqui, né, a energia luminosa ta incidindo na molécula de clorofila e ta fornecendo energia pra esse processo chamado fotólise da água, que significa “quebra da molécula de água”, com a liberaçãodo

D: oxigênio.

P: Certo. E aqui, os hidrogênios da molécula de água estão passando para o ciclo das pentoses. Com a liberação de

D: Glicose.

P: Glicose. Então vamos olhar o esquema 1, o que que ta sendo liberado no esquema 1?

D: O₂.

P: Oxigênio, né? E o que que ta sendo formado no esquema 1?

D: A glicose.

P: A glicose, me mostra a glicose aí.

D: Aqui.

P: Isso. E que mais? Ta sendo formado....

D: H₂O...

P: Isso...

D: e... não, gás carbônico ele entrou e ta...meio que foi desmembrado

P: Tá, e vc tem isso no esquema 2?

D: Tem, a glicose, liberação de oxigênio e.... o gás carbônico também , aqui dentro.

P: Ta... quando eu te perguntei de onde vinha a água no esquema 1 vc me falou do solo. Vc sabe me falar a importância do solo para o vegetal?

D: Sem o solo o vegetal não vive,,, ele tira do solo nutrientes, água.... tudo que ele precisa ele tira do solo... menos a energia solar.

P: Menos a energia solar.... e a importância da atmosfera provegetal?

D: É da atmosfera que ele retira esses gases...

P: Quais gases?

D: CO₂ durante o dia e... O₂ durante a noite.

P: Ta certo. D, nesse primeiro momento, acho que vc já respondeu o que eu precisava. Se eu tiver mais alguma dúvida eu vou te chamar. Por agora...vc já esclareceu o que eu tava precisando... ta bom?