

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS
QUÍMICA DA VIDA E DA SAÚDE

**APRENDIZAGEM DE CONCEITOS BIOLÓGICOS ATRAVÉS DO ESTUDO
DAS REPRESENTAÇÕES MENTAIS**

Karen Cavalcanti Tauceda

Dissertação apresentada
como exigência parcial para obtenção de grau em Mestre em Educação em Ciências,
sob orientação do Prof. Dr. José Cláudio Del Pino

Porto Alegre, julho 2009

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram e acreditaram na realização deste trabalho, em especial à minha filha Leticia, meu esposo Vladimir, meus pais Helma e Edemar e meu orientador, Prof. José Cláudio Del Pino.

Também agradeço à professora de biologia Nadegi, da Escola Estadual Parobé, pelo apoio e compreensão dos momentos em que precisei de tempo para poder terminar este trabalho. Ao curso de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde/UFRGS pelo apoio e aos meus colegas de curso pelos momentos de descontração e alegria.

Um agradecimento especial aos alunos das turmas com quem trabalhei e que entenderam e apoiaram as novas propostas pedagógicas que estavam sendo aplicadas, pois sem o engajamento deles, este trabalho não teria sido possível.

À minha filha amada Leticia

RESUMO

No ano de 2007 foram analisadas representações mentais de alunos do 1º ano do ensino médio, na disciplina de biologia da Escola Estadual Parobé, Porto Alegre, RS. Foi avaliada a influência das figuras do livro didático (LD) no processo de aprendizagem de conceitos biológicos abstratos (bioquímica e biofísica celular), na construção do pensamento complexo e de modelos mentais. São discutidas quais as metodologias adequadas para trabalhar com representações do conhecimento do tipo pictóricas (do LD) e também a relevância do uso de desenhos como ferramenta de pesquisa de modelos mentais, no estudo da biologia. A pesquisa foi desenvolvida em quatro turmas, divididas em dois grupos, de acordo com a utilização ou não do LD. Os alunos produziram 487 desenhos em tarefas instrucionais; são proposições relacionadas aos conhecimentos prévios (pré-teste), ou aos conceitos desenvolvidos em aula (pós-teste). Nas turmas com o LD, o pós-teste também se relacionou com os conceitos das figuras do LD. Categorias indutivas foram produzidas para avaliar as representações complexas, e as representações e modelos mentais foram analisados de acordo com Greca e Moreira (1996, 2000), Moreira e Lagreca (1998) e Moreira (1994). Foi encontrada uma menor frequência de desenhos que indicavam a construção do pensamento complexo, e de modelos mentais no grupo de alunos com o LD. Estes alunos não desenvolveram uma aprendizagem significativa.

Palavras-chave: *representações mentais, pensamento complexo, modelos mentais, livro didático, bioquímica no ensino médio, biofísica no ensino médio, aprendizagem significativa.*

ABSTRACT

In 2007 mental representations of students in the 1st year of secondary education were analysed, in the subject of biology at the Parobé State School, in Porto Alegre, Rio Grande do Sul – RS. The influence of the figures in the didactic book (DB) was assessed, in the process of learning abstract biological concepts (biochemistry and cellular biophysics), in the construction of complex thought and of mental models. Discussions involved which are the adequate methodologies for working with knowledge representations of a pictorial kind (from a DB) as well as the relevance of the use of drawing as a research tool for mental models, in the study of biology. The research was carried out in four teams, divided into two groups, according to the use or not of the DB. Students produced 487 drawings in instructional tasks; they are propositions related to former knowledge (pre-test), or to the concepts developed in the classroom (post-test). In the teams with the DB, the post-test also related to the concepts of the figures in the DB. Inductive categories were produced to assess the complex representations, and the representations and mental models were analysed according to Greca and Moreira (1996 – 2000), Moreira and Lagreca (1998) and Moreira (1994). A lower frequency was found of drawings that indicated the construction of complex thought, and of mental models in the group of students with the DB. These students failed to develop significant learning.

Key words: *mental representations, thought complex, mental models, didactic book, biochemistry in intermediate teaching, biophysics in intermediate teaching, significant learning.*

SUMÁRIO

	página
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 Estrutura da Dissertação.....	4
1.2 Produção Científica.....	4
2 ARTIGOS	
2.1 <u>1º Artigo</u>: O Livro Didático de Biologia e as Representações	
Mentais de Bioquímica e Biofísica em Alunos do	
Ensino Médio.....	5
2.1.1 Resumo/Abstract.....	6
2.1.2 Introdução.....	7
2.1.3 Objetivo.....	12
2.1.4 Metodologia.....	13
2.1.5 Resultados.....	17
2.1.5.1 Conceito Fotossíntese - Variação da frequência	
dos desenhos na comparação entre pré e	
pós-teste nas turmas dos grupos 1 e 2	
(INTRA-TURMA).....	17
2.1.5.2 Conceito Membrana Plasmática - Variação da	
freqüência dos desenhos na comparação entre	
pré e pós-teste nas turmas dos grupos 1 e 2	
(INTRA-TURMA).....	18
2.1.5.3 Conceito Fotossíntese - Variação da frequência	
dos desenhos na comparação dos pós-testes	
na turmas do grupo 1 e 2 (INTER-TURMA).....	22
2.1.5.4 Conceito Membrana Plasmática - Variação da	
freqüência dos desenhos na comparação dos	
pós-testes nas turmas do grupo 1 e 2	
(INTER-TURMA).....	27
2.1.6 Discussão e Conclusão.....	32
2.1.7 Referências Bibliográficas.....	44

2.2	<u>2º Artigo</u>: Modelos e outras Representações Mentais no Estudo do DNA em alunos do Ensino Médio.....	49
2.2.1	Resumo/Abstract.....	50
2.2.2	Introdução.....	51
2.2.3	Objetivo.....	57
2.2.4	Metodologia.....	57
2.2.5	Resultados.....	61
	2.2.5.1 Análise Qualitativa.....	61
	2.2.5.2 Análise Qualitativa – Modelos Mentais.....	61
	2.2.5.3 Análise Qualitativa – Representações Mentais..	66
	2.2.5.4 Análise Quantitativa.....	73
	2.2.5.5 Análise Quantitativa – Representações Mentais.....	73
	2.2.5.6 Análise Quantitativa – Modelos Mentais.....	74
2.2.6	Discussão.....	75
2.2.7	Referências Bibliográficas.....	92
3	DISCUSSÃO E CONCLUSÃO GERAL.....	100
4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103

LISTA DE TABELAS

1º Artigo: O Livro Didático de Biologia e as Representações Mentais de Bioquímica e Biofísica em Alunos do Ensino Médio

	página
Tabela 1. Frequência relativa de desenhos em cada categoria, nas turmas dos grupos 1 e 2 em pré e pós-testes, para o conceito de fotossíntese.....	18
Tabela 2. Frequência relativa de desenhos em cada categoria, nas turmas dos grupos 1 e 2 entre pré e pós-testes, para o conceito de membrana plasmática.....	22
Tabela 3. Frequência relativa de desenhos em cada categoria, nos grupos 1 e 2 em pré e pós-testes, para o conceito de fotossíntese.....	23
Tabela 4. Frequência relativa de desenhos em cada categoria, nos grupos 1 e 2 em pré e pós-testes, para o conceito de membrana plasmática.....	28

2º Artigo: Modelos Mentais e outras Representações em Alunos do Ensino Médio no Estudo do DNA

Tabela 1. Frequência relativa de desenhos em cada categoria, nas turmas 1M4,1T5 (sem LD) e 1M2, 1T4 (com LD).....	73
--	----

LISTA DE FIGURAS**1º Artigo: O Livro Didático de Biologia e as Representações Mentais de Bioquímica e Biofísica em Alunos do Ensino Médio**

	página
Figura 1. Pré-teste do conceito bioquímico da fotossíntese da turma 1M4 (sem LD).....	23
Figura 2. Pós-teste do conceito bioquímico de fotossíntese da turma 1M4 (sem LD).....	24
Figura 3. Pré-teste do conceito bioquímico de fotossíntese da turma 1T4 (com LD).....	25
Figura 4. Pós-teste do conceito bioquímico de fotossíntese da turma 1M2 (com LD).....	26
Figura 5. Pré-teste do conceito biofísico de transporte através da membrana plasmática, da turma 1T5 (sem LD).....	28
Figura 6. Pós-teste do conceito biofísico de transporte através da membrana plasmática da turma 1T5 (sem LD).....	29
Figura 7. Pré-teste do conceito biofísico de transporte através da membrana plasmática da turma 1T4 (com LD).....	30
Figura 8. Pós-teste do conceito biofísico de transporte através da membrana plasmática da turma 1T4 (com LD).....	31

**2º Artigo: Modelos Mentais e outras Representações em Alunos
do Ensino Médio no Estudo do DNA**

	página
Figura 1. Modelo Híbrido.....	62
Figura 2. Modelo Híbrido.....	63
Figura 3. Modelo Imagístico.....	64
Figura 4. Modelo Proposicional.....	65
Figura 5. Representação Proposicional.....	67
Figura 6. Representação Proposicional	68
Figura 7. Representação Imagística.....	69
Figura 8. Representação Proposicional e Imagística (do livro didático).....	70
Figura 9. Representação Proposicional e Imagística (do livro didático).....	71
Figura 10. Representação Proposicional e Imagística.....	72

LISTA DE ABREVIações

1. LD.....Livro Didático
2. DB.....Didactic Book
3. DNA.....Ácido Desoxirribonucléico
4. NAD.....Nicotinamina Adenina
Dinucleotídeo

Bases Nitrogenadas

5. (A).....Adenina
6. (T).....Timina
7. (G).....Guanina
8. (C).....Citosina

Categorias de representações e modelos mentais

9. (P).....Proposicionais
10. (I).....Imagísticas
- 11.(P/I).....Proposicionais e Imagísticas
- 12.(MP).....Modelo Proposicional
- 13.(MI).....Modelo Imagístico
- 14.(MH).....Modelo Híbrido

1 INTRODUÇÃO GERAL

O ser humano, em sua busca para compreender o mundo, atribui significados a suas percepções, isto é, ele representa internamente o mundo externo. Esta capacidade faz parte de suas funções psicológicas superiores (Moreira, 1996) e se desenvolve na interação do indivíduo com seu meio ambiente, mediada pelo instrumento de trabalho (físico, como uma ferramenta e simbólico, como a linguagem). Esta interação homem e ambiente apresenta aspectos culturais e históricos que determinarão os processos envolvidos na construção do pensamento humano, que numa perspectiva da evolução social humana, se organiza na forma de conceitos cada vez mais abstratos e complexos (Vygotski, 1989).

É necessário investigar indiretamente os processos mentais envolvidos na construção das representações internas, para compreender o que as pessoas pensam sobre o mundo. Esta exteriorização do pensamento pode ocorrer na forma simbólica (linguagem) ou pictórica (desenhos) (Schultz e Schultz, 1995). Este trabalho pretende contribuir no conhecimento dos processos envolvidos na aprendizagem significativa dos conceitos científicos da área de biologia, em alunos do 1º ano do ensino médio. A aprendizagem significativa, segundo Ausubel (1982), propõe uma interação entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos. Esta interação resulta em representações com características complexas (contextuais e relacionais dos conceitos) (Morin, 1999; Vygotski, 1931, 1989) e de modelos mentais, isto é, representações explicativas, funcionais e preditivas (Jonhson-Laird, 1983, 1987). O instrumento de trabalho mediador entre a ação do indivíduo (aluno) no processo de aprendizagem e o meio ambiente a ser compreendido (conceitos científicos) foi o livro didático intitulado “Biologia” (Amabis e Martho, 2004), mais especificamente as figuras (representações pictóricas) que ele contém. O livro didático (LD) é tema de muitas pesquisas, pois é um recurso pedagógico muito frequente nas aulas de ciências e biologia, e que nos últimos anos, tem se caracterizado por apresentar um número crescente de ilustrações diversas (Silva, 2002). Segundo Bernuy *et. al.* (apud Silva, 2002), as imagens encontradas nos livros-textos não são apenas ilustrações sujeitas a textos

escritos, mas fazem parte constitutiva da estrutura do texto. Esta pesquisa pretende investigar de que maneira as representações externas pictóricas do LD (figuras, desenhos) influenciam na construção das representações internas e externas dos alunos (estas últimas produzidas em forma de desenhos a partir de tarefas instrucionais propostas pelo professor), em uma perspectiva de Ausubel (1976, 1982), Morin (1998, 1999, 2001) e Vygotski (1931, 1933, 1989).

A dissertação está dividida em dois artigos:

1º - O Livro Didático de Biologia e as Representações Mentais de Bioquímica e Biofísica em Alunos do Ensino Médio (The Biology Didactic Book and the Intermediate Education Students' Mental Representations of Biochemistry and Biophysics): o artigo propõe uma análise vygotkiana com relação à interação do aluno (sujeito), o LD (instrumento mediador sujeito/meio ambiente) e os conceitos científicos de biologia (meio ambiente), especificamente de alguns tópicos da bioquímica e biofísica celular, trabalhados em sala de aula com alunos do 1º ano do ensino médio. É discutida a relação entre a utilização das figuras do LD e a produção de representações externas (desenhos) com características complexas. O referencial teórico para definirmos uma representação mental (interna e externa) é a proposta por Johnson-Laird (1983, 1987). Segundo (Ausubel, 1982), o pensamento complexo indica a compreensão dos conceitos em uma aprendizagem significativa, isto é, quando os novos conceitos se integram aos conhecimentos prévios dos alunos. A complexidade do pensamento indica aspectos relacionais e contextuais dos conhecimentos representados pelos alunos, em uma perspectiva de Morin (1998,1999, 2001), Vygotski (1931, 1933, 1989) e Ausubel (1976, 1982). Os desenhos foram classificados em quatro categorias que indicam características da construção do conhecimento, de acordo com os referenciais teóricos desta pesquisa. Os alunos foram divididos em grupo 1 (com uso do LD) e grupo 2 (sem uso do LD). Foi realizada uma análise de documentos pictóricos (desenhos), produzidos a partir de tarefas instrucionais relativas aos conceitos científicos desenvolvidos em sala de aula. As tarefas instrucionais ocorreram antes do desenvolvimento dos conceitos relativos à bioquímica e biofísica celular (pré-teste), para identificarmos os

conhecimentos prévios dos alunos, e após este desenvolvimento (pós-teste). No grupo 1 (com LD), após o desenvolvimento dos conceitos relativos à bioquímica e biofísica celular, foram incluídas as figuras do LD.

2º - Modelos Mentais e outras Representações em Alunos do Ensino Médio no Estudo do DNA (Models and Other Mental Representations in the Study of DNA by Intermediate Education Students): o trabalho investiga qual a relação entre a construção de uma aprendizagem significativa (Ausubel, 1976, 1982) dos conceitos científicos da replicação do DNA (hereditariedade), isto é, no desenvolvimento de modelos mentais (Moreira, 1996), e a utilização de figuras do livro didático (LD). O conceito de representação e modelo mental utilizada nesta pesquisa é a desenvolvida por Johnson-Laird (1983, 1987). Para este autor, o ser humano compreende o mundo através de modelos mentais, isto é, através de representações internas (pensamento) que podem se exteriorizar através de representações externas (simbólicas – linguagem ou pictóricas – desenhos). Mas em uma aprendizagem onde não ocorreu compreensão dos conceitos, as representações externas não formam modelos, isto é, estas representações não apresentam características explicativas, funcionais e preditivas, não indicando uma aprendizagem significativa, onde os conhecimentos prévios do indivíduo servem de base para a aquisição dos novos conceitos. Com esta ruptura, o aluno não consegue explicar os novos conhecimentos ou aplicá-los a diferentes situações.

Os alunos foram divididos em grupo 1 (com uso do LD) e grupo 2 (sem uso do LD). Analisaram-se documentos pictóricos (desenhos) produzidos a partir de tarefas instrucionais relativas aos conceitos científicos sobre o DNA e hereditariedade.

A categorização dos desenhos dos alunos em representações e modelos mentais com suas subdivisões (imagens, proposições ou ambos) foi a desenvolvida por Greca e Moreira (1996, 2000), Moreira e Lagreca (1998) e Moreira (1994). Também foi feita uma reflexão sobre a importância da construção de modelos mentais na aprendizagem dos conceitos científicos em biologia.

1.1 Estrutura da Dissertação

A dissertação apresenta uma introdução geral, sendo que a introdução, métodos, resultados, discussão e referências bibliográficas específicas encontram-se nos dois artigos que a compõem. Ao final, a discussão geral apresenta uma função integradora do trabalho. As referências bibliográficas do item 6 referem-se à introdução geral e à discussão geral.

1.2 Produção Científica

- Os resultados preliminares da pesquisa foram publicados, em forma de resumo, nos Anais do VIII Encontro de Investigação na Escola, realizado em Porto Alegre, no ano de 2007, na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), sob o título “Melhorando a Aprendizagem de Conceitos Abstratos de Biologia através de Representações Mentais e da História da Ciência”.

- Alguns resultados do 2º artigo foram publicados em forma de resumo nos Anais do IX Encontro de Investigação na Escola, sob o título “Identificando Modelos Mentais no Estudo do DNA do Ensino Médio”, que se realizou em julho de 2009, na UNIVATES, em Lajeado, RS.

- Alguns resultados do 1º artigo foram apresentados em forma de pôster, com o título “As Representações Mentais e a Aprendizagem da Bioquímica e Biofísica Celular no Ensino Médio e a sua Relação com o Livro Didático, em uma Perspectiva de Ausubel, Morin e Vygotski”, e foram publicados nos Anais do XIV Seminário Internacional de Educação, que se realizou em julho de 2009, no Campus da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), em Cachoeira do Sul, RS.

- Alguns resultados do 1º artigo farão parte do III Seminário Nacional de Filosofia e Educação: Confluências, em forma de artigo completo, com o título “O Pensamento Complexo, segundo Edgar Morin, e suas Implicações na Aprendizagem Significativa em Biologia no Ensino Médio”, que será realizado em novembro de 2009, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

2 ARTIGOS

2.1 1º Artigo: O Livro Didático de Biologia e as Representações Mentais de Bioquímica e Biofísica em Alunos do Ensino Médio

Autor: Karen Cavalcanti Tauceda
Orientador: Prof. José Cláudio Del Pino

Artigo a ser submetido na revista “Educação & Sociedade”.

O LIVRO DIDÁTICO DE BIOLOGIA E AS REPRESENTAÇÕES MENTAIS DE BIOQUÍMICA E BIOFÍSICA EM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

2.1.1 RESUMO / ABSTRACT

Este trabalho propõe uma reflexão acerca da construção do pensamento complexo em um referencial teórico de Morin, Ausubel e Vygotski, no ensino de ciências, particularmente em bioquímica e biofísica no ensino médio da disciplina de biologia. Esta reflexão nos leva a um olhar mais criterioso com relação à dinâmica desenvolvida em sala de aula na construção de conceitos (como por exemplo, a utilização do livro didático) e a possibilidade de uma aprendizagem significativa para o aluno, segundo Ausubel. A metodologia utilizada baseou-se nas concepções da psicologia cognitiva e no estudo de representações mentais, que neste caso são desenvolvidas pelos alunos na forma de desenhos (representações pictóricas), em um enfoque de Johnson-Laird. Os resultados indicam que as figuras do livro didático influenciam a construção da aprendizagem significativa em biologia.

This paper proposes a reflection on the construction of complex thought in a theoretical referential by Morin, Ausubel and Vygotski in the teaching of science, particularly biochemistry and biophysics in intermediate education in the subject of biology. Such reflection leads us to a more stable outlook concerning the dynamics developed in the classroom in the construction of concepts (such as, for example, the use of the didactic book) and the possibility of significant learning for the student according to Ausubel. The methodology applied is based on cognitive psychology conceptions, in a mental representation study, which in this case are developed by students in the form of drawings (pictorial representations) in an approach by Johnson-Laird. The results show that the figures in the didactic book influence the construction of significant learning in biology.

Key words: *didactic book, mental representations, biochemistry in intermediate teaching, biophysics in intermediate teaching, significant learning in biology, complex thought.*

2.1.2 INTRODUÇÃO

A complexidade é a união da simplificação e da complexidade (...). O complexo volta, ao mesmo tempo, como necessidade de apreender a multidimensionalidade, as interações, as solidariedades, entre os inúmeros processos (...). Assim, o pensamento complexo deve operar a rotação da parte ao todo, do todo à parte, do molecular ao molar, do molar ao molecular, do objetivo ao sujeito, do sujeito ao objeto.

(Edgar Morin. O Método II: a vida da vida. Porto Alegre: Sulina: 2001: 429;432;433)

O pensar complexo, segundo Morin (1999), sugere resgatar a interconexão das partes; assumir um modo de pensar que distingue, mas não disjunta; articular simultaneamente todos os referenciais; trabalhar com um cenário epistemológico; complementar as oposições; integrar ambiguidades e incertezas; trabalhar com o todo e com as partes sem os separar (Santos, 2000).

A fim de que um conhecimento seja pertinente, a educação deverá evidenciar o contexto, pois o conhecimento das informações e elementos isolados é insuficiente. É necessário relacionar as informações e os elementos em seu contexto para que adquiram sentido (Morin, 1999).

O conhecimento pertinente deve também enfrentar a complexidade. Complexo significa o que está tecido junto; há complexidade quando são inseparáveis os elementos diferentes que constitui o todo; existe um tecido interdependente, interativo e inter retroativo entre o objeto do conhecimento e seu contexto. A educação deve promover uma “inteligência geral” apta para referir-se, de maneira multidimensional, ao complexo, ao contexto em uma concepção global (Morin, 1999).

Segundo Vygotski, (1931), o processo de apropriação dos conhecimentos e experiências historicamente acumuladas é o que permite ao indivíduo a possibilidade de se tornar pertencente ao gênero humano, desenvolvendo as funções psicológicas superiores. “A civilização é uma conquista demasiado recente da humanidade para que possa ser transmitida

por herança” (Vygotski, *et al.* 1933). A educação, na constituição dessas funções, tem papel fundamental na construção da humanidade em cada indivíduo singular, por meio da própria história de humanização dos homens.

Através da mediação, da relação homem/meio, realizada pelo instrumento (de trabalho, estudo), ocorreu o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, onde o indivíduo começou a sistematizar seu conhecimento, desenvolvendo ainda mais a memória e pensamento, organizando-os por conceitos (cada vez mais abstratos e complexos) (Vygotski, 1989).

O autor, em sua análise sócio/histórico/cultural dos processos envolvidos na construção das funções psicológicas superiores (representação, memória, tomada de decisão, etc.) do pensamento humano, indaga: “Qual a relação entre os seres humanos e o seu ambiente físico e social?”

Dois aspectos são fundamentais nesta análise:

- Aspecto cultural: formas através das quais a sociedade organiza o conhecimento disponível veiculado por instrumentos físicos e simbólicos. (A linguagem é o principal instrumento nos estudos de Luria e Vygotski).
- Aspecto histórico: vinculado ao primeiro, refere-se ao caráter histórico desses instrumentos, uma vez que eles foram criados e aperfeiçoados ao longo da história social dos homens.

Estudos na área de psicologia cognitiva confirmam que as pessoas não aprendem o mundo diretamente, e sim a partir de representações deste mundo construídas em suas mentes (Moreira, 2006). Esta afirmação conduz a um entendimento de que os alunos não são acumuladores de informação transmitida pelo professor, mas sim construtores ativos de seu conhecimento.

As informações novas que o aluno recebe, interagem com seu conhecimento prévio, e o resultado desta interação são os novos significados, isto é, a aprendizagem significativa (Greca, 2005).

Os conhecimentos adquiridos em uma aprendizagem significativa são uma interpretação, uma representação mental do mundo. Uma representação é qualquer notação, signo ou conjunto de símbolos que representa algum aspecto do mundo externo ou de nossa imaginação (Eysenck & Keane, 1991). As representações podem ser externas e internas. As representações externas

podem ser simbólicas (lingüística) de um objeto ou pictóricas do mesmo (Greca, 2005).

Os estudos de representações internas permitem uma melhor compreensão dos processos de construção, evolução e mudança destas representações, direcionando a prática pedagógica para facilitar o aprendizado significativo em Ciências (Moreira, *et. al.* 2002).

Segundo Markman (1999) pode-se destacar quatro componentes que caracterizam a representação:

1. Um mundo representado: algum aspecto do mundo externo ou de nossa imaginação. É o domínio sobre o qual atuam as representações.
2. Um mundo representante: qualquer notação, signo ou conjunto de símbolos; é o domínio que contém a representação.
3. Regras de representação: os signos, notações ou símbolos do mundo representante; estão relacionados com o mundo representado através de um conjunto de regras que mapeiam os elementos do mundo representado, em mundo representante.
4. Um processo que usa a representação: notação, símbolo ou signo, é uma representação, pois existe um processo que pode ser usado para interpretar esta representação.

Outra questão importante sobre representação mental diz respeito a sua própria definição. Como afirmar alguma coisa sobre algo que está na mente? Como indaga Markman (1999), o mundo representado está fora ou dentro da mente, ou seria uma combinação das duas possibilidades? Para a psicologia cognitiva o mundo representado está dentro da mente, portanto, para decidir sobre o que é representação mental deve-se procurar razões psicologicamente coerentes.

Conforme Johnson-Laird (1983, 1987), as representações são importantes nos processos de cognição; diante da impossibilidade de apreender o mundo (a realidade) diretamente, a mente humana então a representa. Estas representações podem ser de três tipos. Podem ser proposições, isto é, representações de significados, totalmente abstraídos e que são verbalmente expressáveis; também podem ser imagens. Imagens são representações bastante específicas que retêm muitos aspectos perceptivos de

determinados objetos ou eventos. As representações podem também estar na forma de modelos, que são representações analógicas, um tanto quanto abstraídas de conceitos, objetos ou eventos, e que geralmente não retêm aspectos distintivos de uma dada instância de um objeto ou evento. Para este autor, os diferentes tipos de representações existem em relação ao modelo mental produzido, pois as pessoas raciocinam através de modelos mentais, captando sua essência em sua estrutura. Porém, nem sempre a representação externa produzida (lingüística ou pictórica) é um modelo mental; neste caso a representação não indica a funcionalidade do sistema que está sendo representado. Também não explica o processo, suas causas e conseqüências, não possibilitando desta forma fazer inferências.

É importante relacionar os modelos mentais, internos e externos. Quanto mais se relaciona o novo conteúdo (modelo externo) de maneira substancial e não arbitrária, com algum aspecto da estrutura cognitiva prévia que lhe for relevante (modelo interno), mais próximo se está da aprendizagem significativa. Quanto menos se estabelece esse tipo de relação, mais próximo se está da aprendizagem mecânica ou repetitiva. De acordo com a teoria de Ausubel (1976), há três vantagens essenciais da aprendizagem significativa em relação à aprendizagem memorística. Em primeiro lugar, o conhecimento que se adquire de maneira significativa é retido e lembrado por mais tempo. Segundo, aumenta a capacidade de aprender outros conteúdos de uma maneira mais fácil, mesmo se a informação original for esquecida. Por último, uma vez esquecida, a aprendizagem significativa facilita a aprendizagem seguinte, ou a “reaprendizagem”. A explicação dessas vantagens está nos processos específicos por meio dos quais se produz a aprendizagem significativa; constituem uma interação entre a estrutura cognitiva prévia do aluno e o conteúdo de aprendizagem. Essa interação traduz-se em um processo de modificação mútua, tanto da estrutura cognitiva inicial como do conteúdo que é preciso aprender, constituindo o núcleo da aprendizagem significativa.

A aprendizagem por descoberta e a aprendizagem receptiva, segundo Ausubel (1976), referem-se ao modo como o aluno recebe os conteúdos que deve aprender: quanto mais se aproxima da aprendizagem por descoberta, mais esses conteúdos são recebidos de modo não acabado e o aluno deve

defini-los ou “descobri-los” antes de assimilá-los; inversamente, quanto mais se aproxima da aprendizagem receptiva, mais os conteúdos a serem aprendidos são ministrados ao aluno de forma final, acabada.

A representação, seja interna ou externa, é a forma com que tentamos compreender o mundo. Segundo Hamilton (1973), o processo de elaboração de ilustrações para divulgação científica (representações externas), deve ser orientado por três fatores principais: conteúdo da informação que será transmitida (o que), público ao qual a informação se destina (para quem), e meio de comunicação a ser utilizado (como). A informação é definida pelo cientista, professor ou especialista de conteúdo, que tem pressupostos baseados não apenas no seu próprio conhecimento sobre o assunto, mas também sobre o tipo de informação adequada ao seu grupo-alvo. Além disso, os enfoques atribuídos à aprendizagem e ao papel da visualização no processo pedagógico constituem elementos fundamentais que determinarão qual ênfase será dada à ilustração no contexto do material educativo. O conjunto das decisões pedagógicas, conceituais, estéticas, e técnicas sobre a representação no tratamento da informação, constituem o campo da ilustração científica.

O livro didático (LD) é tema de muitas pesquisas (um instrumento mediador da relação homem/meio, segundo Vygotski, 1989); é um recurso pedagógico muito frequente nas aulas de ciências e biologia, e que apresenta diversas ilustrações.

Pretto (1985) analisou livros de ciências naturais do ensino fundamental, evidenciando a necessidade de atividades de formação continuada, que favoreçam a busca da autonomia e do pensamento crítico do professor. Os livros analisados remetem ao comportamento autoritário, elitista e etnocêntrico, pois conforme Franco Júnior (1988), “as ciências são apresentadas de forma descontextualizada e compartimentalizada”.

Muitas vezes o professor se apega a um livro texto único, repetindo o que nele está escrito por não ter domínio de conteúdo (Franco Junior, 1989). Suas escolhas metodológicas são o reflexo de sua formação. “O livro como recurso didático adquire importância crescente em um sistema de ensino massificado para o qual é preciso assegurar um mínimo de qualidade. Seu uso de maneira ingênua, acrítica e não diversificada pode transferir a ele a

autoridade que deveria estar no professor e nas convicções do professor, bem como no produto de seu trabalho conjuntamente com os alunos” (Moreira e Axt, 1986).

Neste trabalho a relação do LD com a construção do conhecimento pelo aluno, apresentará um enfoque Vygotskiano, caracterizando-o como um artefato cultural cujo texto (e figuras) materializa discursos e, ao mesmo tempo, reflete e constrói as práticas sociais de ensinar ciências na escola (Martins, 2006).

O livro (LD), assim, passa a ser visto como um objeto simbólico, inserido em um contexto histórico social que afeta suas condições de produção, influenciando os sentidos que atuam sobre ele e seus conceitos apresentados, reproduzidos e na melhor das hipóteses, reconstruídos (Giraldi e Souza, 2006).

Souza e Nascimento (2006), afirmam que o pensamento produzido a partir de um LD está vinculado a diversos fatores que são colocados em jogo, como por exemplo, as experiências de leitura de seus leitores, as expectativas em relação ao livro, que por sua vez, se relacionam a uma memória.

Segundo Bernuy *et. al.* (apud Silva, 2002), as imagens encontradas nos livros-textos não são apenas ilustrações sujeitas a textos escritos, mas fazem parte constitutiva da estrutura do texto. Os autores também constatam um uso crescente de imagens, um progressivo aumento de sua variedade e complexidade de suas estruturas visuais.

2.1.3 OBJETIVO

O estudo acerca de conceitos biológicos (fotossíntese e membrana plasmática do currículo do 1º ano do ensino médio) foi fundamentado principalmente no fato de que estes conhecimentos apresentam grande complexidade e abstração. Estes conhecimentos contêm relações importantes com conceitos físico/químicos, como por exemplo, difusão, gradientes de concentração, reações químicas, íons. A experiência na sala de aula tem mostrado que a interação do aluno com o LD nem sempre é satisfatória, pois muitas vezes o aluno não compreende o que nele está representado.

Um fato que tem chamado a atenção é a de que os livros-texto de biologia estão cada vez mais ilustrados, com figuras, fotos, esquemas. O senso comum sugere que uma ilustração ativa a curiosidade e a criatividade, quando o que é visto é comparado com aquilo que está na mente. De acordo com Peck (1973), a ilustração científica é importante, pois permite ao leitor uma compreensão fácil do texto escrito. Então, surgem questões como:

1. Qual a influência das figuras do LD de biologia, no processo de aprendizagem de conceitos biológicos abstratos (fotossíntese e membrana plasmática)?
2. Qual a metodologia adequada para trabalhar com representações do conhecimento do tipo pictóricas (imagens, figuras), que existem no LD de biologia?

2.1.4 METODOLOGIA

O estudo foi realizado durante os meses de março a dezembro de 2007, em uma escola pertencente à rede estadual de ensino, a Escola Estadual Parobé, localizada no bairro Cidade Baixa, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

Foram pesquisadas quatro turmas do 1º ano do ensino médio, na disciplina de biologia, duas no turno da manhã (1M2; 1M4) e duas no turno da tarde (1T4; 1T5), com 35 alunos por turma, aproximadamente, em uma faixa etária que variou de 13 a 17 anos. Foram produzidas 347 representações (desenhos), e as proposições das tarefas instrucionais sugeriam a construção de modelos mentais.

O LD utilizado pelos alunos intitula-se “Biologia” (Amabis e Martho, 2004). Ele foi escolhido pelos professores da área de biologia da escola dentre quatro outros títulos, durante o projeto de distribuição do LD para as escolas públicas do ensino médio do país, desenvolvido pelo MEC em 2006.

As quatro turmas foram divididas em dois grupos. As turmas 1M2 e 1T4 utilizaram o LD (Grupo 1) e as turmas 1M4 e 1T5 não fizeram uso dele (Grupo 2). Cada grupo com duas turmas produziu desenhos para quatro categorias, que serão explicadas ao longo da metodologia, em pré e pós-testes, totalizando 32 grupos de desenhos.

De acordo com a psicologia cognitiva, as representações mentais estão na mente das pessoas. Desta forma, para exteriorizar estas representações, os alunos produziram documentos (representação pictórica - desenhos) em tarefas instrucionais, sem consultar material de apoio (caderno, livro, anotações). Estas tarefas eram proposições relacionadas aos conhecimentos prévios dos alunos (pré-teste); aos conceitos que foram desenvolvidos em sala de aula (pós-teste); e, no caso das turmas do grupo 1 (com LD), o pós-teste também relacionava-se com os conhecimentos biológicos contidos nas figuras do livro. Todos estes conceitos foram problematizados através de debates (Freire, 1987, 2000) para estimular o aluno na construção de suas representações e/ou modelos mentais. Estas representações estão relacionadas aos conhecimentos dos processos biológicos (fotossíntese, transporte através da membrana) e suas relações com as organelas (cloroplasto, membrana plasmática), com a célula, e o meio ambiente. Para tornar o desenho mais explicativo poderiam ser acrescentadas proposições que os alunos julgassem necessárias.

Foram considerados eventos bioquímicos aqueles relacionados à fotossíntese da célula e à organela envolvida no processo (cloroplasto). São considerados eventos biofísicos aqueles relacionados ao transporte de átomos e moléculas através da membrana plasmática (transporte passivo, osmose, fagocitose e pinocitose).

No estudo da membrana plasmática, são enfatizados os processos biofísicos, embora processos bioquímicos também ocorram, como por exemplo, o transporte ativo. Este tópico faz parte do estudo da célula no ensino médio, e por essa razão consta no pós-teste; porém sua representação não foi analisada, e assim não influenciou na categorização dos desenhos. Quanto à pinocitose e a fagocitose, envolvem tanto processos bioquímicos, que influenciam na conformação da membrana para formar pseudópodos e invaginações, como biofísicos, por exemplo, a variação da concentração no citoplasma próximo à membrana, que induzirá a mudança de sua conformação (formação de pseudópodos e invaginações). Desta forma, para a categorização dos desenhos, foi realizada a análise das representações destes processos.

1. Tarefa instrucional para o conceito de fotossíntese

1.1 - Pré-teste: Desenhar uma célula num ambiente em modificação, onde as moléculas orgânicas que servem de alimento começam a escassear. Propor um modelo celular que sobreviva neste tipo de ambiente.

1.2 - Pós-teste: Desenhar uma célula autótrofa, indicando o processo de fotossíntese. Mostrar a ação da energia luminosa na célula, a origem do oxigênio liberado, a transferência de energia para formar carboidratos (por exemplo), e função do gás carbônico neste processo. Relacionar a organela no processo de fotossíntese.

2. Tarefa instrucional para o conceito de membrana plasmática

2.1 - Pré-teste: Desenhar uma célula em evolução, cujas moléculas orgânicas dispersas no meio ambiente formarão a estrutura celular, incluindo a organela que irá separar o interior, do exterior da célula (a futura membrana plasmática). Represente no desenho como esta pré-célula obterá energia do meio ambiente.

2.2 - Pós-teste: Desenhar uma célula que mostre a membrana plasmática, sua constituição e funcionamento durante os processos de transporte de átomos, moléculas, e partículas maiores (difusão, osmose, transporte ativo, pinocitose, fagocitose) através de sua estrutura.

A metodologia compreendeu uma análise qualitativa e quantitativa dos dados. Uma categorização indutiva (Otero *et. al.*, 2003) foi estabelecida, isto é, as categorias surgiram das próprias figuras analisadas, e foram interpretadas e descritas em função do referencial teórico.

Categorias:

1. Evento inserido na célula
2. Evento fragmentado
3. Fórmulas químicas coerentes com as proposições
4. Organela relacionada à função e à célula

A base conceitual de representação mental é a teoria de modelos mentais de Johnson-Laird (1983, 1987).

No intuito de que o texto do LD não fosse mais uma variável a ser considerada, apenas as representações pictóricas do livro e as proposições relacionadas a estas representações (legendas) foram trabalhadas.

Os desenhos foram avaliados de acordo com a ocorrência ou não (Sim ou Não) das categorias escolhidas, e os resultados foram inseridos em tabelas.

A ocorrência ou não de uma categoria em um desenho é um indicativo de uma aprendizagem mais significativa por parte do aluno, de acordo com o referencial teórico desta investigação.

As categorias 1 e 3, e, 2 e 4, foram reunidas em dois grupos: concepções contextuais e de relação, respectivamente, a fim de ampliar a visão da qualidade do aprendizado.

A influência do LD na evolução do processo de construção de conhecimento (grupo 1) em uma mesma turma (intra-turma), foi analisada através dos desenhos que foram produzidos antes da apresentação das figuras do LD (pré-teste) e depois da apresentação (pós-teste). Em ambos os grupos, com LD (grupo 1) e sem LD (grupo 2), os pós-testes foram produzidos após o desenvolvimento e problematização dos conceitos pelo professor. Ao grupo 2, as representações do livro não foram fornecidas. Os desenhos também foram analisados através da comparação dos resultados entre os grupos 1 e 2 (inter-turma) com o objetivo de avaliar a influência da variável em questão, o livro-didático (LD) no aprendizado.

Após a produção dos desenhos (pós-teste) pelos dois grupos, foram mostradas ilustrações de diferentes fontes (livros, internet) que respeitassem os critérios de complexidade, contexto e relação entre célula, estruturas, funções e meio ambiente, para que os alunos pudessem visualizar os modelos e representações referentes à célula e suas estruturas (cloroplasto e membrana plasmática).

2.1.5 RESULTADOS

2.1.5.1 Conceito Fotossíntese: Variação da frequência dos desenhos na comparação entre pré e pós-teste nas turmas dos grupos 1 e 2 (intra-turna).

A tabela 1 mostra que, na categoria 1, as duas turmas do grupo 1 (com LD) apresentaram diminuição importante na frequência de desenhos que representavam processos bioquímicos inseridos na célula (62% e 42%), na comparação pré e pós-teste. Nas turmas sem livro (grupo 2), houve um incremento acentuado na frequência de desenhos nesta categoria; na 1M4 o aumento foi de 67%; na 1T5 houve um incremento muito menor (4%).

Na categoria 2 (processos fragmentados), comparando pré e pós-teste do grupo 1, ocorreu um aumento importante na frequência de desenhos (44% na 1M2 e 69% na 1T4). No grupo 2, a frequência de desenhos nesta categoria aumentou na turma 1M4 (11%) e diminuiu em 8% na 1T5, nos resultados pré e pós-teste.

Na categoria 3, no grupo 1, ocorreu uma redução importante (42% na turma 1T4) da frequência de desenhos que mostravam contextualização das fórmulas químicas representadas, na análise pré e pós-teste; já na turma 1M2, houve um aumento de 2%. No grupo 2, na comparação entre pré e pós-teste, ocorreu uma redução em ambas as turmas (18% na 1M4 e 9% na 1T5).

Na categoria 4, que indicava relação entre função, organela e célula, no grupo 1 ocorreu uma acentuada redução da frequência de desenhos na turma 1M2 (70%), e na 1T4 a redução foi menor (26%). A turma 1T5 do grupo 2 manteve constante os valores da frequência de desenhos em 83%, e na turma 1M4, também do grupo 2, houve redução em 13% da frequência, comparando-se pré e pós teste.

Tabela 1 - Frequência relativa de desenhos em cada categoria, nas turmas dos grupos 1 e 2 em pré e pós-testes, para o conceito de fotossíntese.

n	GRUPO 1		GRUPO 2	
	1M2 PRÉ - PÓS (23 - 24)	1T4 PRÉ - PÓS (10 - 19)	1M4 PRÉ - PÓS (21 - 22)	1T5 PRÉ - PÓS (24 - 24)
cat.				
1	91 - 29	100 - 58	10 - 77	83 - 87
2	43 - 87	10 - 79	43 - 54	54 - 46
3	56 - 58	100 - 58	100 - 82	96 - 87
4	91 - 21	100 - 74	95 - 82	83 - 83

2.1.5.2 Conceito Membrana Plasmática: Variação da frequência dos desenhos na comparação entre pré e pós-teste nas turmas dos grupos 1 e 2 (intra-turma).

A tabela 2 indica que na categoria 1 (eventos biofísicos inseridos na célula) as turmas do grupo 1 (1M2 e 1T4) mostraram redução na frequência de desenhos (25% e 33%, respectivamente), comparando as representações entre pré e pós-teste. No grupo 2 ocorreu um aumento de 5% (turma 1M4) na frequência de desenhos desta categoria enquanto que na turma 1T5, a frequência manteve-se igual a 100%, na análise entre pré e pós-teste.

Na categoria 2, que identifica eventos biofísicos fragmentados, as duas turmas do grupo 1 (1M2 e 1T4) apresentaram aumento importante na frequência de desenhos nesta categoria (52% e 97%, respectivamente), comparando-se pré e pós-teste. No grupo 2, a turma 1M4 apresentou pequena redução da frequência de desenhos (2%) e na 1T5 ocorreu aumento de 4%.

Na categoria 3 (ocorrência de fórmulas químicas contextualizadas), no grupo 1 houve uma redução significativa na frequência de desenhos da turma 1T4 (40%); e na turma 1M2 a redução foi de apenas 11%, na comparação

entre pré e pós-teste. No grupo 2 ocorreu um aumento importante na turma 1M4 (89%) enquanto que na turma 1T5, houve redução de 4%.

Na categoria 4 (relação das organelas com a função e o contexto celular), no grupo 1, na análise da turma 1M2, ocorreu pequena redução na frequência de desenhos (11%), comparando-se pré e pós-teste. Na turma 1T4, a frequência de desenhos apresentou incremento de apenas 6%. No grupo 2 não houve variação na frequência da turma 1M4, que manteve-se em 100%, e na turma 1T5 houve incremento de 4%, na comparação entre pré e pós-teste.

Verificando os resultados entre pré e pós-testes (intra-turmas) do grupo 1 (com livro), relativos aos conceitos de fotossíntese e membrana plasmática, percebe-se que houve uma regressão na compreensão das concepções relacionadas à contextualização (categorias 1 e 3) e nas concepções de relação (categorias 2 e 4). Apenas duas turmas apresentaram evolução conceitual: uma turma na concepção de contexto (2% na categoria 3) do conceito fotossíntese, e outra na concepção de relação (6% na categoria 4), no conceito de membrana plasmática; porém estas melhorias não foram importantes. No grupo 1, em todas as categorias ocorreu alteração nas frequências de desenhos, na comparação entre pré e pós-teste, isto é, os valores dos pré e pós testes foram sempre diferentes.

No grupo 2, os resultados em relação ao conceito fotossíntese e membrana plasmática foram diversos. Houve evolução importante na concepção de contextualização na turma 1M4, no conceito fotossíntese (categoria 1), com aumento de 67%; e na categoria 3 do conceito membrana plasmática ocorreu incremento de 89%. Ocorreu regressão na concepção de contextualização na categoria 3, em três situações: turma 1M4 (18%); turma 1T5 (9%) para o conceito fotossíntese e turma 1T5 (4%) para o conceito membrana. Estas reduções foram inferiores às observadas no grupo 1 para a categoria 3, relativas aos conceitos de fotossíntese e membrana plasmática na turma 1T4 (42% e 40%, respectivamente). Também ocorreu redução na compreensão da concepção de relação na categoria 2 e 4, para o conceito de fotossíntese na turma 1M4 (11% e 13%, respectivamente), valores significativamente inferiores aos encontrados no grupo 1, indicando retrocesso nas concepções de relação para o conceito de fotossíntese: categoria 2, turma

1T4 (69%) e categoria 4, turma 1M2 (70%). No grupo 2, no conceito de membrana plasmática, a categoria 2 (concepção de relação) regrediu 4% (no grupo 1, a). As regressões nas concepções conceituais observadas no grupo 2 são significativamente inferiores às das do grupo 1; o menor valor encontrado no grupo 1 foi 11% no conceito de membrana, na turma 1M2 (categoria 3 e 4), e a maior redução foi de 97%, como mencionado acima.

Diferentemente do que foi observado no grupo 1, em três casos do grupo 2 não houve alteração das frequências de desenhos entre pré e pós-teste:

1. 1T5 – na categoria 4 do conceito fotossíntese (pré-teste: 83% / pós-teste: 83%)
2. 1T5 – na categoria 1 do conceito membrana (pré-teste: 100% / pós-teste: 100%)
3. 1M4 – na categoria 4 do conceito membrana (pré-teste: 100% / pós-teste: 100%)

Os pré-testes indicam as concepções prévias que os alunos apresentam sobre os conceitos que serão trabalhados, e que representam o alicerce conceitual na construção dos conceitos científicos que serão desenvolvidos. Comparando as frequências relativas em cada categoria dos desenhos produzidos nos pré-testes entre o grupo 1 (com livro) e grupo 2 (sem livro), foram encontradas importantes diferenças que indicam que os alunos partiram de uma “base” conceitual muito diferente em termos de concepções bioquímicas (fotossíntese) e biofísicas (transporte pela membrana). Exemplo:

1. Categoria 1 do conceito fotossíntese: grupo 1, turma 1M2 (pré-teste: 91%) e grupo 2, turma 1M4 (pré-teste: 10%)
2. Categoria 3 do conceito membrana: grupo 1, turma 1T4 (pré-teste: 100%) e grupo 2, turma 1M4 (pré-teste: 9%) (Tabelas 1 e 2).

Os resultados da interação ou não do LD ficaram evidentes nestas turmas e categorias. Ocorreu uma mudança significativa nas concepções. As concepções prévias indicavam uma aprendizagem oposta ao que foi evidenciado no pós-teste (tabelas 1 e 2). Isto é, as turmas do grupo 1 (no exemplo acima) que mostraram nos pré-testes concepções prévias indicadoras de uma melhor compreensão dos conceitos, não mantiveram esta

aprendizagem nos pós-testes. As turmas do grupo 2, nas categorias citadas no exemplo acima, ao realizarem os pós-testes, também não mantiveram o nível de compreensão dos conceitos identificados nos pré-testes. Desta maneira, a evolução, regressão, ou a estabilidade nas frequências das concepções observadas, comparando-se pré e pós-teste nos dois grupos, é resultado da interação da variável inserida no processo de aprendizagem, ou seja, as figuras do LD.

A relação entre as concepções prévias e a construção de uma aprendizagem significativa em biologia dependerá de que forma ocorrerá esta interação. Foram identificadas várias situações onde as concepções prévias indicavam uma aprendizagem significativa em termos de complexidade, relação e contexto; e após a interação com o LD esta aprendizagem significativa tornou-se menos frequente nos desenhos produzidos. Pode-se supor que, o que definirá esta aprendizagem é o processo didático/pedagógico que será desenvolvido junto aos alunos. Se o aluno apresenta concepções iniciais complexas, contextuais e relacionais, dependendo da interação deste aluno com os novos conhecimentos, estas concepções iniciais podem sofrer um retrocesso em termos de aprendizagem significativa.

Nos grupos 1 (com livro) e 2 (sem livro) Também para o conceito de fotossíntese, os pré-testes que indicam a construção do conhecimento a partir das concepções prévias mostraram alta frequência de desenhos com uma aprendizagem significativa (81% e 82%, respectivamente). Na tarefa instrucional (pré-teste) relativa ao conceito de membrana plasmática, a maioria dos alunos produziu desenhos significativos a partir de conhecimentos anteriores (90% no grupo 1 e grupo 2).

Tabela 2 - Frequência relativa de desenhos em cada categoria, nas turmas dos grupos 1 e 2 entre pré e pós-testes, para o conceito de membrana plasmática.

n	GRUPO 1		GRUPO 2	
	1M2	1T4	1M4	1T5
	PRÉ - PÓS (27 - 28)	PRÉ - PÓS (18 - 15)	PRÉ - PÓS (21 - 18)	PRÉ - PÓS (25 - 28)
cat.				
1	100 - 75	100 - 67	95 - 100	100 - 100
2	37 - 89	3 - 100	5 - 3	44 - 48
3	100 - 89	100 - 60	9 - 100	100 - 96
4	100 - 89	94 - 100	100 - 100	96 - 100

2.1.5.3 Conceito Fotossíntese: Variação da frequência dos desenhos na comparação dos pós-testes nas turmas do grupo 1 e 2 (inter-turma).

Todas as categorias do grupo 2 (tabela 3) apresentam valores de frequência de pós-teste que indicam melhor aprendizado do conceito trabalhado (fig. 2), se comparados às frequências do pós-teste do grupo 1 (fig. 4). Na categoria 1 (contextualização dos eventos dentro da célula) a frequência encontrada no grupo 2 é quase o dobro da frequência desta categoria no grupo 1.

Os dados referentes ao pré-teste (concepções prévias) do conceito fotossíntese, do grupo 1 e 2, sugerem que a compreensão dos conceitos em nível contextual (categoria 1), e em nível de relação (categoria 2 e 4), foi melhor no grupo 1 (com livro) (fig. 3), em relação ao grupo 2 (fig.1). No entanto, esta diferença não foi significativa na maioria destas categorias. Na categoria 3 (nível de relação) do grupo 2, ocorreu um valor maior de frequência de desenhos pré-testes, indicando melhor compreensão dos conceitos

(concepções prévias). Nesta categoria também foi encontrada a maior diferença entre os pré-testes entre o grupo 1 e 2 (28%).

Tabela 3 - Frequência relativa de desenhos em cada categoria, nos grupos 1 e 2 em pré e pós-testes, para o conceito de fotossíntese.

n	GRUPO 1	GRUPO 2
	PRÉ - PÓS (33 - 43)	PRÉ - PÓS (45 - 46)
cat.		
1	94 - 42	89 - 83
2	33 - 84	49 - 50
3	70 - 58	98 - 85
4	94 - 46	89 - 83

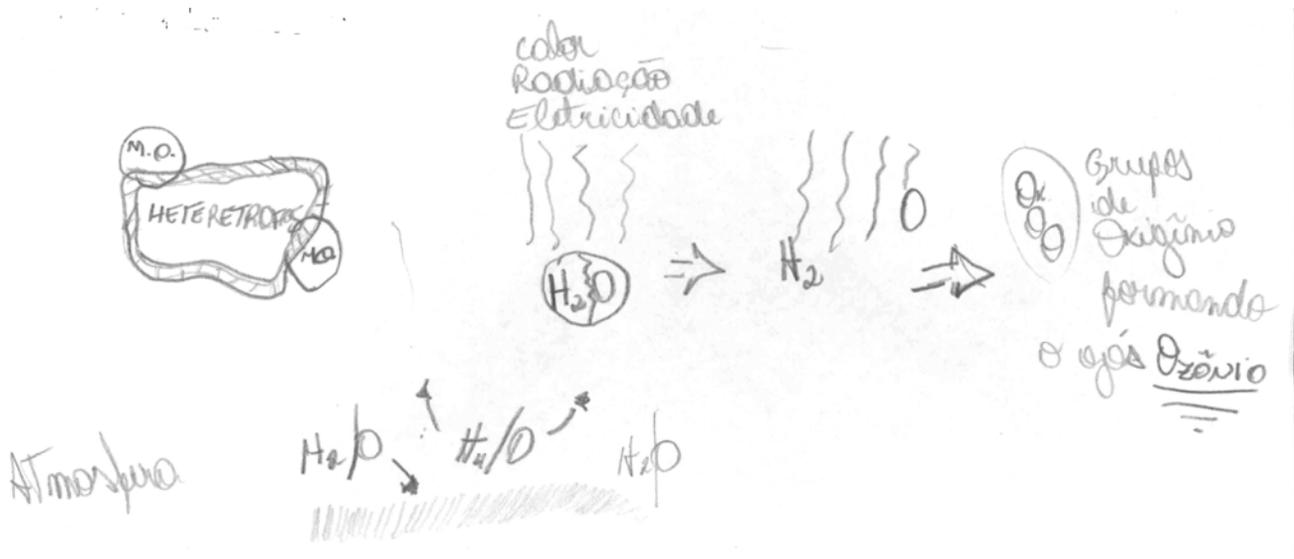


Figura 1 – Pré-teste do conceito bioquímico da fotossíntese da turma 1M4 (sem LD):

O desenho (fig. 1) sugere relação entre molécula orgânica e célula, porém o processo de obtenção de energia que resulta desta interação está fora do contexto celular. Os processos químicos que levaram à produção, pelas células heterotróficas, das primeiras moléculas orgânicas, estão confusos, fragmentados, e a relação com a célula não é indicada. As fórmulas químicas utilizadas na representação estão de acordo com os conceitos trabalhados até o momento.

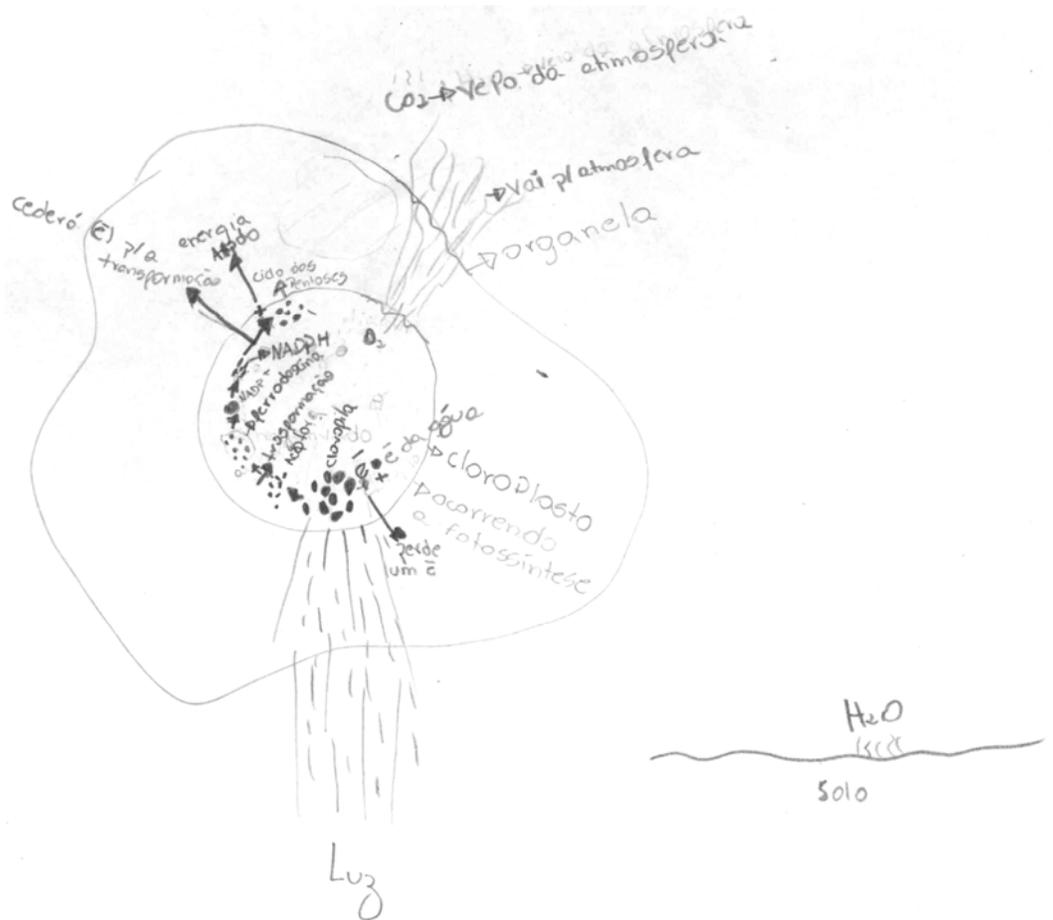


Figura 2 – Pós-teste do conceito bioquímico de fotossíntese da turma 1M4 (sem LD):

O processo bioquímico está contextualizado dentro da célula (fig. 2). As reações químicas indicam uma sequência correta e lógica das etapas da fotossíntese, e os elementos químicos estão coerentes com os conceitos trabalhados em sala de aula. A organela está relacionada com a célula e ao processo representado.

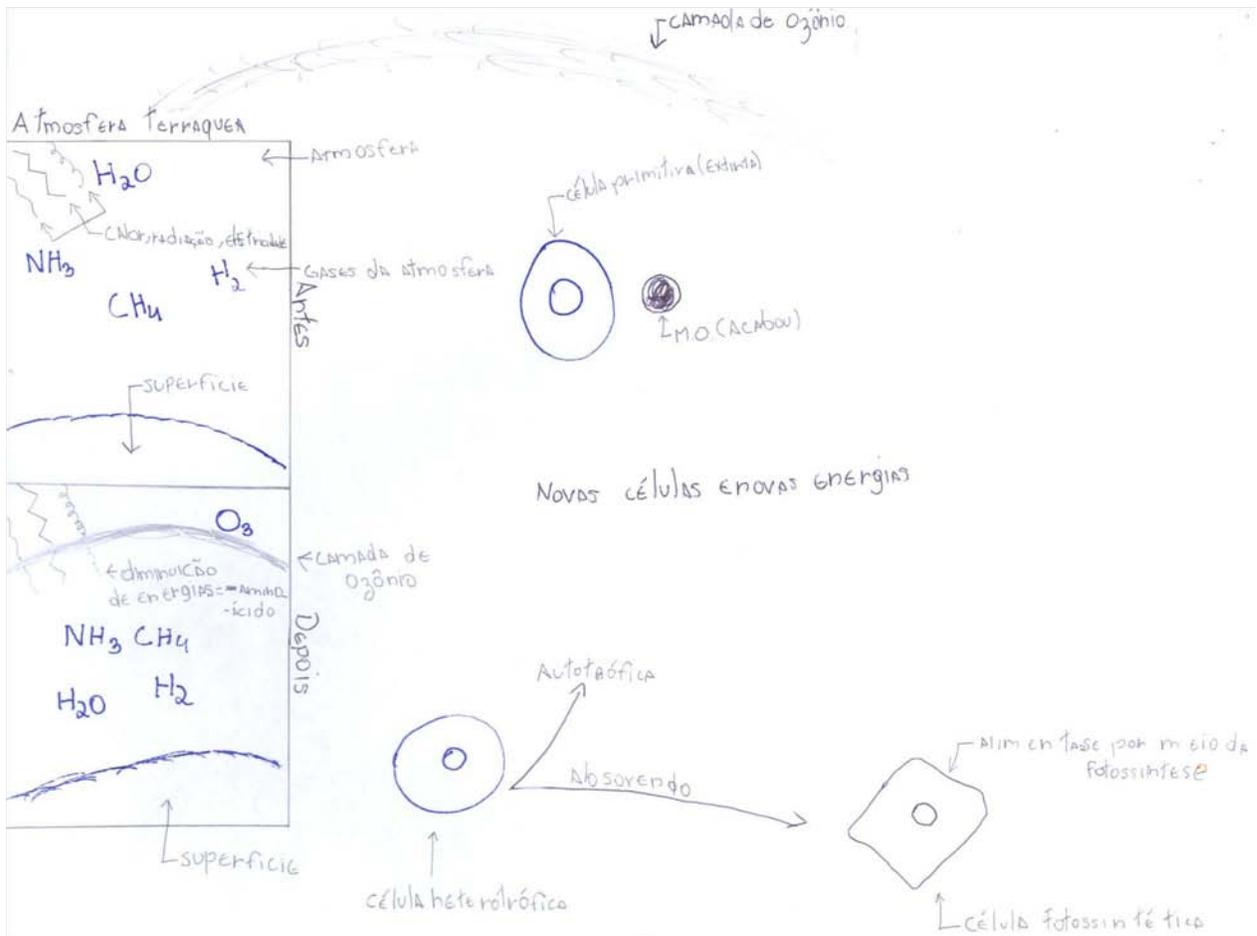


Figura 3 – Pré-teste do conceito bioquímico de fotossíntese da turma 1T4 (com LD):

O desenho indica que eventos estão ocorrendo dentro da célula, embora não mostre com clareza que eventos são estes. Por exemplo, a proposição “novas células e novas energias” não está relacionada com as novas moléculas orgânicas produzidas pelos seres autótrofos. Para indicar a relação entre obtenção de energia pela célula e a molécula orgânica (M.O.), a molécula deveria estar dentro da célula. As fórmulas químicas utilizadas estão de acordo com os conceitos trabalhados.

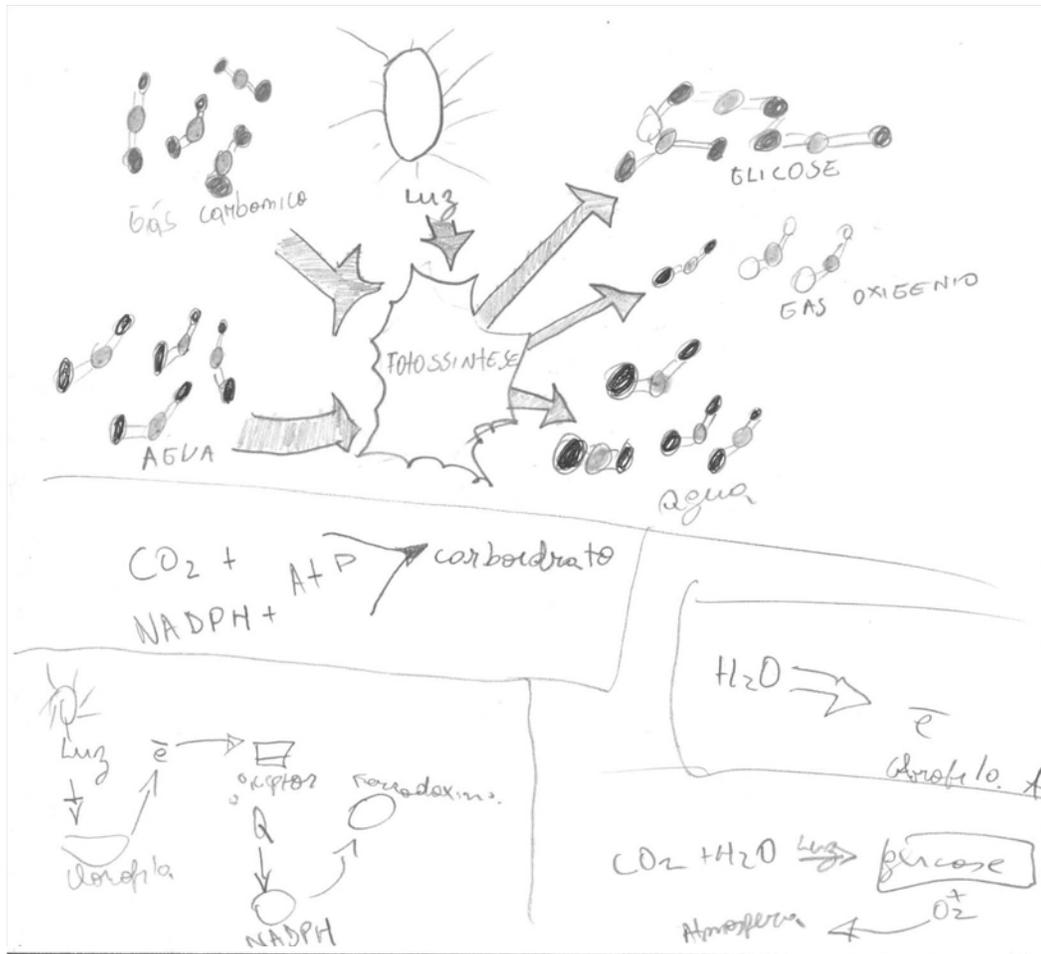


Figura 4 - Pós-teste do conceito bioquímico de fotossíntese da turma 1M2 (com LD):

Os processos bioquímicos (transferência de elétron, formação da glicose, liberação de oxigênio para a atmosfera e reposição do elétron da água - fotólise) estão representados fora de um contexto celular e de uma organela (cloroplasto). Estes processos analisados individualmente estão corretos. Porém não fazem sentido quando relacionados à proposição da tarefa instrucional; esta propõe que os eventos da fotossíntese estejam relacionados numa sequência lógica de reações químicas. Por exemplo: qual a relação da transferência de elétrons, entre os aceptores de elétrons (ferredoxina, NAD) e a formação de carboidratos? Qual a relação da água com a liberação de oxigênio para a atmosfera? As fórmulas químicas utilizadas estão de acordo com o trabalho de sala de aula.

2.1.5.4 Conceito Membrana Plasmática: Variação da frequência dos desenhos na comparação dos pós-testes nas turmas do grupo 1 e 2 (inter-turma).

A tabela 4 (conceito membrana plasmática) mostra que as frequências encontradas nos pós-testes, em todas as categorias do grupo 2, indicam uma aprendizagem significativa do conceito trabalhado (fig. 6), na comparação com o grupo 1 (fig. 8). Em duas categorias (1 e 4) do grupo 2, a frequência foi de 100%, e na categoria 4, foi de 98%. No grupo 1, a categoria 2 (processo fragmentado) obteve 93% de frequência (fig. 8), e no grupo 2, obteve 39%.

A comparação das frequências pós-teste entre o grupo 1 e 2, mostra que as diferenças foram importantes (até 52% na categoria 2 - de relação - do conceito membrana), indicando melhor concepção de contexto (categorias 1 e 3) e de relação (categorias 2 e 4) no grupo 2, em 100% dos casos.

As duas categorias contextuais (1 e 3) e uma categoria relacional (4), obtiveram melhores resultados nos pré-testes do grupo 1 (fig. 7). Na categoria 2 (relacional), que indica representação do processo de forma fragmentada, o grupo 2 obteve melhor resultado no pré-teste (26%), na comparação com o grupo 1 (33%) (fig. 5).

No grupo 2, os pré e pós-testes apresentaram frequências aproximadas; a maior variação foi de 13% e as demais foram de 5% e 2%; e num caso, não houve variação. Já no grupo 1, a variação entre as frequências entre pré e pós-teste foi maior: 60% na categoria 2, 22% na categoria 1, e 21% na categoria 3. Na categoria 4 foi encontrada a menor variação: 5%.

Tabela 4 - Frequência relativa de desenhos em cada categoria, nos grupos 1 e 2 em pré e pós-testes, para o conceito de membrana plasmática.

n	GRUPO 1	GRUPO 2
	PRÉ - PÓS (45 - 43)	PRÉ - PÓS (46 - 46)
categ.		
1	100 - 78	98 - 100
2	33 - 93	26 - 39
3	100 - 79	98 - 98
4	98 - 93	98 - 100

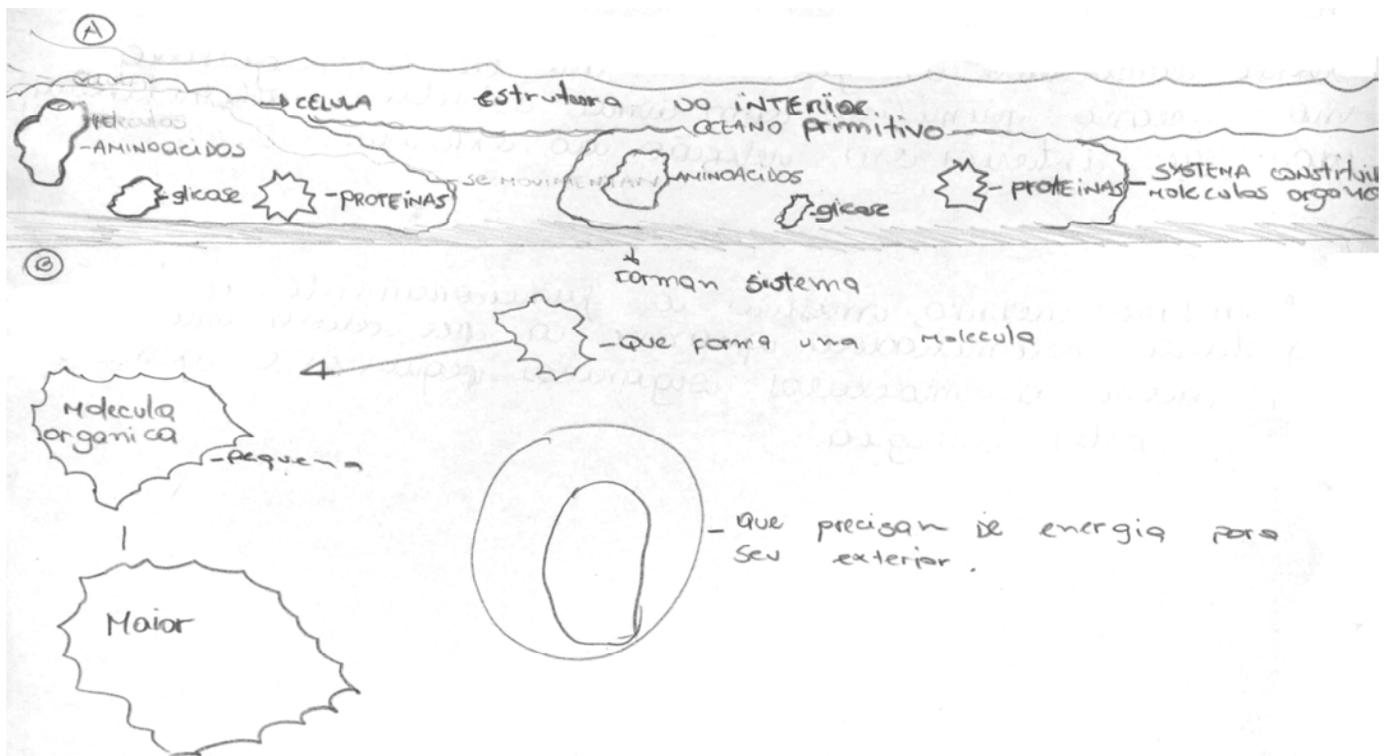


Figura 5 - Pré-teste do conceito biofísico de transporte através da membrana plasmática, da turma 1T5 (sem LD):

O desenho indica que moléculas orgânicas diversas (proteínas, glicose e aminoácidos) se encontram em um processo de construção da estrutura celular, onde é representada uma linha que delimita esse sistema em formação. Esta linha sugere a membrana primitiva, cuja função biológica inicial foi a de separar o interior da célula do meio ambiente. A frase “que precisam de energia para seu exterior” leia-se “precisa de energia para seu interior”, e está relacionada a uma estrutura que lembra uma célula com seu núcleo. Esta idéia de que a energia do meio ambiente deve, de alguma maneira, ir para o interior da célula, indica que o aluno está construindo um modelo mental de transporte através da membrana. O aluno propõe nas imagens, uma relação entre a organização das moléculas orgânicas e a evolução da célula.

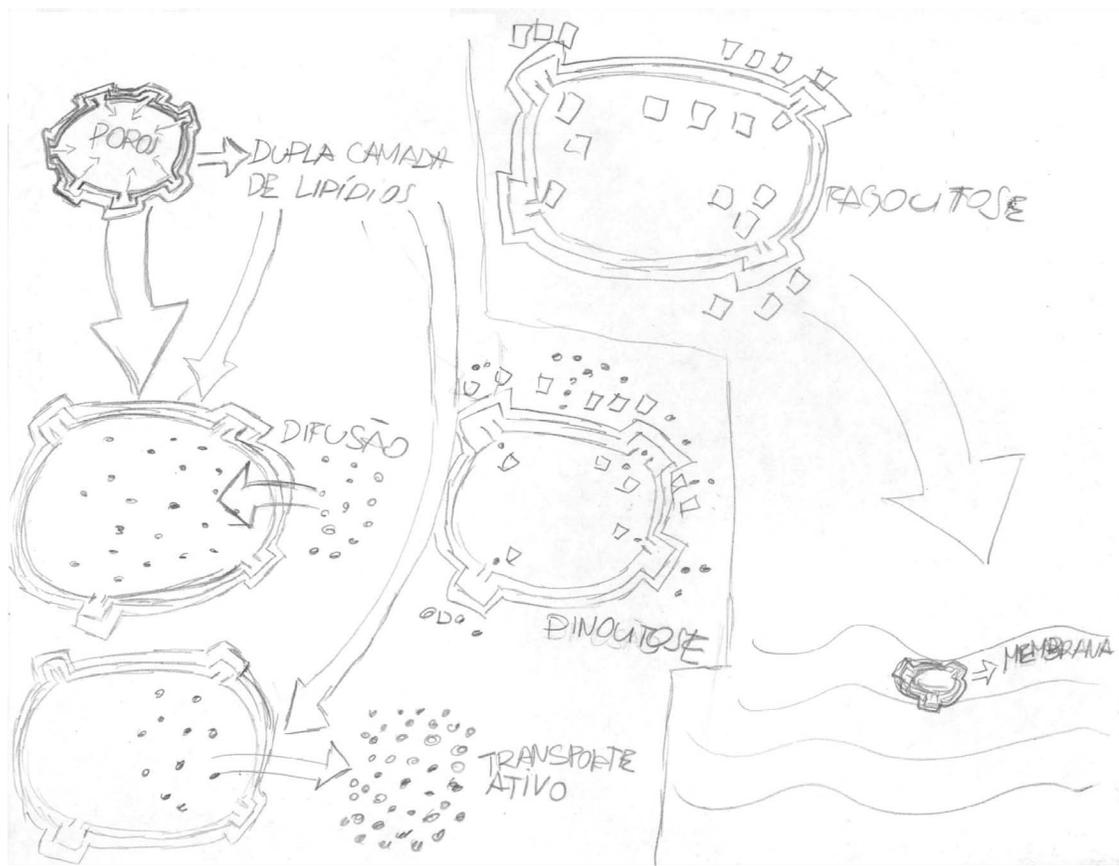


Figura 6 - Pós-teste do conceito biofísico de transporte através da membrana plasmática da turma 1T5 (sem LD):

Os processos biofísicos de transporte através da membrana (difusão, osmose, fagocitose, pinocitose) ocorrem em um contexto celular. As setas indicam que os diferentes processos se passam em uma única célula, sugerindo continuidade dos eventos. A estrutura da dupla camada da membrana está representada, indicando alguma relação entre os poros da membrana e os processos de transporte de substâncias, embora a fagocitose não apresente a membrana em um estado mais dinâmico, como seria correto. Não são utilizadas fórmulas químicas fora do contexto que foi trabalhado em aula.

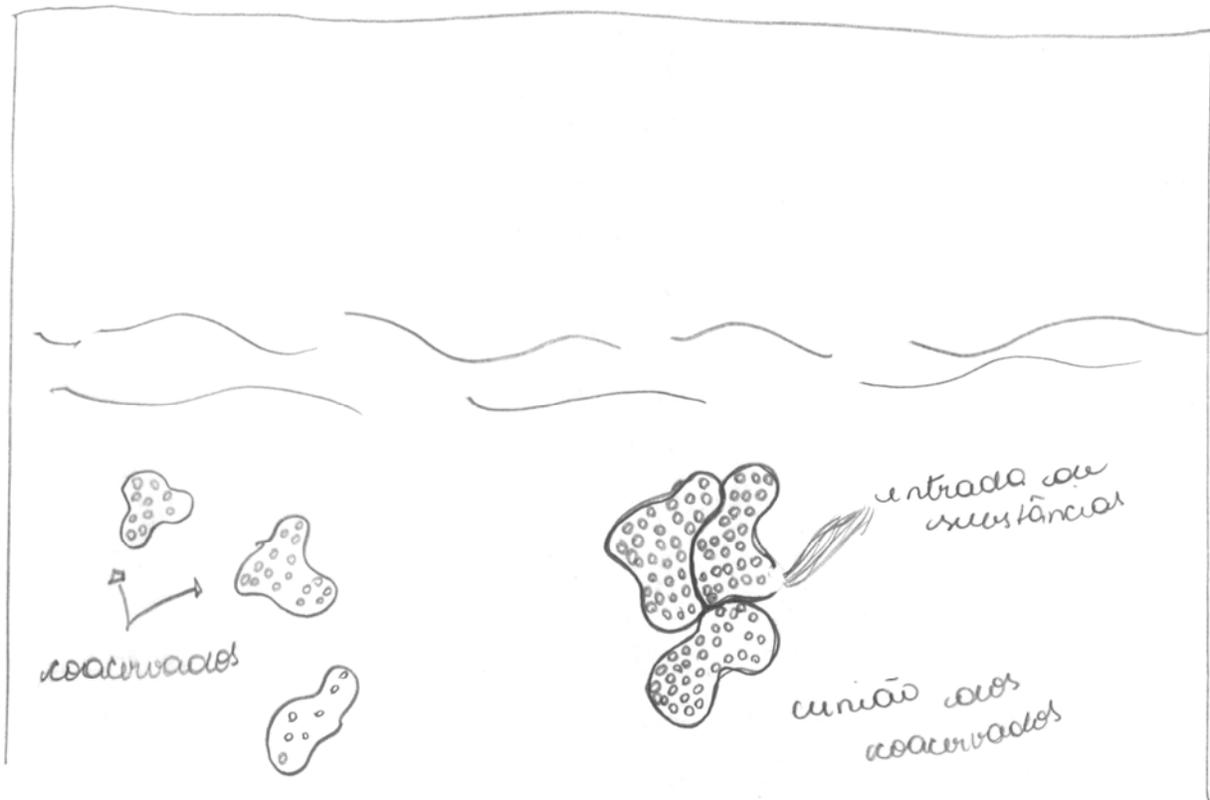


Figura 7 - Pré-teste do conceito biofísico de transporte através da membrana plasmática da turma 1T4 (com LD):

O desenho (fig. 7) indica uma estrutura celular relacionada à entrada de substâncias; esta estrutura apresenta uma delimitação (membrana plasmática primitiva). Substâncias químicas fora de contexto não estão representadas.

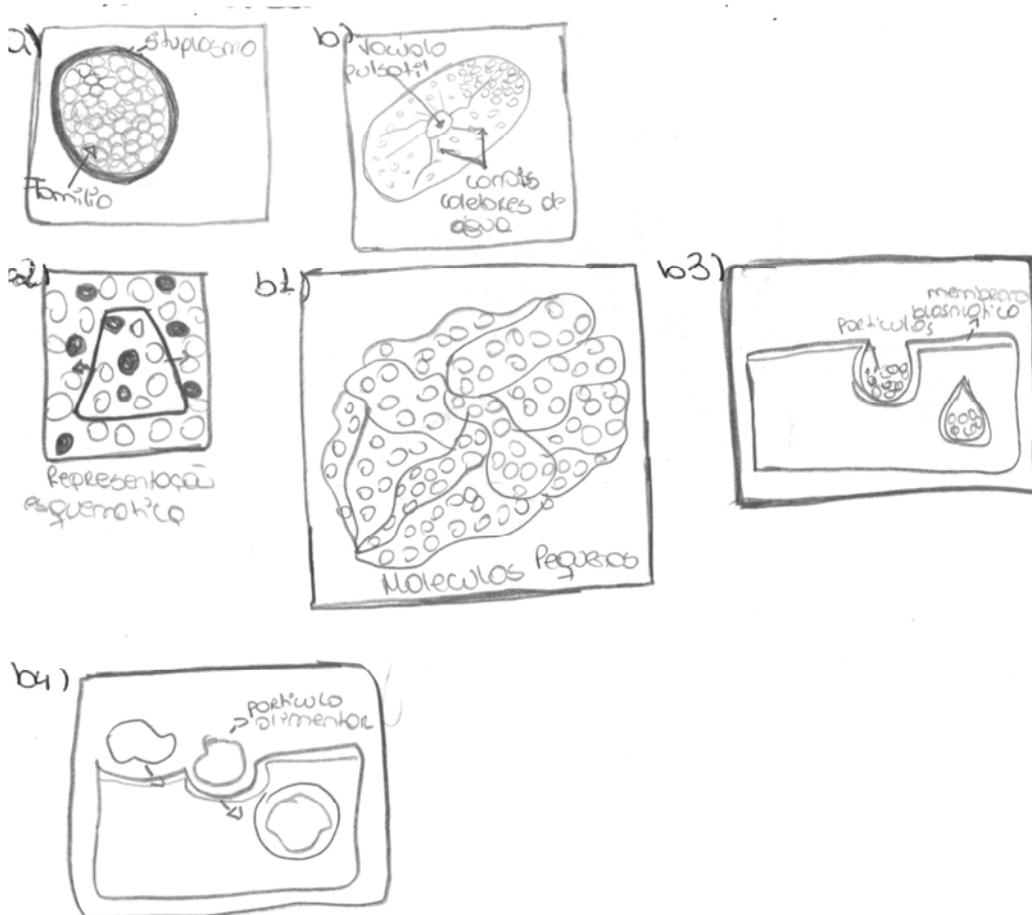


Figura 8 - Pós-teste do conceito biofísico de transporte através da membrana plasmática da turma 1T4 (com LD):

Os processos biofísicos representados no desenho, “b3) pinocitose e b4) fagocitose” não estão inseridos na célula. Os outros desenhos não têm relação com a tarefa instrucional, o que indica desenvolvimento da atividade de forma mecânica, sem reflexão dos conceitos trabalhados em aula. Os desenhos também são similares àqueles encontrados no LD. Não existe relação entre os seis desenhos que compõem a representação do aluno. As substâncias químicas estão de acordo com o que foi estudado. A membrana, na maioria dos casos, não está em seu estado funcional.

2.1.6 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A teoria histórico-cultural da atividade humana descreve os processos através dos quais o conhecimento é construído, como resultado da experiência pessoal e subjetiva em uma atividade. A atividade precede o conhecimento; ela é mediada por signos culturais (linguagem, utensílios, tecnologias, meios de comunicação, convenções) (Vygotski, 1989). As representações contidas no LD influenciaram o processo de construção conceitual, da fotossíntese e membrana plasmática, em todas as turmas. Esta influência era esperada, visto que, segundo Vygotski (1989), o instrumento (no caso o LD), que é mediador do sujeito e o meio, afeta o sujeito, modificando-o. Isto porque o instrumento é construído em um contexto histórico/cultural. A questão é: que tipo de influência pode-se constatar nesta pesquisa?

Cole e Wertsch (1996) consideram a mediação como fato central da psicologia de Vygotski. Segundo ele, a utilização de artefatos (neste caso o LD) é o mediador entre a mente do aluno e seu contexto, isto é, os conceitos construídos. Estes artefatos, que são social e culturalmente construídos, têm efeitos sobre a mente do utilizador e sobre o contexto envolvente. A utilização de um novo artefato introduz e altera processos mentais, substituindo funções mentais por outras. Assim a utilização de artefatos deve ser reconhecida como transformadora do funcionamento da mente, e não apenas como um meio de facilitar processos mentais já existentes. Sob esta perspectiva pode-se analisar o LD como artefato, com significado social/cultural, e que influencia a construção dos processos mentais e a aprendizagem dos conceitos. Comparando os resultados na aprendizagem (expressa nas representações externas do tipo pictóricas produzidas para explicar proposições), observa-se que o grupo que não utilizou as representações do LD apresentou melhores resultados do que aqueles que examinaram as figuras do livro; ou seja, seus desenhos (grupo 2) evidenciaram uma aprendizagem significativa. É questionada a visão ingênua que considera o LD como um instrumento facilitador, onde suas possíveis contribuições para o ensino são intrínsecas à própria existência, de maneira absoluta.

As funções psicológicas humanas, assim como os artefatos, têm caráter histórico, social e contextualizado. Os artefatos interferem nas funções psicológicas, eles são dependentes do contexto em que decorre sua produção e utilização (Cole e Wetsch, 1996). Dentro deste enfoque, a crítica em relação ao LD diz respeito ao seu conteúdo (no caso deste trabalho, às ilustrações) e à maneira como ele é utilizado. O professor deve ter em mente que as representações propostas estão prontas e acabadas, e negam qualquer possibilidade de um imaginar primeiro por parte do aluno.

Ausubel (1982) considera que os indivíduos apresentam uma organização cognitiva interna baseada em conhecimentos de caráter conceitual, e que a sua complexidade depende muito mais das relações que esses conceitos estabelecem em si, que do número de conceitos presentes. A interpretação dos resultados sugere que, quando foram trabalhadas as figuras do livro, a maioria dos alunos apresentou um retrocesso, tanto na concepção contextual, como na concepção relacional dos conceitos estudados, dificultando assim, a construção do pensamento complexo. Por exemplo, estes alunos inseriram muitos elementos no desenho; porém, estes elementos não correspondem à situação que deveria ser representada (contexto) (fig. 8) e faltou a conexão entre eles (relação) (fig. 4).

Ausubel (1982) diferencia a maneira de organizar o processo e a estrutura da aprendizagem, isto é, de que forma o aluno recebe e como interagem os novos conhecimentos (contidos nas ilustrações do LD) com os conhecimentos prévios. Neste estudo foi identificado:

1. A aprendizagem por descoberta, na qual os conceitos estão inacabados e o aluno deve interpretar estes conceitos à luz de seus conceitos prévios, redefinindo-os através do processo de construção de suas próprias representações (desenhos). Desta forma ocorre a assimilação do que foi compreendido (grupo 2 – sem livro).
2. Aprendizagem do tipo receptiva, onde os conceitos apresentados nas ilustrações do LD têm uma forma final e acabada, dificultando a relação com os conceitos prévios dos alunos (grupo 1 – com livro).

Moreira (2000) avança neste debate, e diz que os dois tipos de aprendizagem sugerem um aprendiz perceptor/representador, isto é, ele percebe (e recebe) o mundo e o representa. O foco de discussão passa a ser a percepção do mundo em função das percepções prévias. Em outras palavras, o perceptor decide como representar em sua mente um objeto ou um estado de coisas do mundo, e toma essa decisão baseado naquilo que suas percepções anteriores indicam ser uma melhor representação do mundo.

Os resultados dos pré-testes, que representam as concepções prévias dos alunos, mostram que o grupo 1 apresentou melhores resultados de aprendizagem (isto é, compreensão de conceitos em nível contextual e relacional) para fotossíntese e membrana plasmática, na maioria das categorias. Porém esta tendência não se manteve no pós-teste. O grupo 2, que partiu de um patamar inferior em termos de concepções corretas sobre os conceitos a serem trabalhados (pré-teste), mostrou melhor aprendizagem nos pós-testes em todas as categorias (100% de aproveitamento), nos conceitos de fotossíntese e membrana plasmática. Se as concepções prévias (percepções) dos alunos do grupo 1 indicavam uma melhor aprendizagem em relação ao grupo 2, seria correto pensar que as suas representações nos pós-testes seguiriam esse padrão de aprendizagem. No grupo 1 vê-se que a decisão sobre o que representar, a partir das percepções prévias, foi rompida, provavelmente em função das percepções/representações que surgiram em função das figuras do livro. Esta interferência não resultou em modelos de representação que indicassem uma melhor aprendizagem para o grupo 1. Esta conclusão é reforçada pelas representações do grupo 2, que indicam uma evolução na aprendizagem. As concepções prévias do grupo 2 não indicavam muitos elementos relacionais e contextuais, se comparadas ao grupo 1; porém, o avanço nas concepções dos alunos do grupo 2 ultrapassou ao que foi observado no grupo 1, embora no grupo 2 os alunos tenham partido de um patamar de conhecimentos com maiores problemas conceituais.

Os alunos que produziram suas representações a partir das proposições das tarefas instrucionais, sem a interferência de representações do LD, apresentaram uma diversidade de resultados, indicando uma melhor aprendizagem em comparação com os alunos que trabalharam com as figuras

do LD. No grupo sem LD, um número maior de turmas (sete) apresentou melhoria nas concepções de contexto e de relação; em seis turmas ocorreu retrocesso nestas concepções, e em três turmas não houve alteração. Estes resultados confirmam estudos sobre o LD, que afirmam que as ciências são apresentadas de forma descontextualizada e compartimentalizada (Franco Junior, 1988). O aluno, quando tenta interpretar as figuras do livro, não consegue relacioná-las com seus modelos prévios, construídos a partir dos conceitos que foram trabalhados em sala de aula. Resta-lhe então, apropriar-se daquelas representações que foram apresentadas de forma autoritária, negando as possibilidades da construção do conhecimento. Portanto, os desenhos são, na maioria das vezes, o resultado da memorização de estruturas descontextualizadas e fragmentadas, lembrando uma simples repetição sem sentido. Podemos concluir então, que os resultados do grupo 1 indicam que não ocorreu evolução no aprendizado daqueles conceitos.

Estudos mostram que a utilização de imagens (desenhos e figuras) facilita o aprendizado e o registro de certos materiais. Supõe-se que estas imagens sejam utilizadas em determinadas circunstâncias como codificadoras de informação, quando esta é transferida para uma memória de longo prazo (Greca, 2005).

Esta pesquisa indica que a contribuição da imagem pronta para o aprendizado deveria ocorrer após o processo de construção individual, caso contrário, surgirá também o obstáculo epistemológico dito imagismo, que significa que a imagem pronta influencia a construção mental de uma imagem por parte do sujeito, dificultando o processo criativo na construção do conhecimento científico (Bachelard, 1995). As imagens prontas podem também atrasar o desenvolvimento do conhecimento científico, através do reforço das idéias do senso comum (Bachelard, 1995); mas esta situação não foi verificada neste estudo.

Analisando o conjunto de representações dos alunos que utilizaram o LD, identifica-se um alto percentual de representações incompreensíveis e não funcionais. As relações, interações, e articulações, são omitidas, predominando as formas, reduzindo o processo de aprendizagem a técnicas e receitas (Santos, 2002). Isto se confronta com a idéia do pensamento complexo de

Vygotski (1989), Morin (1999) e Ausubel (1982), para os quais a aprendizagem ocorre através da evolução do pensamento abstrato e complexo do homem.

As conclusões com relação à evolução dos conhecimentos trabalhados (pré e pós-teste dos grupos 1 e 2) são reforçadas pela análise do resultado final da aprendizagem em cada categoria (análise dos pós-testes do grupo 1 e 2). O fato de que os melhores resultados em termos de aprendizagem, para todas as categorias, terem ocorrido 100% no grupo 2 (sem livro), provoca uma reflexão.

Em primeiro lugar, deve-se refletir sobre a importância de conhecer os processos cognitivos do aluno, “materializados” através de representações externas (exemplo, desenhos), e desta forma, redirecionar o “fazer pedagógico” (Moreira, *et. al.* 2002). A metodologia do LD, com suas representações prontas, não é a forma adequada de conhecer o pensamento do aluno, pois não possibilita o desenvolvimento de estratégias para interagir o conhecimento novo com o conhecimento prévio. Esta interação é fundamental para a aprendizagem significativa na construção das representações mentais. Esta possibilidade de perceber, interagir e construir seus conceitos através de suas próprias representações é a essência do aprendizado significativo proposto por Ausubel (1982). Caso contrário, a aprendizagem é memorística. Com relação a esta possibilidade, de perceber e interagir os conhecimentos, Bernuy *et. al.* (1999), apud Silva (2002), registraram um aumento na complexidade das estruturas visuais das figuras do LD. Provavelmente este fator dificultou a interação do conhecimento prévio com o conhecimento novo, obstaculizando suas construções mentais.

Na análise dos pré-testes, foram identificadas as concepções bioquímicas e biofísicas trazidas pelos alunos. Comparando com os resultados dos pós-testes, percebe-se que, o que definiu uma aprendizagem significativa foi o processo diferenciado na construção dos conceitos junto aos alunos (utilização ou não do LD). Greca e Moreira (2002) afirmam que é necessário ir além da detecção de modelos (ou representações) mentais. Eles propõem uma reflexão sobre quais fatores na sala de aula influenciam uma determinada construção de conceitos por parte dos alunos.

Nas ciências naturais, a ilustração traz clareza e elimina a necessidade de muito texto, já que permite o reconhecimento imediato de características físicas de um organismo através da cor e forma (Peck, 1973). Deve-se, porém, olhar estas ilustrações de forma crítica, contextualizada com as necessidades dos alunos.

As reflexões de Hamilton (1973) sobre as ilustrações científicas sugerem que o professor, ao decidir utilizar o LD, deve pensar sobre os conceitos (não apenas no número, mas nas relações, principalmente) que as figuras contêm. As figuras que não correspondem aos significados atribuídos pelos alunos, produzirão uma aprendizagem por repetição, mecânica, isto é, o contrário de uma aprendizagem significativa (Ausubel, 1976). O professor deverá condicionar sua prática educativa pelo nível de desenvolvimento dos alunos, ou seja, a soma de sua competência cognitiva e de seus conhecimentos prévios (Pelizzari *et. al.*, 2002). Deste modo, o professor poderá identificar a potencialidade de cada estudante nas diferentes aprendizagens, e desenvolver estratégias para avançar em suas competências cognitivas e conhecimentos (o que Vygotski, 1989, define como a zona potencial do conhecimento).

A proposta que surge desta pesquisa é que, por melhor que sejam as representações encontradas no LD, isto é, conceitos e figuras contextualizadas, relacionadas, coerentes (e esta realidade não foi a encontrada no livro examinado), estes conceitos e figuras deverão estar relacionados com a estrutura cognitiva prévia do aluno; caso contrário, a aprendizagem não será significativa (Ausubel, 1982). Parece difícil que uma ilustração pronta de conceitos abstratos e complexos (como no caso da fotossíntese e membrana plasmática) facilite a relação com a estrutura cognitiva prévia do aluno. Desta forma, para que ocorra o processo da aprendizagem por descoberta, sugere-se inicialmente que os alunos construam suas próprias ilustrações.

A participação ativa do sujeito deve ser incentivada, bem como sua atividade auto-estruturante na aquisição de conhecimentos; então estes não serão mera repetição ou cópia dos formulados pelo professor ou pelo LD, mas uma re-elaboração pessoal (Pelizzari *et. al.*, 2002). Assim, o papel mediador do professor também deve ocorrer na produção de leituras críticas do LD. Este

é um aspecto importante na formação dos professores de ciências, isto é, uma formação pedagógica que desenvolva, além de um aprofundamento conceitual (Junior, 2007), um pensamento crítico em relação a sua prática pedagógica.

A elaboração do conhecimento (em termos de uma aprendizagem significativa) em bioquímica e biofísica celular (fotossíntese e transporte através da membrana plasmática), pelos alunos que utilizaram o LD, foi reduzida. Portanto, o LD (figuras) interfere significativamente no processo de construção de conceitos.

No grupo 1, as representações dos conceitos foram apresentadas de forma definitiva pelo LD, sem proporcionar alternativa de elaboração destes conceitos pelos alunos. Este encaminhamento pedagógico mostra claramente uma visão empirista da construção do conhecimento científico (Bastos, 1987), visto que, esta epistemologia tem como um pressuposto, que o aluno é uma “tábua rasa” na qual são depositadas informações de forma arbitrária, negando desta maneira a reformulação crítica dos conceitos apresentados, isto é, suas representações mentais do mundo (Moreira *et. al.*, 2002). Freire (2000) denomina esta forma de ensinar como uma “pedagogia bancária”: os conhecimentos são depositados na mente dos alunos, impossibilitando uma educação dialógica, fundamental na pedagogia de Freire (2000).

O repasse do LD para os alunos é uma tradição escolar e docente no Brasil. Todo o conhecimento (representações) já está estruturado e finalizado, revelando uma visão cartesiana da ciência, ou seja, existe uma realidade e esta é válida para todos. Esta forma de compreender o ensino de ciências é uma prática didática de transmissão de conceitos científicos, imutáveis, que incentiva o professor a não questionar a forma nem o conteúdo das representações propostas no livro, e nem perceber os conhecimentos prévios dos alunos.

Esta ação pedagógica contradiz Maturana e Varela (1995). Os autores afirmam que a percepção da realidade tem forte conotação subjetiva, pois a representação advinda desta percepção se forma através de estruturas e organizações perceptivas. Como então esperar que o aluno desenvolva suas percepções e posteriormente suas representações, se não há esta oportunidade?

O uso de imagens em LD influencia o pensamento a ser produzido, e o aluno, como indivíduo histórico/cultural, também determinará este pensamento. As leituras realizadas por diferentes indivíduos sobre um mesmo objeto (figuras) podem ser diferentes (Giraldi e Souza, 2006). Assim, as diversas interpretações que surgiram a partir das figuras do livro utilizado nesta pesquisa, foram variadas. Esta possibilidade existe pelo pressuposto da subjetividade na construção do pensamento (interpretação) sobre determinada “realidade” objetiva. Dificilmente chegaremos a um consenso sobre qual é essa realidade. Porém, por mais diferentes que fossem os alunos do grupo 1 (com LD), e assim, diferentes possibilidades de interpretações pudessem ocorrer, houve uma tendência de simplificação e homogeneização das formas de pensar, pois os desenhos dos pós-testes em sua maioria mostraram complexidade reduzida com relação às categorias estabelecidas.

Martins e Gouvêa (2005) analisaram as interpretações de alunos do ensino fundamental em relação às imagens do LD de ciências, e identificaram resultados que mostram a complexidade envolvida na tarefa de ler imagens; elas não são transparentes e suscitam diferentes interpretações e entendimento dos leitores. Os autores concluíram que, na busca de uma significação para a imagem, os alunos se engajaram em procedimentos elaborados que envolveram análises de elementos composicionais, buscas na memória por experiências relevantes relacionadas, estabelecimento de relações com situações do seu cotidiano (incluindo experiências escolares). A pesquisa de Martins e Gouvêa (1995) indica a importância do conhecimento prévio e de experiências de leituras anteriores realizadas no ambiente escolar. Esta necessidade de relacionar os novos conceitos com os conhecimentos prévios foi também detectada no presente trabalho. Na tarefa instrucional (pré-teste) relativa ao conceito de membrana plasmática, a maioria dos alunos produziu desenhos significativos a partir de conhecimentos anteriores (90% no grupo 1 e grupo 2). Também para o conceito de fotossíntese, os pré-testes que indicam a construção do conhecimento a partir das concepções prévias, mostraram alta frequência de desenhos em uma aprendizagem significativa nos grupos 1 e 2 (81% e 82%, respectivamente). A busca de significados parece ser um processo natural na aprendizagem. Talvez as figuras prontas do

LD interrompem o acesso à memória de longo prazo. Segundo Izquierdo, (2002), esta memória contém informações significativas para o sujeito. O aluno percebe as figuras do LD como uma “memória” a ser utilizada, porém, ela não foi construída através de seus processos cognitivos; então essas informações prontas são utilizadas (através da memória de trabalho) de maneira mecânica, sem uma busca de significados, pois as informações das figuras do LD são agora os seus “significados”. Quando imagens prontas foram fornecidas ao aluno, no pós-teste no grupo 1 houve uma redução importante no número de desenhos que mostravam uma aprendizagem significativa (64% no pós-teste do grupo 1). Já os alunos do grupo 2 (sem livro) mantiveram a frequência de desenhos que identificam uma aprendizagem significativa (89%, no pós-teste). Assim como ocorreu nos pós-testes do conceito de membrana plasmática, no grupo 1 (com livro) também ocorreu uma redução acentuada de desenhos com uma aprendizagem significativa (40% no pós-teste). Já no grupo 2 (sem livro) manteve-se alta a frequência de desenhos com aprendizagem significativa (75% no pós-teste). O grupo 1 apresentou maior dificuldade na interpretação das figuras, no processo de significação destas, pois as figuras do LD bloquearam o acesso à memória de longo prazo. Esta conexão (memória de longo prazo e novos conhecimentos contidos nas figuras) pode ser importante na construção de uma aprendizagem significativa. Martins e Gouvêa (1995) identificaram diferentes estratégias cognitivas, desenvolvidas pelos alunos na busca de uma melhor compreensão dos conhecimentos contidos em figuras, como por exemplo, o acesso dos conhecimentos prévios para explicar estas figuras. O que parece dificultar a efetivação destas estratégias na busca da construção de um conhecimento significativo seriam as metodologias utilizadas na sala de aula (neste caso, o uso de figuras prontas do LD).

Moreira (2007) realizou um estudo sobre o ensino de bioquímica com alunos do ensino fundamental, e a metodologia não foi representação externa em forma de desenhos, mas do tipo simbólica, com dramatização e uso de objetos, na demonstração dos elementos bioquímicos em questão (ácidos nucleicos). Ele observou a importância da construção de conceitos a partir das representações dos alunos (concepções prévias). Luz e Da Poian (2005), em seus estudos sobre o ensino da bioquímica do metabolismo humano em alunos

universitários e do ensino básico, perceberam a necessidade de trabalhar com atividades que levem em conta os conhecimentos prévios dos alunos, por exemplo, aqueles que estimulem a discussão. Estes autores reconhecem que, em alunos de faixa etária que compõem o ensino médio, existe maior capacidade de raciocínio abstrato. Esta observação talvez seja utilizada para justificar o ensino de bioquímica celular nesta fase escolar. Porém isto não se justifica, pois o nível de abstração dos conceitos relacionados à bioquímica e biofísica celular (estudados no 1º ano) que estão presentes no LD, parece produzir problemas na construção cognitiva destes alunos, principalmente para aqueles que trabalharam com o LD (figuras abstratas). A bioquímica e biofísica celular são áreas abstratas do conhecimento biológico, juntamente com o estudo da genética e que compõem a grade curricular do ensino médio de nossas escolas. Quanto à genética, esta dificuldade é atenuada, pois geralmente é abordada no 3º ano do ensino médio (último ano). Analisando as dificuldades encontradas neste estudo, quanto ao processo de construção de aprendizagem significativa, uma questão pode ser respondida sobre abstração/conceitos/LD. Apesar da capacidade de abstração identificada nos adolescentes (a fase lógico-formal de Piaget, 1975), é importante uma metodologia que valorize os conhecimentos prévios (Luz e Da Poian, 2005), assim esta potencialidade será concretizada em uma aprendizagem significativa.

Ao longo da história, as formas de representação do conhecimento biológico variaram tanto em função do desenvolvimento da pesquisa científica como das próprias técnicas de representação visual. Deve-se compreender esta dinâmica e construir um conhecimento que auxilie na tomada de decisões, sobre as linguagens visuais, as formas de representação de estruturas biológicas (Morato, *et. al.*, 1998) e estratégias pedagógicas que estimulem e facilitem o processo de aprendizagem dos alunos.

O LD é um dos principais recursos didáticos utilizados pelo professor do ensino médio no Brasil. Consequentemente é necessária uma análise significativa deste material, não somente dos textos, mas também das suas imagens, pois essa forma de linguagem se faz cada vez mais presente. Além disso, muitos professores do ensino médio consideram a quantidade e a

qualidade gráfica das imagens contidas no livro, critérios importantes na seleção do LD (Carneiro, 1997).

Silva (2002) constata um uso crescente de imagens nos textos dos LD, um aumento da variedade das imagens, além da complexidade de suas estruturas visuais. Esta situação se enquadra na epistemologia de Bachelard (1995) como um obstáculo epistemológico, isto é, causadores de problemas na compreensão do conhecimento, produzindo interpretações duvidosas sobre a aprendizagem dos conceitos trabalhados. Isto é denominado imagismo (já mencionado): o excesso de imagens pode funcionar como obstáculo epistemológico, pois a imagem pode ter um efeito fixador, bloqueador, desestimulador da capacidade criativa e crítica do aluno.

As figuras do LD utilizadas nesta pesquisa, assim como identificado por Silva (2002), também são variadas; porém não será utilizado o termo “complexo”, mas sim “abstrato”, já que neste trabalho as imagens muitas vezes estavam descontextualizadas e seus elementos desconectados, justamente o oposto do conceito de “complexo” para Vygotski (1989), Moran (1999) e Ausubel (1982). De acordo com Morin (1998), o conceito “abstrato”, embora intrínseco à evolução do pensamento humano no processo de aprendizagem, não se justifica sem o complexo (contexto e inter relações).

De acordo com Silva (2002), as imagens, assim como os textos escritos, são construídas, e remetem os sentidos a determinadas condições de produção. A sua leitura surge da articulação com outras imagens que não se fazem presentes explicitamente, mas que constituem o processo de produção do pensamento.

Desta forma, a leitura das imagens, por grande parte dos alunos que trabalharam com as figuras do livro, ficou prejudicada em termos da construção dos conceitos e de criatividade. Esta afirmação torna-se evidente quando se compara a produção de representações dos dois grupos, com e sem LD. Os alunos sem livro apresentaram propostas mais diversificadas para resolver os problemas (isto se comprova nas relações que aparecem entre os elementos e as funções/contexto) (Fig. 2 e 6).

O pensamento contextualizado e com relações, que caracteriza o pensamento complexo, segundo Vygotski (1989), Morin (1999) e Ausubel

(1982), apareceu com maior frequência nos desenhos que não foram construídos com a influência das imagens prontas oferecidas pelo livro. O pensamento complexo desenvolvido por estes alunos (sem LD) evidenciou uma aprendizagem mais significativa.

Estas questões sugerem que a reflexão sobre a prática pedagógica é o melhor caminho para melhorá-la.

2.1.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMABIS, J. M. e MARTHO, G. R. 2004. **Biologia**. 2ª ed., São Paulo, Ed. Moderna, 87 p.
- AUSUBEL, D. P. 1976. **Psicologia Educativa: um Ponto de Vista Cognoscitivo**. Tradução de Roberto Helier Dominguez, México: Editorial Trillas.
- AUSUBEL, D. P. 1982. **A Aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes.
- BACHELARD, G. 1995. **A Epistemologia**. Rio de Janeiro: Edições 70.
- BASTOS, F. 1987. **Panorama da Idéias Estéticas do Ocidente**. Brasília: EDUnB, p. 77-80; 97-101.
- CARNEIRO, M. H. S. 1997. **As imagens no livro didático de ciências**. Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, Águas de Lindóia, SP, p. 27-29.
- COLE, M. e WERTSCH, J. 1996. **Beyond the Individual. Social Antimony in Discussions of Piaget and Vygotski**: www.massex.ac.nz/~ALock/virtual/colevyg.htm
- EISENCK, M e KEANE, M. 1991. **Cognitive Psychology: a Student's Handbook**. London: Erlbaum.
- FRANCO JUNIOR, C. 1988. **Os livros e a gravidade: uma queda pouco didática**. Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, v.70, n.165, p. 224-242.
- FREIRE, P. 1987. **Pedagogia do Oprimido**. 17ª ed., Paz & Terra, Rio de Janeiro, 107p.

- FREIRE, P. 2000. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa**. 15ª ed., Paz e Terra: São Paulo.
- GIRALDI, P.M. e SOUZA, S.C. 2006. **O funcionamento de analogias em textos didáticos de biología: questões de linguagem**. *Ciência & Ensino*, v.1, n.1, p.1-9.
- GRECA, I. M. e MOREIRA, M. A. 2002. **Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora**. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.7, n.1, p. 31-57.
- GRECA, I. M. 2005. **Representaciones Mentales**. Programa Internacional de Doctorado em Enseñanza de las Ciências. Universidade de Burgos. Espanha: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. Texto de Apoio, nº 7.
- HAMILTON, E. A. 1973. 'Scientific illustration for the general public'. Em Walter Herdeg (org.), **The Artist in the Service of Science**. Zurique, The Graphic Press, p. 58-77.
- IZQUIERDO, I. 2002. **Memória**. Porto Alegre: Artmed, 96 p.
- JOHNSON-LAIRD, P. 1983. **Mental Models**. Cambridge: Cambridge University Press.
- JOHNSON-LAIRD, P. 1987. Modelos mentais em ciência cognitiva. In: Norman D. **Perspectivas de la Ciência Cognitiva**. Barcelona: Paidós, p.179-231.
- JUNIOR, W. E. F. 2007. **Bioquímica no ensino médio?! (De)Limitações a partir da análise de alguns livros didáticos de química**. *Ciência & Ensino*, v. 1, n. 2.

- LUZ, M. R. P. e DA POIAN, A. T. 2005. **O ensino classificatório do metabolismo humano**. Cienc. Cult. v. 57, n.4, São Paulo.
- MARKMAN, S. 1999. **Knowledge Representation**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- MARTINS, I. e GOUVÊA, G. 2005. **Analisando aspectos da leitura de magens em libros didáticos de ciências por estudantes do ensino fundamental no Brasil**. Enseñanza de las Ciéncias, VII Congresso, n.extra.
- MARTINS, I. 2006. **Análisis de libros de texto en la perspectiva de los estudios del discurso: resultados de investigación e implicaciones para la práctica en aula**. Seminari de Formació per a l'Ensenyament de les Ciències, Barcelona.
- MATURANA, H. e VARELA, F. 1995. **A Árvore do Conhecimento**. Campinas: Editorial Psy.
- MORATO, M. A.; STRUCHINER, M.; BORDONI, E.; RICCIARDI, R. M. V. 1998. **Representação visual de estruturas biológicas em materiais de ensino**. Hist. Cienc. Saúde - Manguinhos, v.5, n. 2, p.415-433.
- MOREIRA, L. M. 2007. **O uso do corpo como ferramenta pedagógica: Um modelo alternativo que desconsidera a ausência de recursos específicos para o ensino de bioquímica e biologia molecular no ensino fundamental**. Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular, artigo D, n. 1.
- MOREIRA, M. A. & AXT, R. 1986. **O livro didático como veículo de ênfases curriculares no ensino de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 8, n.1, p.33-48.

- MOREIRA, M. A. 2000. **Aprendizagem significativa crítica**. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa, p.33-45.
- MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M.; PALMERO, M. L. R. 2002. **Modelos mentales Y modelos conceptuales em la enseñanza & aprendizaje de las ciencias**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v.2, n.3, p. 36-56.
- MOREIRA, M. A. 2006. **Dificuldade dos alunos na aprendizagem da lei de Gauss em nível de física geral à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.28, n.3.
- MORIN, E. 1998. **O Método 4. As Idéias**. Ed. Sulina, Porto Alegre.
- MORIN, E. 1999. **Los siete saberes necesarios para la educación del futuro**. Organización de las Naciones Unidas para la Educación (UNESCO), la Ciencia y la Cultura - 7 place de Fontenoy - 75352 París 07 SP – Francia.
- MORIN, E. 2001. **O Método II: a Vida da Vida**. Porto Alegre: Editora Sulina.
- OTERO, M. R.; MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. 2003. **El uso de imágenes entextos de física para la enseñanza secundaria y universitaria**. Actas de la 13ª Reunión Nacional de Educación en Física, Rio Cuarto, Argentina.
- PECK, P. 1973. Scientific illustration in the twentieth-century. Em Walter Herdeg (org.), **The Artist in the Service of Science**. Zurique, The Graphic Press, p. 38-57.

- PELIZZARI, A; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROSINSKI, S. I. 2002. **Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel**. Rev. PEC, Curitiba, v.2, n.1, p.41-42.
- PIAGET, J e INHELDER, B. 1975. **Gênese das Estruturas Lógicas Elementares**. Trad. Álvaro Cabral, 2ª ed., Rio de Janeiro, Zahar, Brasília, MEC, 356p.
- PRETTO, N. D. L. 1985. **A Ciência nos Livros Didáticos**. Campinas: Editora daUnicamp.
- SANTOS, A. 2000. **Des-construindo a didática**. 23ª Reunião Anual da ANPED, GT/04, Caxambu.
- SILVA, H. C. 2002. **Discursos Escolares sobre Gravitação Newtoniana: Textos e Imagens na Física do Ensino Médio**. Tese: Doutorado em Educação. Campinas, SP: Faculdade de Educação/Unicamp.
- SOUZA, S. C.; NASCIMENTO, T. G. 2006. **Um diálogo com as histórias de leituras de futuros professores de ciências**. Pro-Posições (Unicamp), v. 17, p. 105-136.
- VYGOTSKI, L. S. 1931. Historia del desarrollo de las funciones psíquicas superiores. In: **Obras Escogidas**. tomo III, Madrid: Visor/MEC, 1995, p. 11 340.
- VYGOTSKI, L. S. 1933. Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar. IN: VIGOTSKII, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. Tradução: Maria da Penha Villalobos. 5 ed. São Paulo: Ícone/ Edusp, 1994. p. 103-117.
- VYGOTSKI, L. S. 1989. **A Formação Social da Mente**. Livraria Martins Fontes Editora Ltda, São Paulo.

**2.2 2º Artigo: Modelos e outras Representações Mentais no Estudo do
DNA em Alunos do Ensino Médio**

Autor: Karen Cavalcanti Taucedá
Orientador: Prof. José Cláudio Del Pino

Artigo a ser submetido na revista “Investigações em Ensino de Ciências”

MODELOS E OUTRAS REPRESENTAÇÕES MENTAIS NO ESTUDO DO DNA EM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

2.2.1 RESUMO / ABSTRACT

O estudo de modelos e representações mentais é um marco importante na pesquisa do ensino em ciências. Este trabalho foi realizado numa escola pública com alunos do 1º ano do ensino médio na disciplina de biologia, e analisa a relação entre a construção da aprendizagem significativa e a utilização das figuras do Livro Didático (LD), com um enfoque nos modelos mentais de Jonhson-Laird. Os resultados demonstram que os alunos, que não usaram figuras do LD durante o processo de aprendizagem dos conceitos científicos (replicação do DNA – Ácido Desoxirribonucleico), apresentaram maior frequência de desenhos com modelos mentais. É discutida a relevância da produção deste tipo de representação mental no estudo do DNA na aprendizagem significativa. Esta pesquisa também busca uma reflexão sobre a metodologia do LD utilizada em sala de aula, indicando algumas conseqüências e limitações para o aprendizado dos alunos.

The study of models and mental representations is an important landmark in teaching science. This paper took place in a state school with students in the 1st year of intermediate education in the subject of biology and analyzes the relation between the construction of significant learning and the use of figures from the Didactic Book (DB) in an approach by Johnson-Laird. The results show that those students who did not use the figures in the DB during the learning process of scientific concepts (DNA replication) presented a higher frequency of drawings with mental models. It discusses the relevance in the production of this type of mental representation when studying DNA in significant learning. This research also seeks to reflect on the DB methodology used in the classroom and points out some consequences for and limitations to students' learning.

Key words: *mental models, mental representations, didactic book, significant learning, teaching of biology, DNA.*

2.2.2 INTRODUÇÃO

De acordo com a psicologia cognitiva contemporânea, as pessoas não captam o mundo exterior diretamente; elas constroem representações mentais ou internas, que são maneiras de representar internamente o mundo externo (Moreira, 2002). As representações internas são criadas na mente com o objetivo de codificar características, propriedades, imagens e sensações de um objeto ou evento percebido, imaginado ou de um conceito abstrato para ser lembrado depois. As representações externas são uma maneira de expressar o pensamento humano. Podem constituir-se de uma representação simbólica (linguística) ou de uma representação pictórica (desenho), conforme Greca (2005).

Uma representação, tanto interna quanto externa, é qualquer notação, signo ou conjunto de símbolos que represente algum aspecto do mundo externo ou da imaginação (Eysenck e Keane, 1991).

Johnson-Laird (1983), em estudos sobre representações e particularmente modelos mentais, sugere que as pessoas raciocinam com modelos mentais. O conceito de modelo mental tem aparecido com frequência cada vez maior na literatura de pesquisa do ensino de ciências (Johnson-Laird, 1983; Gentner e Stevens, 1983; Greca e Moreira, 1997). Portanto, a análise da construção do conhecimento na escola, sob este enfoque torna-se importante, visto que esta abordagem tem respondido a questões relevantes sobre os processos cognitivos dos alunos.

Provavelmente a capacidade de formar modelos mentais e raciocinar através deles seja resultado da evolução da habilidade de percepção dos organismos com sistema nervoso (Moreira, 1996). Johnson-Laird (1983) afirma que os modelos mentais podem ser construídos a partir da percepção ou do discurso. São constituídos por muitas proposições (regras) articuladas ou podem forma-se essencialmente por imagens, ou ainda uma combinação de proposições e imagens.

Modelos mentais são como blocos de construção cognitivos que podem ser combinados e recombinaados conforme necessário; representam e captam a

essência (analogica) de um objeto, conceito ou situação (Hampson e Morris, 1996). Então, com relação ao aspecto representacional dos modelos mentais, deve-se discutir sua caracterização a partir de sua estrutura, funcionamento e mecanismo (Buckley e Boulter 1997).

Modelos são representações um tanto abstraídas, mas que podem ser vistas de qualquer ângulo e que, em geral, não retêm aspectos específicos de um objeto ou evento (Moreira, 1998). Normam (1983) caracteriza os modelos mentais como: incompletos; instáveis (pois as pessoas podem esquecer detalhes do sistema modelado); com fronteiras não bem definidas (elementos e operações podem ser confundidos entre si) e que refletem as crenças das pessoas sobre a natureza (não científicos). Segundo este autor, as pessoas buscam uma menor complexidade mental na elaboração de um modelo, mesmo que esta complexidade seja mais eficiente na resolução de um problema.

A representação mental como um modelo pressupõe a possibilidade de um processo computacional; porém nem sempre isto é possível (Jackendoff, 1992; Pylyshyn, 1984).

Johnson-Laird (1983) afirma que há pelo menos três formas de codificar e representar as informações mentalmente: as representações proposicionais, os modelos mentais e as imagens auditivas, visuais e táteis. Para este autor, proposições são representações de significados, abstraídos e verbalmente expressáveis. Entender uma proposição é saber como seria o mundo se ela fosse verdadeira. As representações proposicionais podem ou não fazer parte de um modelo, porém elas são interpretadas em relação a modelos mentais.

Imagens correspondem a visualizações do modelo, não possuem capacidade explicativa, e são produto tanto da percepção como da imaginação. Representam aspectos perceptíveis ou imaginados de objetos e eventos correspondentes do mundo real, vistos de um ângulo particular; são altamente específicos (Greca e Moreira, 1997). Estudos (Johnson-Laird, 1996) mostraram que os modelos podem representar as relações abstratas e não visuais, diferenciando-os das imagens.

Investigações com relação às características das representações externas (que neste estudo são do tipo pictóricas), e sua influência na

construção de representações mentais, foram realizadas sob diversas perspectivas cognitivas e campos do conhecimento (Barlow, 1990; Duchastel, 1981, 1988; Johnson-Laird, 1983, 1990, 1996; Dreyfus, 1992; Schwartz, 1999).

O desenvolvimento de estudos da cognição viso-espacial e imaginação (Johnson-Laird, 1996; Kosslyn, 1996) sugerem que as imagens externas podem melhorar a compreensão e o desempenho em muitas tarefas cognitivas.

A necessidade de representar o mundo para compreendê-lo, dando significado à suas percepções, faz parte das funções psicológicas humanas e existe tanto nos cientistas como nos alunos em sala de aula. Os primeiros constroem modelos conceituais, isto é, modelos inventados por pesquisadores para facilitar a compreensão e o ensino dos fenômenos naturais. Os modelos conceituais são representações externas, precisas, consistentes, de estados de coisas. Porém, os modelos dos alunos, ou de qualquer indivíduo, inclusive os que criam modelos conceituais, são modelos mentais, ou seja, modelos que as pessoas constroem para representar estados de coisas. Estes modelos não precisam ser tecnicamente acurados (e geralmente não o são), mas devem ser funcionais (Moreira e Lagreca, 1998).

Assim, o objetivo principal do ensino de ciências (observando apenas o aspecto cognitivo) é orientar o estudante através de modelos conceituais de sistemas e fenômenos naturais, na construção de modelos mentais adequados e consistentes com estes modelos conceituais (Moreira, 2002).

A ocorrência desta construção implica que as informações novas que o aluno recebe, devem interagir com seu conhecimento prévio, e o resultado desta interação são os novos significados, isto é, a aprendizagem significativa (Greca, 2005).

Os conhecimentos adquiridos em uma aprendizagem significativa são uma interpretação, uma representação mental do mundo (Eysenck e Keane, 1991). Por isso, Ausubel (1982) afirma que, para que não ocorra uma simples memorização dos conceitos científicos (conhecimentos sem capacidade explicativa e funcional), estes devem ser apresentados de uma forma inacabada, provocando no aluno a necessidade de interpretá-los, descobri-los e então representá-los.

Nersessian (1992) considera os modelos mentais como níveis de análise, intermediários entre o fenômeno e o modelo (matemático, estrutural) final resultante, que é um modelo conceitual.

Interagindo com o meio, a pessoa modifica seu modelo mental a fim de alcançar e manter sua funcionalidade, portanto os modelos mentais evoluem naturalmente (Moreira e Lagreca, 1998). Esta recursividade, característica fundamental da moderna teoria dos modelos mentais (Johnson-Laird, 1983; Moreira, 1996), tem a capacidade de auto-correção de modelos não funcionais. Um modelo errôneo pode levar a conclusões erradas. Porém quando o modelo é funcional e explicativo pode levar a modelos mais complexos (Moreira, 1987).

A capacidade do sujeito de avaliar a aplicabilidade do modelo mental construído caracteriza, segundo Johnson-Laird (1983), um "working model" na mente de quem compreende.

O "working model" permite ao indivíduo fazer inferências, previsões, entender os fenômenos, decidir as ações a tomar, e controlar sua execução (Moreira, 1997).

Uma pessoa ao explicar (com êxito), algo à outra pessoa fornece uma espécie de "manual" ou "receita" para a construção de um "working model". Este guia pode não servir para um terceiro indivíduo, pois depende do conhecimento e da habilidade do sujeito para compreendê-lo (Johnson-Laird, 1983).

Os modelos podem ser incompletos e serem úteis, pois sua utilidade não aumenta necessariamente com o aumento das informações (Norman, 1983) e são mais fáceis de recordar que as proposições, pois requerem maior quantidade de processamento para serem constituídos (Craik y Tulving, 1975).

O modelo conceitual do DNA (Ácido Desoxirribonucléico), no qual estão incluídos, por exemplo, conhecimentos sobre a hereditariedade (duplicação do código genético – replicação) e a relação entre o DNA e a vida celular, se desenvolve desde a descoberta da molécula de DNA na década de 50. Estas informações proporcionam um grande avanço no conhecimento científico nas áreas de bioquímica, biologia molecular, genética e evolução. Tal quantidade de pesquisas é decorrente da aplicabilidade destes conhecimentos na melhoria da qualidade de vida, como por exemplo, terapia gênica, mapeamento e

engenharia genética e seus desdobramentos (clonagem, transgênicos e reprodução assistida). Também há questões relativas à ecologia e evolução, como o mapeamento genético de espécies em perigo de extinção, e a revisão da classificação ou taxonomia das espécies. Isto tem contribuído para compreender os parentescos entre determinadas espécies, que antes da pesquisa do DNA, eram inimagináveis. O volume de informações geradas é grande, bem como sua complexidade e abstração; assim é difícil para o professor acompanhar as novas descobertas e repassá-las com êxito para os alunos; além disso, os professores podem apresentar uma formação científica inconsistente. Segundo Moreira (2007), facilitar a compreensão desses assuntos através de metodologias que melhorem a relação ensino/aprendizagem se tornou uma necessidade nos atuais contextos educacionais. Delizoicov (2003) afirma: “o desafio de pôr o saber científico ao alcance de um público escolar em escala sem precedentes (...) não pode ser enfrentado com as mesmas práticas docentes de décadas anteriores.” Como tornar significativos para os alunos estes conhecimentos abstratos e complexos, resultantes da pesquisa científica? A contextualização dos modelos científicos com aspectos do dia a dia do aluno é importante, mas não parece ser suficiente para a construção de modelos mentais e seu aperfeiçoamento.

Quanto mais próximas da vida cotidiana sejam as situações apresentadas aos estudantes, mais esquemas e hábitos ele deve ter, e nestes casos, é muito difícil conseguir que eles venham a formar um conceito científico (Greca e Moreira, 2002). Estudos demonstram que alunos em diferentes níveis de ensino (fundamental, médio e superior), apresentam dificuldade para construir modelos mentais. Estes modelos não explicariam questões relativas ao DNA, como por exemplo, sua relação com a célula e o mecanismo da hereditariedade (duplicação do DNA) (Justina e Rippel, 2003; Marrero e Maestrelli, 2001; Moreira, 2007).

A dificuldade observada nos alunos em diferentes níveis, em construir representações que sejam significativas, como por exemplo, representações do DNA, é um fato. É importante identificar quais as representações utilizadas pelos alunos durante o processo de compreensão dos modelos científicos, e como a realidade da sala de aula influencia estas construções.

De acordo com Pinto e Martins (2000), uma realidade muito comum é o uso massivo do livro-didático (LD). O LD é uma importante fonte de informação para os professores e alunos; é utilizado pelos professores na organização e planejamento das atividades em sala de aula. Para Giannotti (2002), atualmente o LD tem papel estruturador do trabalho do professor, e não somente de apoio; tornou-se indispensável na sala de aula, sem que sejam considerados seus erros e acertos. A falta de análise crítica deste recurso didático (por parte dos professores) decorre de fatores como a deficiência na formação científica e pedagógica. Isto leva alguns professores à prática da “pedagogia da facilidade”, ou seja, tornam-se limitados aos conteúdos. Estes conteúdos, disponíveis no LD, representam os modelos conceituais relativos ao conhecimento em cada disciplina. Estes modelos conceituais, segundo Normam (1983), devem ser aprendíveis (termo do autor), funcionais e utilizáveis. Porém, os modelos conceituais trabalhados pelos professores não parecem gerar na mente dos alunos, os modelos mentais de fenômenos naturais.

Os alunos aprendem os modelos conceituais biológicos utilizando seus modelos mentais, indicando uma relação entre modelos mentais e modelos conceituais. Então é importante investigar os modelos e representações mentais dos alunos durante o aprendizado de biologia. Esta pesquisa na área de educação em ciências é proposta com o objetivo de entender como os alunos captam e processam as informações transmitidas na escola, e buscar estratégias pedagógicas para que eles possam refletir sobre sua própria aprendizagem. Este trabalho vem se somar a outros, nas áreas do ensino de física, química, matemática e biologia, que procuram respostas para a compreensão dos modos internos e externos de representação do mundo.

2.2.3 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é investigar processos mentais indiretamente, através daquilo que as pessoas exteriorizam pictoricamente (Schultz e Schultz, 1995); estabelecer deduções e inferências sobre as representações e modelos mentais gerados pelos alunos, e analisar o papel que exercem as representações (figuras) do LD, no processo da aprendizagem dos conceitos.

Assim, neste trabalho pretende-se:

- Identificar os tipos de representações mentais utilizadas pelos alunos no processo de aprendizagem do DNA, isto é, proposições, imagens ou modelos mentais.
- Discutir a importância desta identificação para a aprendizagem significativa no ensino de ciências, mais especificamente na área da biologia.
- Discutir a influência do material instrucional, o livro didático (LD), na construção de representações e modelos mentais.
- Discutir a relevância do uso de desenhos como ferramenta de pesquisa de modelos mentais, na área de ensino em ciências, mais especificamente no estudo de biologia.

2.2.4 METODOLOGIA

O estudo foi realizado durante os meses de março a dezembro no ano de 2007, em uma escola pertencente à rede estadual de ensino, Escola Estadual Parobé, localizada no bairro Cidade Baixa, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

Foram pesquisadas quatro turmas do 1º ano do ensino médio, na disciplina de biologia, duas no turno da manhã e duas no turno da tarde. As turmas foram divididas de acordo com a utilização ou não do LD:

Grupo 1: turmas 1M2 e 1T4 (utilizou o LD)

Grupo 2: turmas 1M4 e 1T5 (não utilizou o LD)

Durante o ano de 2006, o MEC desenvolveu o projeto do LD nas escolas públicas de ensino médio do Brasil. Os professores da área de biologia da

escola escolheram o livro intitulado “Biologia” (Amabis e Martho, 2006), que fazia parte de uma lista com outros quatro títulos de LD.

As turmas tem em média 35 alunos, com faixa etária entre 13 a 17 anos.

Johnson-Laird (1983) afirma que os indivíduos operam cognitivamente com modelos mentais, os quais podem ser construídos a partir da percepção ou do discurso. O grupo 1, que utilizou o LD, desenvolveu suas representações mentais a partir da percepção das figuras do LD e do discurso (debate sobre os modelos científicos). Este último item (discurso) também foi utilizado no grupo 2 (sem o LD).

Na compreensão de alguns processos que ocorrem na aprendizagem em biologia, foi escolhida a forma gráfica de representação (pictórica, ou seja, desenhos). Os alunos produziram documentos (desenhos) em uma tarefa instrucional relacionada aos modelos conceituais que foram desenvolvidos em aula. Estes modelos referem-se aos conhecimentos relativos ao DNA, sua estrutura e relação com a célula, seus diferentes níveis de organização (gen, cromossomos) e os processos biológicos envolvidos na hereditariedade. No grupo 1 (com LD) também foram trabalhados os conhecimentos biológicos contidos nas figuras do LD. Os modelos científicos do DNA foram problematizados através de debates (Freire, 1975; 1996; Ausubel, 1982) para estimular o aluno na construção de seus modelos mentais. Para tornar o desenho mais explicativo os alunos poderiam acrescentar proposições que julgassem necessárias.

Foram produzidos 140 desenhos na tarefa instrucional. Durante a sua realização, não houve consulta de material de apoio (caderno, livro, anotações).

A tarefa instrucional consistiu em uma questão do tipo “generativa” (produtiva, não factual), isto é, questões que não podem ser respondidas através de simples repetição de informação não assimilada e compreendida (Vosniadou, 1994). No caso da hereditariedade e a sua relação com o DNA, a pergunta “O que é hereditariedade?” não é adequada, porque uma resposta correta não significa necessariamente que o aluno tenha compreendido o conceito trabalhado. Os resultados podem ser diferentes com uma pergunta que proponha uma relação entre a molécula do DNA e a transmissão das

características de uma célula para as novas gerações (como a pergunta elaborada na tarefa instrucional). Para Greca e Moreira (1997), este tipo de pergunta tem maior potencial para fazer com que os alunos busquem em sua base de conhecimentos, a informação relevante para construir um modelo mental da hereditariedade; ou recuperem da memória de longo prazo um modelo já construído. Segundo Izquierdo (2002), as informações contidas na memória de longo prazo são aquelas consideradas significativas e que contribuem na relação do indivíduo com o meio ambiente, de maneira mais permanente.

Tarefa Instrucional:

- Desenhe uma célula e mostre como são transmitidas, através da molécula de DNA, as características desta célula (informação genética) para as próximas gerações (hereditariedade).

Foram trabalhadas apenas as representações pictóricas do livro (figuras e fotos) e suas respectivas legendas; desta forma, a estrutura conceitual dos textos do LD não foi uma variável a ser considerada.

A metodologia na análise dos dados foi qualitativa e quantitativa.

A partir da análise (qualitativa) dos desenhos foi determinado como os fenômenos eram descritos e/ou explicados (símbolos, cópia do formato do livro, explicações não detalhadas, frases desarticuladas, indicação do processo, contexto e caráter preditivo) (Moreira e Lagreca, 1998). Estas características foram interpretadas segundo a perspectiva dos modelos mentais de Johnson-Laird (1983; 1987). Isto implica identificar o tipo de representação mental utilizado predominantemente pelo aluno: as representações proposicionais, as imagens ou os modelos mentais.

As representações contidas nos desenhos produzidos pelos alunos significam as suas explicações e interpretações acerca dos problemas apresentados na tarefa instrucional, isto é, seus “working model” para os fenômenos biológicos, suas causas e consequências. Mas estas interpretações podem não ser modelos funcionais (definidos então como representações), pois faltará a elas o caráter explicativo e preditivo. Se forem modelos, podem não estar em total concordância com as teorias científicas (isto é, com os modelos conceituais). Na medida em que o aluno consegue formar modelos

que incluam as relações fundamentais de uma teoria (modelos conceituais), ele criará explicações e predições que estarão de acordo com as concepções aceitas cientificamente, indicando capacidade para entender teorias e modelos conceituais científicos (Greca e Moreira, 1996). Mas para desenvolver o modelo científico é imprescindível que o aluno desenvolva muitos modelos mentais, que vão se tornar o fundamento do seu conhecimento. Estes modelos poderão formar-se a nível proposicional (modelos proposicionais), no qual predominam definições e símbolos interligados por regras, que resultarão em explicações e predições. Os modelos também podem se formar a um nível mais qualitativo, como imagens (modelos imagísticos), através do uso predominante de desenhos. Podem ser também modelos parcialmente imagísticos e parcialmente proposicionais, isto é, modelos híbridos (Greca e Moreira, 1996, 2000; Moreira, 1994).

Pode não formar-se modelos. Neste caso o aluno trabalhará com representações proposicionais, ou seja, proposições desconectadas e uso acentuado de regras isoladas. O aluno que define conceitos e utiliza símbolos não necessariamente constrói um modelo biológico, pois não é capaz de interpretar estas representações proposicionais, à luz de um modelo. Podem também ocorrer representações imagísticas onde a imagem predomina e não explica nenhum processo. Uma representação também pode ser proposicional/imagística, quando as representações apresentam elementos proposicionais e imagísticos sem indicar relação entre eles e/ou faltam aspectos explicativos e funcionais do processo que está sendo estudado (Greca e Moreira, 1996, 2000; Moreira, 1994).

A identificação das representações mentais (sejam modelos ou não) utilizadas pelos alunos baseou-se na análise das características atribuídas aos conceitos relativos ao estudo do DNA, discutidos em sala de aula. Por exemplo, se havíamos discutido sobre a importância da célula duplicar seu DNA (e nucleotídeos) e transmiti-lo para as células-filhas (transmissão das características contidas na molécula de DNA), esperava-se que o aluno conseguisse construir um modelo mental para explicar como a célula transmite suas características, isto é, um modelo mental da hereditariedade.

Após a produção dos desenhos pelos dois grupos (com e sem LD), foram mostradas ilustrações de diferentes fontes (livros, internet) que respeitassem os critérios de complexidade (contexto e relação entre célula, meio ambiente, estruturas e funções) e abstração, para que os alunos pudessem visualizar os modelos e representações referentes à célula e suas estruturas celulares (núcleo, DNA, cromossomos e modelos de duplicação celular).

2.2.5 RESULTADOS

2.2.5.1 Análise Qualitativa

A análise qualitativa dos desenhos indicou a ocorrência das categorias de modelos e representações mentais, propostas por Greca e Moreira (1996) e Moreira e Lagreca (1998).

2.2.5.2 Análise Qualitativa – Modelos Mentais

1. Categoria em que o aluno forma modelo de hereditariedade em nível celular.

1.1 Modeladores Híbridos (MH) (Fig.1 e 2): articulam imagens e proposições de maneira explicativa e funcional.

1.2 Modeladores Imagísticos (MI) (Fig.3): predominam as imagens e estas estão articuladas formando um modelo explicativo para o problema proposto.

1.3 Modeladores Proposicionais (MP) (Fig.4): constroem modelos proposicionais (definições e símbolos interligados de modo a formar um modelo)

Algumas características da categoria 1:

1. Entendem o conceito de hereditariedade e a sua relação com o DNA da célula. A figura 1 exemplifica esta característica. O DNA encontra-se inserido no núcleo da célula, onde ocorrerá sua duplicação com a formação de novas células com o DNA replicado.

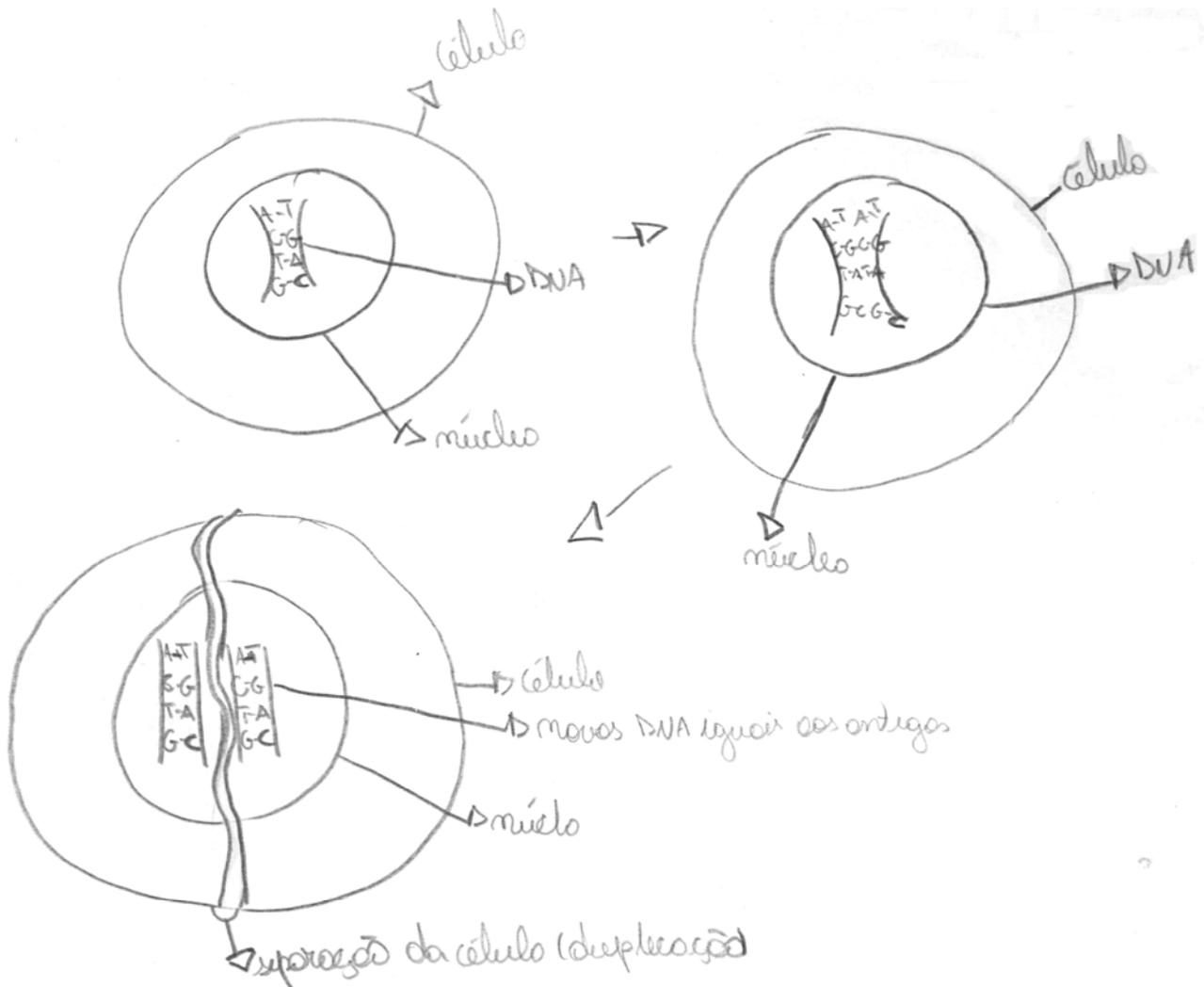


Figura 1 – Modelo Híbrido: Os símbolos que representam as bases nitrogenadas e os nucleotídeos indicam a duplicação do DNA, e as imagens transmitem a idéia da formação de células-filhas a partir de uma célula original. Proposições no contexto do processo celular que está representado.

2. Relacionam os diferentes aspectos do processo de replicação do DNA e hereditariedade através de imagens e proposições (fig. 2). Nesta figura, as proposições indicam, além do processo correto da duplicação do DNA (separação das pontes de hidrogênio), sua localização na célula (núcleo). A imagem sugere a formação de células-filhas com cópias de DNA da célula-mãe, embora a imagem das células-filhas tenha sido substituída pela palavra “DNA”.

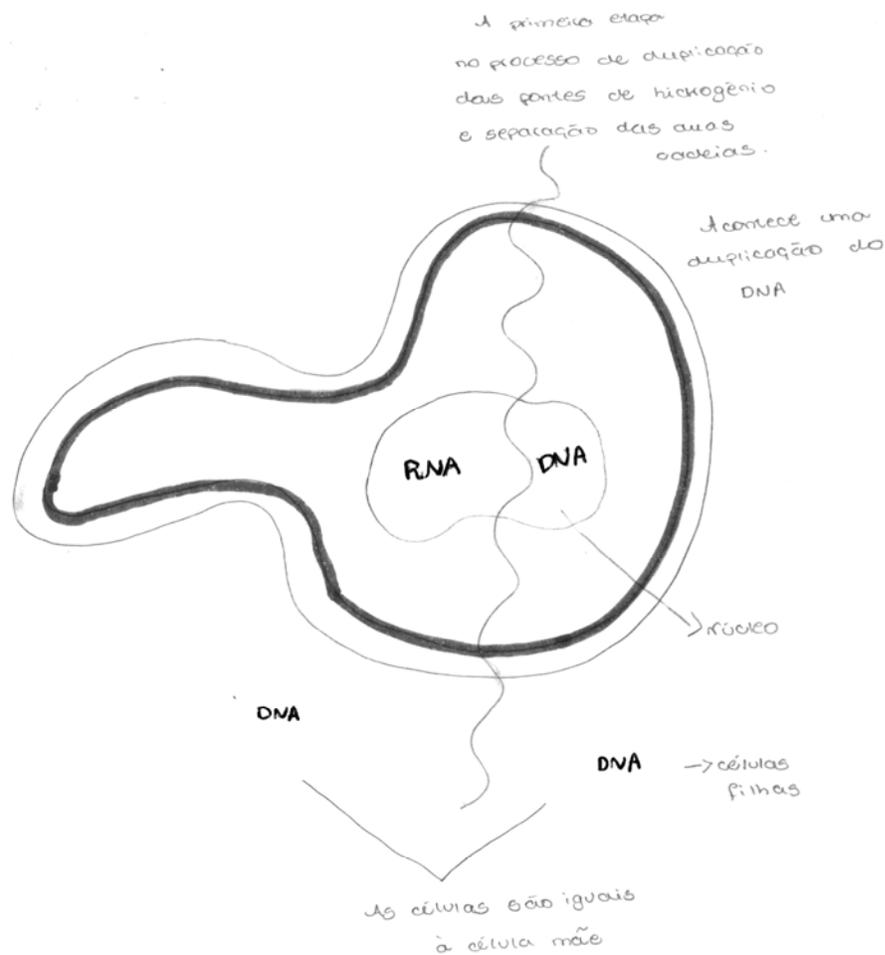


Figura 2 – Modelo Híbrido: Propõe que o início do processo seja através da separação da dupla hélice do DNA (quebra das pontes de hidrogênio) para ocorrer a duplicação do DNA e posterior divisão do núcleo, originando células-filhas idênticas à célula-mãe. As proposições estão de acordo com as imagens construídas pelo aluno.

3. Propõe um modelo que explica como são transmitidas as características de uma célula para outra (apresenta o conceito de hereditariedade, que inclui o conceito de replicação do DNA) (fig. 3 e 4). As figuras abaixo mostram o DNA original com sua divisão e duplicação, e posterior formação de células-filhas com o DNA oriundo da célula-mãe.

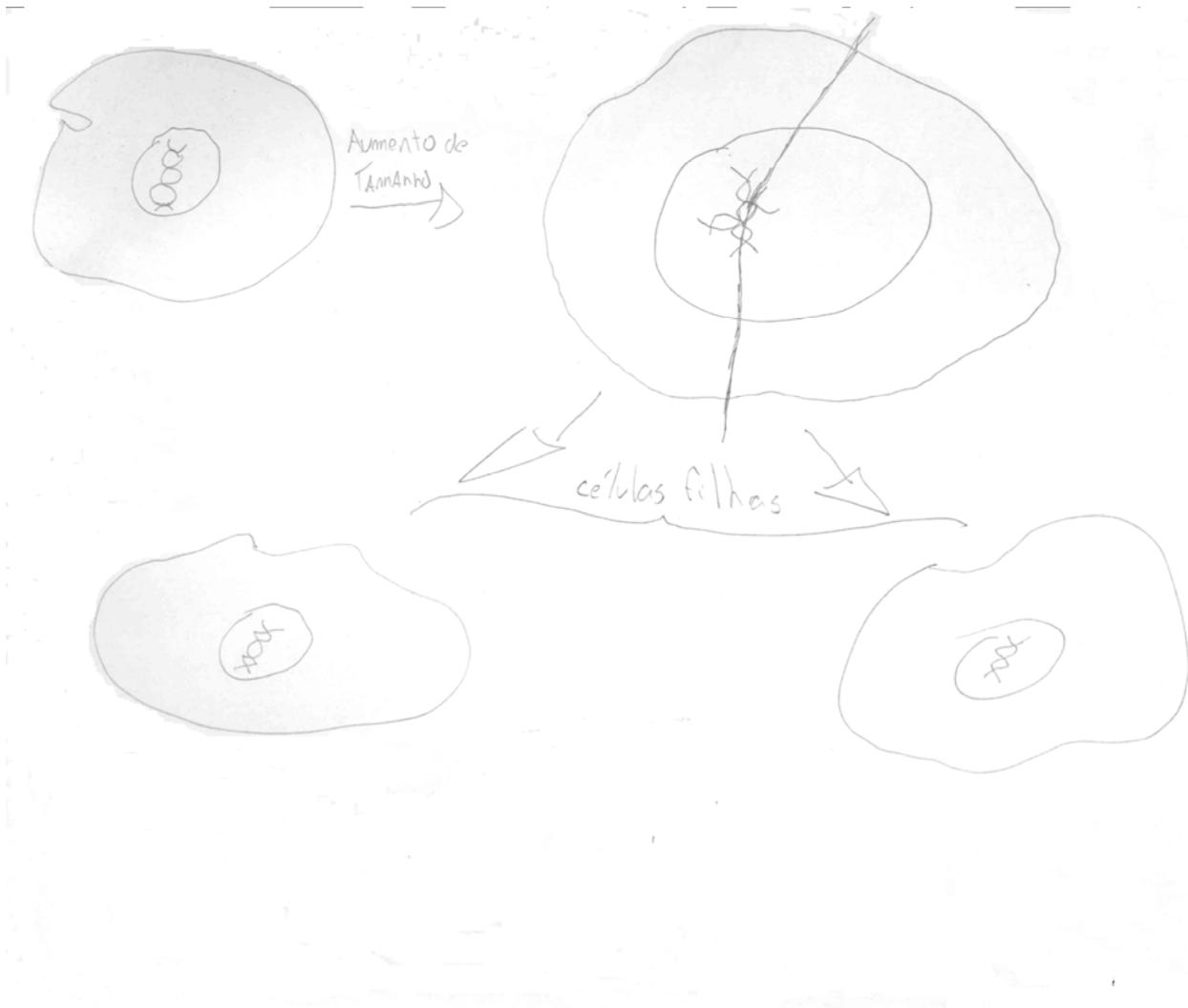


Figura 3 – Modelo Imagístico: Propõe um modelo de hereditariedade onde o elemento que se encontra no núcleo (provavelmente o que a imagem sugere é o DNA) sofre duplicação e divisão, originando células-filhas. Podemos inferir a partir deste desenho, que o DNA das células-filhas é igual ao da célula-mãe. São utilizadas poucas proposições e símbolos.

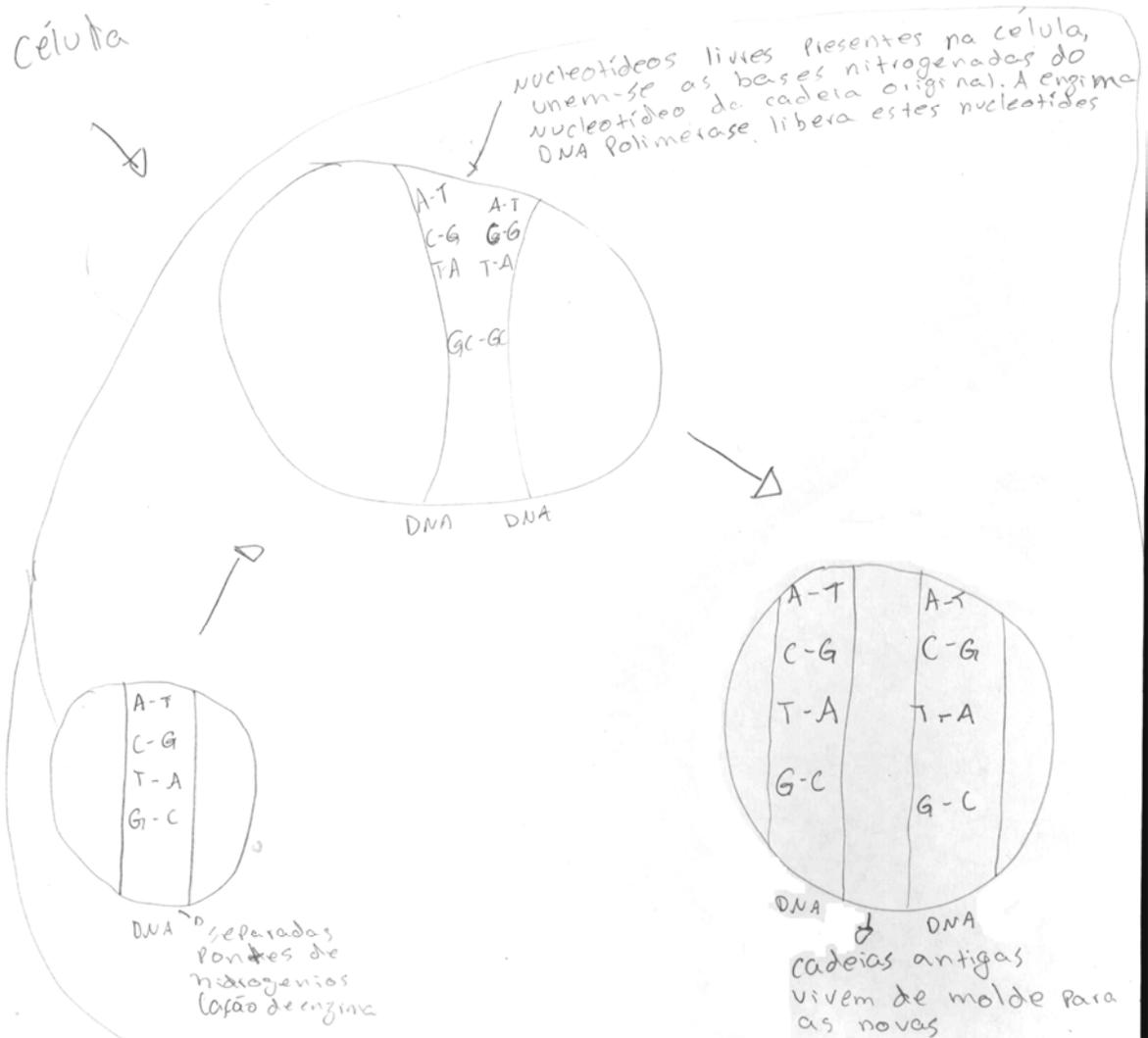


Figura 4 – Modelo Proposicional: As imagens são poucas e não representam com exatidão a célula (ex., não há núcleo). O desenho indica sequência de eventos. Frases indicam a relação dos nucleotídeos com a duplicação do DNA, e os símbolos (letras que simbolizam as bases nitrogenadas) expressam esta afirmação. O modelo é incompleto, pois falta a representação do resultado final (células-filhas), e assim este modelo não está totalmente de acordo com o modelo científico da hereditariedade.

2.2.5.3 Análise Qualitativa – Representações Mentais

2. Categorias em que o aluno não forma modelos, mas representações.
 - 2.1 Proposicionais (P) (Fig. 5 e 6): as proposições se apresentam soltas, não vinculadas a um modelo.
 - 2.2 Imagísticos (I) (Fig. 7): os alunos constroem imagens sem função explicativa.
 - 2.3 Proposicionais e Imagísticas (P/I) (Fig. 8 e 10): em um mesmo desenho, os alunos usam as duas formas de representação, porém, não as relacionam formando um modelo explicativo para o problema proposto. A figura 9, também pode ser inserida nesta categoria, porém ela não foi produzida por um aluno; faz parte das figuras que compõem o LD.

Algumas características da categoria 2:

1. Identificam algumas estruturas corretamente, mas não as relacionam aos processos de duplicação do DNA e transmissão de características às células-filhas (hereditariedade). Por exemplo, de qual estrutura celular originou-se as duas moléculas de DNA que contém as cadeias novas e antigas de DNA (Fig. 5)?
 As palavras que identificam as unidades do nucleotídeo (“base nitrogenada”, “ácido fosfórico” e “açúcar”) não apresentam relação com as cadeias de DNA. A palavra “nucleotídeo” está desvinculada de qualquer estrutura, símbolo ou proposição que represente as unidades do nucleotídeo. A proposição “separação das pontes de hidrogênio” está próxima a uma figura abstrata que não lembra o DNA. Esta proposição deveria estar relacionada às moléculas de DNA representadas acima. A expressão “DNA polimerase” relaciona-se com as bases nitrogenadas. Esta expressão deveria estar relacionada com as pontes de hidrogênio das moléculas de DNA (representadas na parte superior do desenho).
 A linha que circula todos os elementos do desenho provavelmente representa a delimitação da célula. Indica que não há outras células, como a célula com o DNA antes da duplicação (célula-mãe), e as células com o DNA replicado (células-filhas). O conceito de hereditariedade não

está representado no desenho, pois o DNA duplicado a partir de um DNA original não é transmitido para novas células (filhas).

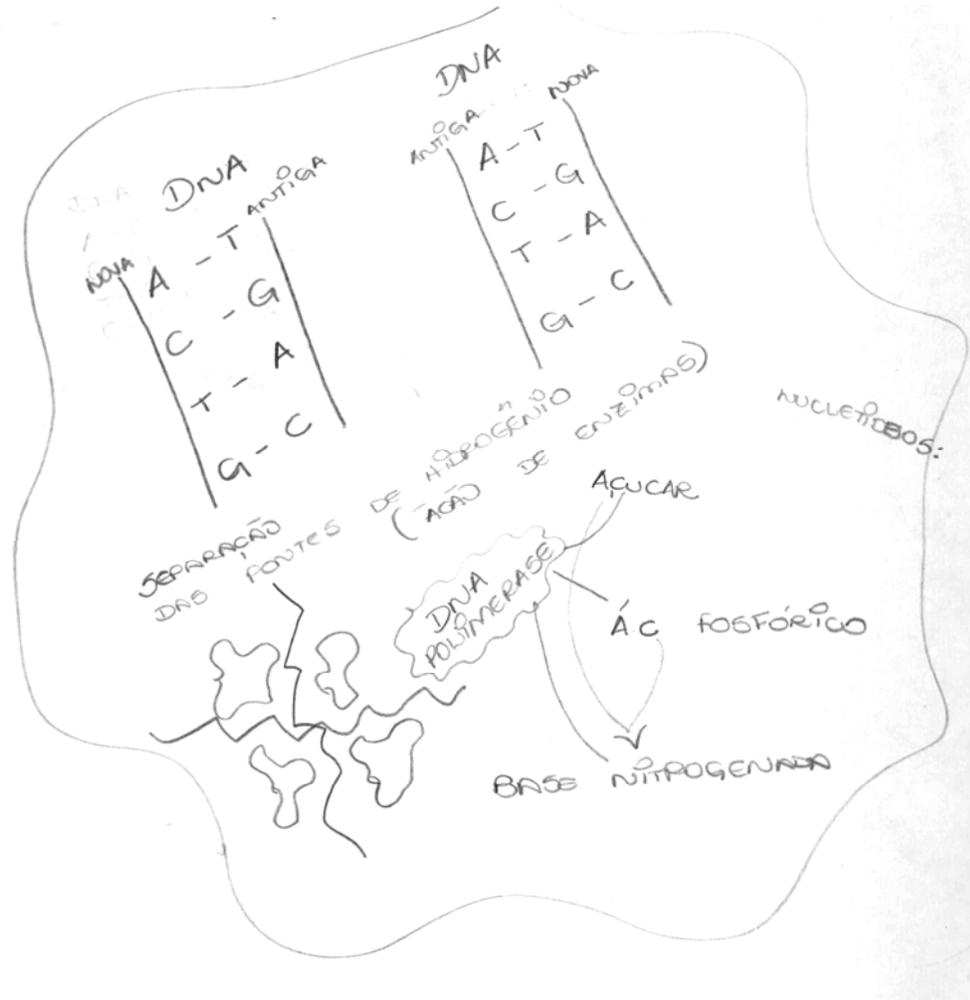


Figura 5 – Representação Proposicional: utilização de símbolos que representam as bases nitrogenadas dos nucleotídeos sem relação com o processo da hereditariedade. Frases desconectadas que tem relação com a duplicação do DNA, mas não estão relacionadas à imagem ou ao conceito de hereditariedade. As figuras, em menor número, são abstratas, próximas a palavras soltas (“DNA polimerase”, “açúcar”, “base nitrogenada” e “ácido fosfórico”), sem que haja construção de significado de estrutura e função.

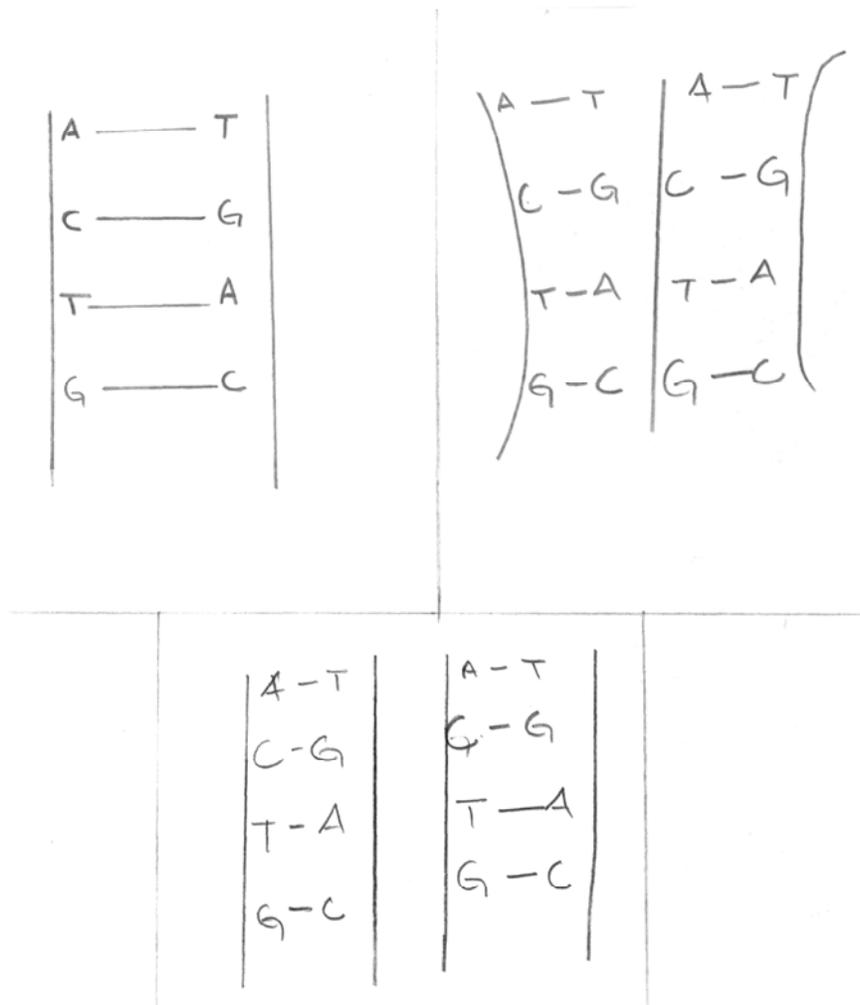


Figura 6 – Representação Proposicional: As representações sugerem uma estrutura de DNA, pela indicação de letras que simbolizam as bases nitrogenadas pareadas e ligadas por pontes de hidrogênio. Apresentam certo conteúdo preditivo, pois indicam duplicação das bases nitrogenadas dos nucleotídeos da cadeia do DNA, originando duas novas cadeias de DNA (cópias da primeira). O desenho não explica o objetivo da duplicação destas bases nitrogenadas, isto é, não existe qualquer relação com a formação de células com DNA duplicado (hereditariedade). O DNA e o processo de duplicação das cadeias do DNA, não se relacionam ao contexto celular porque não estão inseridos nas células.

2. Imagens e/ou proposições não apresentam conteúdo explicativo, ou estão desarticuladas do problema proposto (Fig. 7, 8, 9). A figura 7 indica estruturas que o aluno definiu como célula, mas que provavelmente representa a dupla hélice do DNA. As imagens não sugerem nenhuma função ou processo biológico, não explicam, portanto, como ocorre a hereditariedade através da duplicação do DNA.



Figura 7 – Representação Imagística: As imagens do DNA (identificadas como células) predominam no desenho. A primeira imagem mostra poucas características estruturais do DNA, e a segunda é uma representação abstrata de uma imagem do DNA. Não há indicativo de algum processo hereditário.

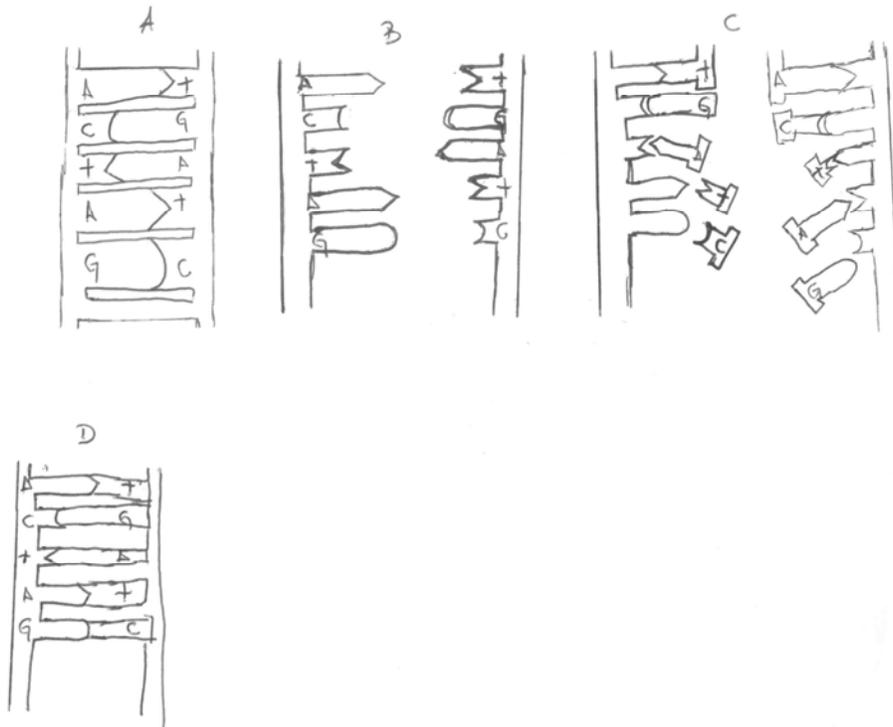
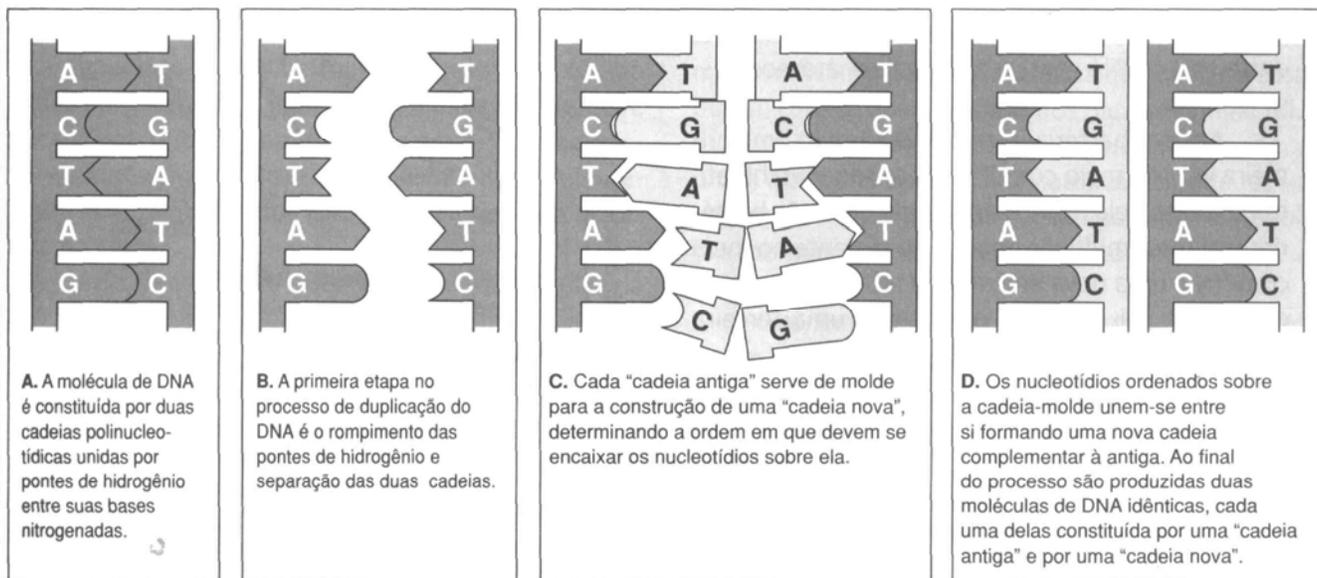


Figura 8 – Representação Proposicional e Imagística: o desenho apresenta grande similaridade com a figura do LD (fig. 9). Não ocorreu uma tentativa, por parte do aluno, de compor sua própria representação, indicando uma evocação da memória de trabalho. Neste caso, as informações são lembradas para resolver uma situação imediata. Como estas informações não fazem sentido no contexto proposto, indicam memorização sem reflexão, e provavelmente estas informações serão esquecidas, não passando a compor a memória de longo prazo. Esta representação é resultado da discussão conceitual e observação da figura do LD. Ela não resultou em uma aprendizagem significativa, pois o desenho encontra-se descontextualizado (a célula e o núcleo não estão representados) e não responde ao problema proposto sobre a hereditariedade (pois não indica a formação das células-filhas).



▲ **Figura 11.2** • Esquema representativo da duplicação do DNA.

Figura 9 – Representação Proposicional e Imagística: a figura do LD não indica que o processo de duplicação do DNA encontra-se em um contexto celular (e nuclear). A representação dos nucleotídeos como sendo figuras geométricas são um obstáculo epistemológico, dificultando a visualização mental de um modelo de DNA coerente com o modelo científico. Como não surgem células-filhas no final do processo, a elaboração de um conceito sobre a hereditariedade fica prejudicada.

3. A representação mostra frases desconectadas com a imagem, o que indica memorização de conteúdo que não é aplicável à situação proposta. A figura 10 indica confusão conceitual do aluno na definição de RNA (ácido ribonucléico) e DNA. A proposição "cadeia de RNA sendo sintetizada" e "cadeia a partir da qual o RNA é transcrito" ilustram a afirmação acima. A imagem da dupla hélice do DNA (denominada de RNA pelo aluno) não tem relação com a proposição "cadeia de RNA sendo sintetizada", pois não estão representadas as novas cadeias que resultariam desta síntese. A proposição "no DNA contém proteínas..." não tem relação com a tarefa instrucional proposta pelo professor.

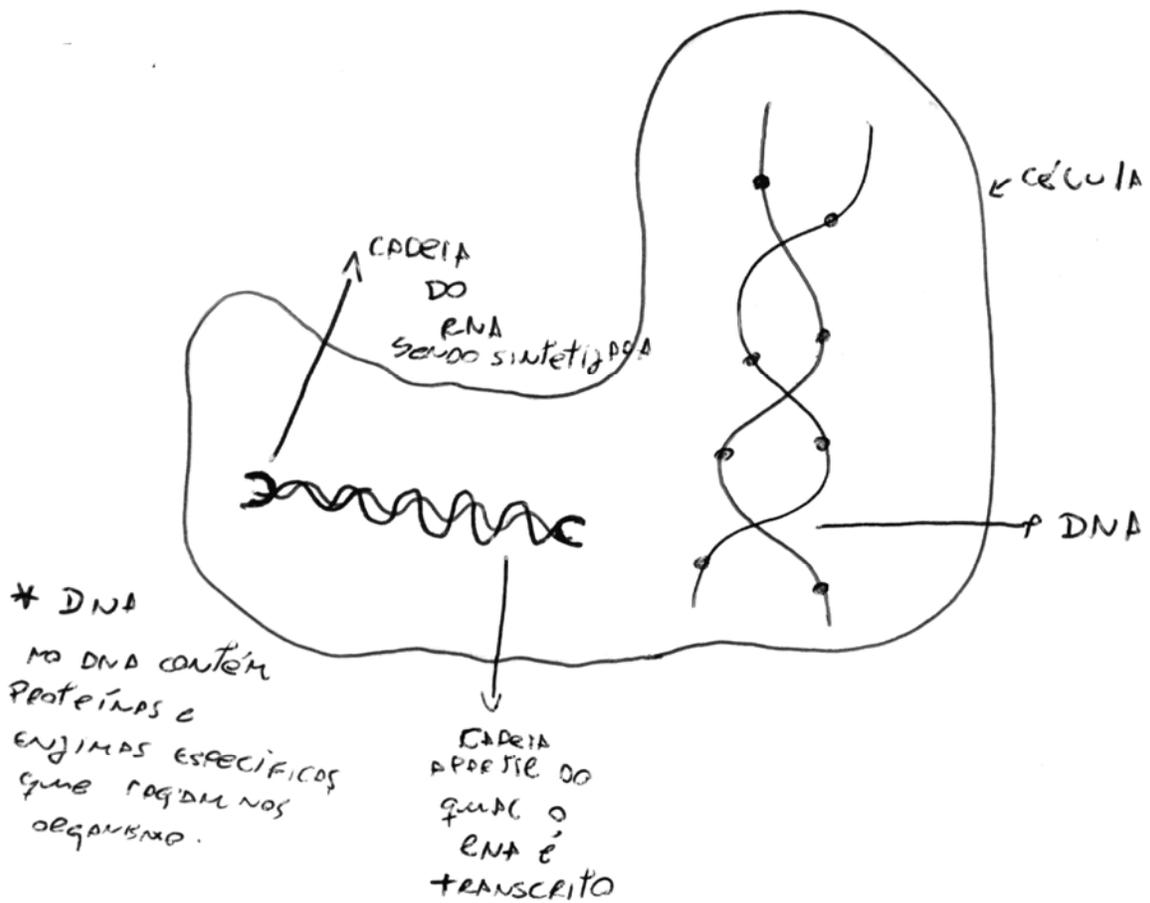


Figura 10 – Representação Proposicional e Imagística: As proposições não estão relacionadas com as imagens. As imagens sugerem uma estrutura do DNA, mas não indicam a duplicação das cadeias; também não indicam o processo de hereditariedade.

2.2.5.4 Análise Quantitativa

A análise quantitativa dos desenhos indicou diferenças importantes na comparação entre as turmas que utilizaram ou não o LD, como indica a tabela 1. A construção de modelos mentais foi detectada em 55% dos desenhos das turmas sem LD, e em 17% dos desenhos do grupo com LD. A construção de representações foi detectada em 83% dos desenhos das turmas com LD, e em 44% nas turmas sem LD.

2.2.5.5 Análise Quantitativa – Representações Mentais

Dentre os alunos que não conseguiram desenvolver modelos mentais, o grupo sem LD representou a solução do problema proposto pela tarefa instrucional, nas categorias (P=20%) e (I=13%), e desenhos onde encontramos as duas formas de representação, (P/I=11%). No grupo com LD, obtivemos maior frequência de desenhos (P=47%) e com os dois tipos de representação (P/I=34%). Os desenhos imagísticos representaram apenas 2% (um desenho), valor muito inferior ao detectado nas turmas sem LD (I=13%). A categoria representação proposicional indicou a maior diferença entre as frequências, comparando os grupos com e sem LD (27%). A menor diferença encontrada (comparando os grupos com e sem LD) ocorreu na categoria representação imagística (11%). A maior frequência encontrada nos dois grupos (com e sem LD), em todas as categorias de representações, ocorreu na categoria de desenhos posicionais, na turma com LD (47%). A menor frequência ocorreu na categoria representação imagística, nas turmas com LD (2%). Somando-se as frequências do grupo 1 (com LD) e do grupo 2 (sem LD), em cada categoria de representações (P), (I) e (P/I), predominaram as representações posicionais (67%).

2.2.5.6 Análise Quantitativa – Modelos Mentais

Os desenhos dos alunos que desenvolveram modelos mentais, e que constituem o grupo sem LD, ocorreram com maior frequência na categoria de modelos imagísticos (MI=24%) e menor frequência de modelos proposicionais (MP=11%). O grupo com LD apresentou 2% de modelos imagísticos (categoria de menor frequência) e 15% de modelos híbridos (categoria de maior frequência). Não foram identificados modelos proposicionais no grupo com LD.

A maior diferença entre frequências na comparação dos dois grupos (com e sem LD) foi encontrada na categoria de modelo imagístico, na qual o grupo sem LD apresentou 24% de desenhos, e o grupo com LD apenas 2%. A diferença de 11% entre os dois grupos, na categoria modelo proposicional, também foi importante. Não houve diferença marcante na frequência de desenhos híbridos entre os grupos sem LD e com LD (5%).

A maior frequência encontrada nos dois grupos (com e sem LD) em todas as categorias ocorreu na categoria de desenhos com modelos imagísticos (24%), nas turmas sem LD. A menor frequência foi encontrada na categoria de modelo proposicional (0%), nas turmas com LD. Nos alunos que formaram modelos mentais predominaram os modelos imagísticos (24% no grupo sem LD), porém no grupo com LD estes modelos foram pouco utilizados (2%).

Somando-se as frequências do grupo 1 (com LD) e do grupo 2 (sem LD), em cada categoria de modelos (MP, MI e MH) predominaram os modelos híbridos (MH=35%). No grupo dos alunos com LD, 32% utilizaram representações com características similares às encontradas no LD (P/I= 17%, P=13% e I=2%), sendo as imagens menos utilizadas. Não foi encontrada qualquer representação similar ao LD do tipo modelo mental.

Tabela 1 - Frequência relativa de desenhos em cada categoria, nas turmas 1M4, 1T5 (sem LD) e 1M2, 1T4 (com LD).

		TURMAS	
		(sem LD)	(com LD)
		n=45	n=53
Representações	1. Proposicionais	20	47
	2. Imagísticas	13	2
	3. Proposicionais e imagísticas	11	34
	TOTAL	44	83
Modelos Mentais	1. Imagístico	24	2
	2. Proposicional	11	0
	3. Híbrido	20	15
	TOTAL	55	17

2.2.6 DISCUSSÃO

Aprender acerca de algo, llegar a comprenderlo, es, en el modo de hablar normalmente de la ciencia cognitiva, construir un modelo mental'. (Resnick, 1989)

Um dos referenciais teóricos mais importantes na pesquisa do ensino em ciências, a partir da década de 90, é o modelo mental (Greca e Moreira, 2000). O potencial do modelo mental para identificar e interpretar as representações internas dos alunos (concepções e modos de raciocínio) é reconhecido por diversos autores (Moreira, 1994; Pintó, 1996; Marín, 1999; di Sessa e Sherin, 1999 apud Greca e Moreira, 2002).

Uma pessoa quando explica algo (com êxito) a outra pessoa, fornece uma espécie de “manual” ou “receita” para a construção de um “working model”

(Jonhson-Laird, 1983). Greca e Moreira (1996) sugerem a possibilidade de que os modelos mentais sejam mais explicativos que as imagens e proposições. Desta forma, assim como foi observado por Moreira e Lagreca (1998), no estudo da importância de modelos mentais na compreensão e uso dos conceitos físicos, esta pesquisa também indicou que os modelos mentais, por serem complexos, indicam maior compreensão de diferentes conceitos em diversos contextos biológicos. Então, ao construí-los, o aluno estaria demonstrando uma aprendizagem mais significativa e um melhor entendimento dos conceitos (Moreira, 1997).

Segundo Jonhson-Laird (1983) as pessoas representam internamente o mundo, operando cognitivamente com modelos mentais. Se um aluno constrói um modelo mental de algum estado de coisas do mundo, um fenômeno biológico, por exemplo, é porque ele é capaz de explicar, compreender e fazer previsões sobre ele.

O aluno, portanto, é um perceptor/representador, isto é, ele percebe o mundo e o representa. Os modelos mentais seriam representações mediadoras entre o mundo real ou imaginário e o conhecimento que o sujeito possui (Moreira, 2000).

Este modelo mental não precisa ser totalmente correto em termos de modelos científicos biológicos, como foi observado na figura 2 e 4. Nestes modelos o aluno sugere o processo de replicação do DNA como explicação para a transmissão das características, porém não representou as células-filhas (apenas indicou a presença do DNA – figura 2) ou não representou o final do processo de duplicação, isto é, as células-filhas (figura 4). De acordo com Pozo (1993), os alunos trazem para a aula modelos úteis, porém não necessariamente exatos do ponto de vista científico.

Ao construir modelos mentais sobre modelos conceituais, os alunos mostraram melhor compreensão na explicação dos fenômenos biológicos, e utilizaram símbolos (como no caso dos nucleotídeos) que representam este conhecimento. Mas estes símbolos só farão sentido dentro de um contexto explicativo e preditivo, isto é, em um modelo mental. Segundo Moreira e Lagreca (1998), um aluno que não constrói um modelo mental de um determinado estado de coisas, não forma uma representação mental mais

elaborada, com algum poder explicativo e preditivo (ou seja, um modelo mental).

A aplicabilidade a novas situações significa uma possibilidade de “testar” o modelo, podendo confirmar a aplicabilidade cognitiva do modelo ou implicar sua revisão. Por isso ressalta-se a importância da construção pelos alunos, de modelos explicativos e funcionais como resposta aos novos desafios cognitivos, isto é, os novos conceitos que serão ensinados. De nada adianta mostrar representações prontas (sejam elas modelos ou não) do LD ou de outras fontes de pesquisa. Os resultados deste estudo indicam a necessidade da aplicabilidade de seus próprios modelos mentais na resolução de problemas, seja na construção de modelos proposicionais, imagísticos ou híbridos. Neste processo de novas construções cognitivas, as imagens do LD estudado parecem dificultar uma re-elaboração mental.

Na didática baseada na metáfora da “figura na cabeça”, que concebe as imagens externas como evidentes, transparentes, e mais sensíveis que outras formas de representação, os desenhos e fotografias são usados com fins estéticos e motivadores. São enfatizados aspectos perceptivos, ignorando-se as dificuldades da representação interna do conhecimento (que não tem relação direta com a representação externa) (Otero, *et. al.*, 2002). Esta premissa da “figura na cabeça” resume um pensamento já ultrapassado pelos estudos da psicologia cognitiva, de que existiria uma relação direta entre as imagens externas e as internas, em que não é levado em conta o processamento destas informações na construção de um modelo mental (Otero *et. al.*, 2002). Os resultados desta pesquisa confirmam esta análise de que as figuras (representações externas) nem sempre melhoram a aprendizagem. Os dados mostram que as figuras do LD dificultaram a construção de modelos mentais. No grupo de alunos que trabalharam com as figuras do LD, houve grande redução do número de desenhos que apresentavam esta forma de representação. Apenas 17% dos alunos que trabalharam com o LD, construíram modelos; em contrapartida 56% dos alunos que não utilizaram LD construíram modelos. Segundo Moreira (2002), uma aprendizagem significativa (o contrário de uma aprendizagem por repetição) implica na construção de modelos mentais, pois compreender um estado de coisas do mundo natural

(eventos, fenômenos) através do ensino de conceitos mentais (científicos), implica ter um modelo mental deste evento ou conceito. Também no processo de “leitura” de uma imagem do LD, é necessária uma relação dos conhecimentos prévios com os novos conceitos que estão inseridos na imagem da figura do LD; caso contrário, a aprendizagem fica prejudicada. Era esperado que as imagens e figuras do LD ajudassem na composição de modelos mentais dos alunos, visto que, essas imagens constituem-se parte de um material didático (LD) amplamente utilizado nas escolas do país. Isto não aconteceu, porque as figuras do LD eram muito abstratas e de difícil compreensão. Não ocorreu relação entre os conceitos contidos nas figuras do LD e os conhecimentos prévios; portanto não se desenvolveu a aprendizagem significativa (ocorreram apenas 17% de produção de modelos nas três categorias: MP + MI + MH).

Assim, como também identificado por Palmero (2003), a percepção de imagens ou desenhos contidos nos LD, não originaram modelos, mais especificamente modelos imagísticos (no presente trabalho, só 2% dos desenhos foram de modelos imagísticos e no grupo que não usou o LD, 24% formaram modelos imagísticos). Na pesquisa de Palmero (2003) com modelos mentais de células, foi detectada uma relação entre as imagens externas produzidas pelos estudantes - seus desenhos - que se originaram de suas representações internas, e a percepção visual da célula encontrada no livro-texto. Alguns desenhos de células, feitos por seus alunos, mostravam grande similaridade com as figuras de célula do livro-texto utilizado em sua pesquisa, e estas figuras (do LD) não foram considerados pela pesquisadora como modelos mentais. Sua conclusão é de que os livros condicionam os processos mentais e assim, sua conceitualização. Na presente pesquisa os resultados corroboram esta afirmação. No grupo que utilizou o LD, 32% dos alunos mostraram desenhos que indicavam grande similaridade com as figuras do livro-texto (LD) (figura 9).

Os resultados acima mostram que as representações pictóricas do LD influenciaram negativamente a construção de modelos mentais. Esta influência também é percebida em relação ao tipo de representação ou modelo mental escolhido (proposicional ou imagístico). A dúvida com relação à influência do

LD sobre o tipo de representação externa que o aluno escolheu, foi devida à metodologia utilizada, na qual predomina o uso de imagens. Por exemplo, foram trabalhadas imagens (figuras e desenhos) nas turmas com LD. As figuras que representam uma expressão pictórica de modelos conceituais, relativos ao DNA, poderiam de certa forma influenciar no tipo de representação e modelos feitos pelos alunos (grupo com LD)? Com relação à metodologia utilizada na tarefa instrucional (nos dois grupos), as representações na forma pictórica (desenhos-imagens) foi o documento escolhido pelo professor para exteriorizar as representações internas dos alunos. Esta escolha metodológica (utilização de figuras do LD e documento pictórico), na qual predomina a imagem, poderia influenciar as representações e os modelos mentais exteriorizados nos documentos (desenhos)? Estas representações externas seriam constituídas predominantemente por imagens? E no grupo que não trabalhou com as imagens do LD, suas representações e modelos teriam aspectos mais proposicionais? Os resultados mostram que a metodologia do uso de figuras do LD influenciou os alunos na escolha do tipo de representação ou modelo (imagístico ou proposicional) utilizado para expressar seus conhecimentos. Esta influência parece ser inversa à utilização de imagens das figuras do LD durante o processo de construção das representações mentais. Se o aluno utiliza imagens do LD, ele usaria poucas imagens na constituição de seus desenhos. Ao contrário, se o aluno não utiliza as imagens do LD, ele usaria mais imagens para compor seus desenhos. Analisando o uso de imagens na produção dos desenhos, ao adicionarmos a categoria representacional (I) com a de modelo mental (MI), percebe-se que alunos que não usaram as figuras do LD, escolheram as imagens com maior frequência ($I + MI = 37\%$) para representar as suas idéias; situação oposta foi observada nos desenhos dos alunos que utilizaram as figuras do LD ($I + MI = 4\%$). O fato de que as imagens do LD não proporcionaram maior produção de desenhos nestas categorias (representações e modelos imagísticos), e nem o desenvolvimento de modelos mentais (apenas 17%, somando-se as três categorias de modelos), reafirma o equívoco da metáfora da “figura na cabeça”. Parece que a produção de imagens a vista de um modelo, é um processo muito mais complexo, e que não envolve necessariamente o trabalho com as

figuras do LD. Os dados indicam que, tanto os desenhos de representações (I = 2%), quanto os MI (2%), foram pouco utilizados. No grupo de alunos que não trabalhou com as figuras do LD, a categoria MI foi a mais utilizada dentre todas as categorias de modelos (24%); e dentre as categorias de representações, a imagística foi a segunda categoria mais utilizada (13%), porcentagem muito superior ao encontrado no grupo com LD (I = 2%). É importante ressaltar que as imagens utilizadas por este grupo de alunos (sem LD) foram produzidas em suas mentes ou recuperadas da memória de longo prazo; não eram figuras disponíveis no LD para ajudá-los na criação de seus desenhos. Talvez esta preferência pelo uso de imagens seja motivada pelo processo de imaginação (na produção dos desenhos) que não foi “bloqueado” por imagens prontas do LD, facilitando o processo criativo na execução dos desenhos com representações, e principalmente com modelos imagísticos. Quando se pede para que um aluno represente suas idéias em forma de desenho, é esperada a utilização majoritária de imagens, pois um desenho sugere uma representação do tipo pictórica. Porém, por que isto não ocorreu com os alunos que trabalharam com as figuras do LD? Talvez a demasiada abstração das figuras do livro, sem relação com os conhecimentos prévios dos alunos, tenha dificultado o processo de construção de suas próprias figuras. Esta relação das imagens (sejam representações ou modelos) com o grupo sem LD, e em contrapartida, a quase inexistente relação de imagens com o grupo que utilizou o LD, parece indicar uma influência do material instrucional utilizado (LD) e não da tarefa instrucional que sugeria a produção de um mesmo tipo de documento (desenho-pictórico) para os dois grupos. Desta forma, os resultados demonstram a possibilidade do uso de desenhos (expressão pictórica) como tarefa instrucional na análise de representações e modelos mentais dos alunos de ensino médio, na área da biologia. Isto também foi observado por Palmero (2003), em seus estudos com representações mentais de células. Esta metodologia parece não influenciar o aluno, na escolha entre representação ou modelo mental ou entre a categoria proposicional ou imagística (de representação ou modelo mental).

Então, esta decisão por parte dos alunos, parece recair sobre as representações e modelos que, segundo eles, poderiam explicar melhor o que

eles pensam; e segundo os resultados, a maioria destas explicações precisa conter proposições. A tabela 1 indica que as representações e modelos proposicionais estão presentes em 61% dos desenhos do grupo sem LD, e em 96% dos desenhos do grupo com LD (somando-se as representações P + P/I e os modelos MP + MH).

Analisando apenas as representações do grupo sem LD, as proposicionais aparecem com maior frequência (20%), uma diferença importante em relação às outras representações (I = 13% e P/I = 11%). Também no grupo com LD, as representações proposicionais são mais frequentes (P = 47%, I = 2% e P/I = 34%). Porém, na produção de modelos, nos dois grupos (sem e com LD), a frequência foi baixa (MP = 11 e MP = 0, respectivamente). Mesmo assim, observando os resultados da análise geral dos grupos sem e com LD (como já mencionado acima), pode-se considerar que há uma tendência na produção de representações externas com características proposicionais. Esta escolha prioritária (proposições) explica-se porque, após a alfabetização, as atividades escolares priorizam trabalhos com representações simbólicas (números e letras), mais abstratas, em detrimento de atividades pictóricas, que seriam mais concretas. Esta escolha metodológica por parte dos professores talvez esteja fundamentada nos estudos de Piaget (1975), que afirmam que o desenvolvimento humano se dá em direção ao pensamento lógico-formal (abstrato). Porém, como confirmado neste estudo, as atividades pictóricas (desenhos) produzidas pelos alunos também podem conter elementos abstratos (com proposições). As figuras do LD também podem ter um caráter fortemente abstrato para o aluno (como foi identificado no LD utilizado neste estudo), não só porque estas figuras utilizam muitos símbolos (abstratos), como também porque estas representações não têm relação com os conhecimentos prévios dos alunos; portanto, não proporcionam uma aprendizagem significativa (Ausubel, 1982).

A construção de modelos proposicionais não foi prioridade para nenhum dos grupos de alunos com e sem LD (0% e 11%, respectivamente). No caso dos alunos com LD, as imagens externas do livro-texto favoreceram a construção de modelos híbridos (15%). No caso dos alunos sem LD, a construção de modelos imagísticos foi prioritária (24%). Esta diferença na

utilização de proposições nas representações (P: grupo 1 + grupo 2 = 67%) e modelos mentais (MP: grupo 1 + grupo 2 = 11%) talvez seja explicada (no caso das representações proposicionais) pela tentativa de representar algo que o aluno não compreende (portanto, não forma modelos mentais). Esta dificuldade identificada principalmente no grupo com LD levaria o aluno a representar suas idéias (embora desarticuladas), na forma simbólica, utilizando proposições, já que esta linguagem é familiar, pois faz parte de sua formação escolar, voltada para o uso da linguagem (abstrata). No caso do aluno conseguir elaborar modelos, situação evidenciada com mais frequência no grupo sem LD, a compreensão dos conceitos trabalhados é expressa com maior facilidade utilizando-se a representação pictórica, pois este entendimento construído (aprendizagem significativa) proporcionaria uma maior liberdade criativa no processo de representação da tarefa instrucional sugerida (desenho). Apesar desta forma de se expressar (desenho) não ser algo familiar, a compreensão dos conceitos estudados talvez impulsiona o aluno a experimentar outras formas de representação, que não aquela já estabelecida em sua memória de longo prazo (isto é, a representação simbólica – linguística).

A influência do uso das figuras do LD na construção de modelos é percebida principalmente na análise da produção de representações e modelos proposicionais. Modelos proposicionais não foram detectados em nenhum desenho, porém as representações proposicionais apareceram em 81% dos desenhos (se somarmos P + P/I). A explicação desta diferença na frequência entre representações e modelos proposicionais, talvez esteja na qualidade conceitual das figuras do LD utilizadas por estes alunos. As figuras não propõem modelos mentais. Além de serem descontextualizadas (em nenhum momento fazem relação com a célula ou o núcleo), o processo representado não explica, seja através de imagens ou proposições, a importância do fenômeno biológico da replicação do DNA para a vida da célula. Os símbolos utilizados para representar os nucleotídeos são abstratos e o DNA representado também apresenta problemas semelhantes. A tentativa por parte dos alunos, de interpretar as figuras do LD, provavelmente causou uma confusão conceitual que se manifestou principalmente na produção de representações proposicionais desconectadas, onde o aluno tenta explicar o

processo e propor soluções utilizando símbolos (frases ou letras que representariam os nucleotídeos); mas para que esta construção resultasse em um modelo efetivo, estas representações deveriam ser funcionais (isto é, deveriam explicar a relação entre o DNA, sua replicação e a hereditariedade), indicando uma aprendizagem significativa. Os desenhos com representações proposicionais e imagísticas (P/I) apareceram na maioria dos desenhos dos alunos com LD (47%), constituindo a categoria de desenho menos freqüente (11%) dos alunos sem LD. Novamente temos que levar em conta a aprendizagem significativa no processo de construção cognitiva dos alunos. As figuras do LD aparentemente causaram uma desarticulação conceitual no processo de elaboração dos desenhos de representação, no grupo com LD, pois a categoria (P/I) obteve uma frequência importante (34%). Os alunos não conseguiram determinar o campo representacional em que iriam desenvolver suas idéias, e desta forma utilizaram proposições e imagens, desarticuladas, sem a construção de um modelo mental.

Fazer um desenho requer certo grau de imaginação, mas isto não significa experimentar um modelo de imagem, pois se pode evocar uma imagem já vista (Palmero, 2003). Assim como frases memorizadas e utilizadas mecanicamente pelos alunos na resolução de problemas, as imagens de um desenho podem ser simples cópias de uma imagem do LD (figura 9). Quando uma imagem está completamente desvinculada da situação proposta, pode ser interpretada como uma memorização ou repetição mecânica da imagem (figura 6). Então, por que as imagens (representações ou modelos) não predominaram nos desenhos do grupo com LD? As figuras prontas seriam mais facilmente memorizadas, pois as imagens têm grande capacidade de serem evocadas pela memória de trabalho (Otero *et. al.*, 2002). Pode-se interpretar este resultado como sendo uma resposta ao nível de abstração das figuras do LD. Para o aluno talvez tenha sido mais fácil explicar com palavras aquilo que ele não compreendia (e que não conseguiu compreender, visto o número elevado de desenhos com representações proposicionais) do que tentar imitar as figuras do LD (o que ocorreu com 32% dos alunos do grupo com LD). Provavelmente ocorreu uma tentativa de tornar algo não significativo em

significativo, e as palavras foram o recurso escolhido, incentivado pela tradição escolar do “uso das palavras” para representar o que se tem na mente.

Duit (1993) afirma que o ensino que prioriza a apresentação do conhecimento como algo acabado, onde fenômenos e leis e suas expressões teóricas seriam o resultado de rigorosos critérios lógicos dedutivos, dificilmente facilitaria a construção de modelos e a sua compreensão. Esta forma de ensinar não deixa espaço para a aprendizagem significativa. Segundo este autor, a pesquisa com relação às concepções alternativas indica esta dificuldade, mas não basta apenas identificar estas concepções, é necessário desenvolver conhecimentos relativos aos processos mentais envolvidos na aprendizagem significativa, propondo novas práticas pedagógicas.

A possibilidade de rever seus próprios conceitos, frente a novos contextos biológicos, torna o aluno agente de seu aprendizado e não um mero espectador de informações repassadas pelo professor; desta forma a aprendizagem torna-se significativa. O aluno também passa a compreender o processo de aprendizagem como algo dinâmico, em constante transformação, onde a necessidade de “decorar” conteúdos é substituída pela necessidade de compreender conceitos; caso contrário, ele não conseguirá explicar as novas situações apresentadas. Ao testar seus modelos em diferentes situações e alterá-los para melhor explicar os novos contextos (processo de recursividade do modelo mental), o aluno percebe o erro como fator de aprimoramento e não de derrota e regressão.

Os alunos que não construíram modelos mentais utilizam símbolos (dos nucleotídeos, por exemplo), que representam certos conceitos biológicos. Porém, eles não os utilizam de forma explicativa e preditiva, pois provavelmente não saberiam aplicar estes símbolos em novos contextos. Um exemplo é a síntese protéica, onde a aplicabilidade conceitual dos nucleotídeos é importante na construção de um novo modelo mental, este relacionado à transferência de informações hereditárias para novas moléculas orgânicas, o RNA (figura 6). Como afirma Moreira (1997), estes alunos não evidenciarão uma aprendizagem significativa.

A construção de modelos exige mais que uma simples reorganização dos modelos já construídos, envolve uma visão diferente dos fenômenos.

O aluno não precisa destruir seus antigos modelos, até porque eles são úteis para o aprimoramento de suas idéias (e de outros modelos) e foram capazes de explicar outros contextos. Segundo Moreira (1994), isto possibilita a coexistência de diferentes modelos, e a capacidade de diferenciar seu uso contextual.

Alunos modelizadores (conforme Moreira, 2007) formam modelos mentais com algum poder explicativo e preditivo, e com alguma congruência com o conhecimento cientificamente aceito, dando evidência de uma aprendizagem mais significativa. A validade desta categorização e a relevância para o ensino de física (e demais áreas do ensino de ciências) devem ser pesquisadas através da identificação pelo professor do tipo predominante de representação mental utilizado pelo aluno, e a partir daí ajudá-lo na modelagem (Moreira, 2007). Deve-se então investigar quais os fatores que contribuem para a modelagem, tanto em alunos de biologia como de outras áreas do conhecimento. Moreira (2007) afirma que o assunto representações mentais/modelos mentais/modelagem é relevante para a pesquisa em ensino de física e parece ter muitas implicações instrucionais.

A compreensão do papel das imagens e proposições no processo de construção dos modelos mentais se torna importante. Alguns estudos sugerem que as imagens podem direcionar as proposições e tornar o raciocínio mais eficiente (Bauer e Johnson-Laird, 1993; Barwise e Etchemendy, 1992). Porém, esta pesquisa indica que, para que o uso de imagens alcance todo o seu potencial no melhoramento da aprendizagem, o aluno, antes de ser “apresentado” às imagens prontas (já construídas), deve aplicar seus modelos mentais (sejam eles imagísticos ou proposicionais) na resolução de problemas. Através da recursividade destes modelos, o aluno testa, melhora e mantém ou não os modelos já construídos. Também foi percebido, com relação ao uso de imagens, que suas características conceituais (complexidade, abstração) são importantes na interação dos conhecimentos prévios com os novos conceitos que estão sendo trabalhados. Se as imagens do LD (representação externa) estiverem além da compreensão dos alunos (representação interna), apesar da intervenção do professor neste processo de construção cognitiva, não será evidenciada uma aprendizagem significativa.

As primeiras investigações sobre psicologia cognitiva na área da imagem mental, assim como a “psicologia popular”, sustentam a idéia de que as imagens externas e as imagens mentais facilitam a memória e o aprendizado. Esta propriedade mnemônica, atribuída às imagens (internas e externas), talvez explique a densidade de imagens encontradas nos LD, assim como a pouca importância conceitual atribuída às imagens. Depois de três décadas de pesquisa nesta área, parece que a melhoria da memória e aprendizagem não se deve à imagem em si (de Vega e Marschark, 1996; Marschark e Surian, 1992), mas aos processos de construção e adaptação de modelos mentais da situação descrita, que incluem informações viso-espaciais, bem como informações sobre as relações e o contexto desta situação (Otero, *et. al.*, 2002).

Uma imagem externa (figuras do LD, por exemplo) melhora a compreensão e a memória dos conhecimentos trabalhados em sala de aula, se esta imagem produzir um modelo mental sobre a situação que está sendo estudada. Somente a interação do professor com esta imagem, na tentativa de explicar os conceitos intrínsecos desta imagem, não parece ser suficiente, como ocorreu nesta pesquisa. As imagens do LD devem conter, além das informações viso-espaciais, informações conceituais importantes para a construção de um modelo mental, como observado por Otero *et. al.* (2002). Estas novas informações devem estar em um nível de complexidade e abstração coerente com as estruturas cognitivas apresentadas pelo aluno; assim ele pode compreender estas informações contidas nas imagens e ampliar o seu conhecimento (interação do conhecimento prévio e os novos conhecimentos, segundo Ausubel, 1982).

As imagens apresentam um caráter analógico e simbólico, muito importante na cognição, porém, sua construção deve diferenciar-se da percepção das imagens externas (Otero *et. al.*, 2002). Então, olhar uma figura do LD e tentar entendê-la com ajuda do professor e das legendas, e acreditar que haverá necessariamente a formação de um modelo imagístico, significa não compreender que é necessário construir um modelo mental a partir desta imagem. Como enfatizado por Jonhson-Laird (1996), os processos de assimilação de significados (aprendizagem) não podem ser explicados

somente a partir de imagens mentais e proposições; requerem a noção de um modelo mental.

A maneira como as representações externas articulam informação verbal e pictórica, certamente influencia na construção de representações mentais adequadas em física, conforme Otero *et. al.*, (2002). No caso do ensino de biologia, este estudo confirma esta afirmação, pois as informações contidas nas figuras do LD estudado se mostraram abstratas e com pouca capacidade explicativa, desta forma, dificultando a elaboração de modelos mentais.

Analisando o tratamento dado aos recursos visuais dos LD de física, na perspectiva das teorias cognitivas atuais, estas imagens não proporcionariam demasiados benefícios cognitivos (Otero *et. al.*, 2002), como também foi observado nesta pesquisa, com as imagens do LD de biologia.

Esta prática didática tão comum em nossas escolas, de esperar que o LD (e suas figuras), através da complacência do professor, transmita um conhecimento já determinado, sem uma releitura do professor ou do aluno (Pretto, 1985), direciona a comunidade escolar a um tipo de escola onde o conhecimento deve ser apenas adquirido, e não reelaborado. Freire e Guimarães (1988) afirmam que a escola faz a transmissão de um saber inerte, ao invés de convocar o estudante a atuar, pensar, criticar, produzir o seu conhecimento através de sua reflexão sobre o mundo e isso vem estimulando posições passivas nos estudantes. Justine e Rippel (2003) pesquisaram alunos que estavam concluindo o ensino médio, e perceberam que apesar de definirem os conceitos relativos à genética, a aplicabilidade destes conhecimentos mostrava-se comprometida, pois 76% dos alunos afirmavam que o código genético existia apenas nos animais. Também foi observado na presente pesquisa, que os alunos que escreveram frases, como por exemplo, "... separação de pontes de hidrogênio...", fizeram uma afirmação deslocada da imagem correspondente e fora do contexto de replicação do DNA, portanto indicando memorização de conteúdos.

Segundo Marrero e Maestrelli (2001), também no ensino superior os alunos apresentam dificuldades com conceitos da área de genética. Um estudo com 250 alunos de dois cursos da área de saúde da UFSC revelou que os alunos definem corretamente os termos DNA, cromossomos e genes; porém,

alguns (16%) não conseguem estabelecer uma relação entre esses três conceitos, sugerindo não compreensão e memorização.

Casagrande e Maestrelli (2005) aponta para a dificuldade de ensinar assuntos da área de genética, pois envolveriam conceitos abstratos, de difícil compreensão por parte dos alunos. Esta é uma questão importante (principalmente no ensino médio), porque o nível de abstração dos conhecimentos apresentados nas figuras do LD de biologia (no presente trabalho) parece não interagir com os conhecimentos prévios dos alunos. Isto foi percebido através da análise das dificuldades encontradas pelos alunos com LD, ao construírem modelos mentais sobre o problema da hereditariedade.

Outros estudos na área de ensino da genética (Justina e Rippel, 2003) mostram também que os alunos concluem seus cursos sem realmente se apropriarem do conhecimento. Por exemplo, não compreendem o processo de formação de gametas, assim como não conseguem representar uma célula e indicar o local da informação gênica (núcleo com o DNA). Esta dificuldade também foi encontrada (na atual pesquisa) nos alunos, onde muitos nem sequer desenharam a célula e muito menos um núcleo. Outros desenharam uma sequência de nucleotídeos utilizando símbolos desarticulados, pois estavam sutilmente relacionados à estrutura do DNA, mas não a um núcleo ou a uma célula (figura 7).

Não se pode culpar o LD por todos estes problemas; porém é necessário situá-lo como elemento importante neste contexto. De acordo com Martins (2000), nos últimos anos ocorreram mudanças (tanto na concepção quanto na apresentação) nos livros didáticos de Ciências. Otero *et. al.* (2002) afirmam que, entre elas, destacam-se uma dependência crescente da comunicação visual. Esta tendência pode ser explicada como resultado dos avanços tecnológicos ocorridos na segunda metade do século XX, no auge da “cultura da imagem”; e intensificada ao final do século XX pela sociedade da informação, através de suas novas tecnologias da comunicação e informação (NTIC) tais como a internet. Ocorreu uma revitalização da utilização de imagens externas, visto que, durante o início do século XX predominou a tendência formalista nas práticas pedagógicas, e nas características do livro texto. Segundo Bachelard (1969), o uso de imagens externas para representar

o conhecimento, era visto com certa desconfiança, talvez pela herança de uma epistemologia racionalista e formal.

Os LD têm adotado de forma progressiva recursos visuais analógicos. A indústria editorial baseada em um forte marketing desenvolveu a “crença” das vantagens do uso de recursos visuais. No nível básico de ensino, os professores fundamentam suas escolhas na quantidade e “qualidade” visual das imagens (da Silva Carneiro, 1997). A qualidade, neste caso, relaciona-se às questões de caráter estético da imagem (cores, qualidade do traço artístico, diversidade de recursos visuais) e não ao potencial que a imagem apresenta para o processo de aprendizagem do aluno.

Postman e Weingartner (1969), afirmam que o conhecimento está no LD, à espera que o aluno venha aprendê-lo, sem questionamento. Assim como Moreira (2000), em seu artigo intitulado “A aprendizagem significativa”, é compreendida a necessidade da utilização diversificada de materiais instrucionais, criteriosamente selecionados (incluindo o LD); senão em substituição ao livro texto, concomitante a ele. O LD, segundo Moreira (2000), “é estimulador da aprendizagem mecânica, transmissor de verdades, certezas, entidades isoladas (em capítulos), tão seguro para professores e alunos”.

A análise da influência do LD, mais especificamente, em relação às figuras nele contidas (representações e modelos), provoca uma reflexão sobre o papel que este material instrucional tem desempenhado no processo de ensino-aprendizagem em nossas salas de aula, na construção de representações mentais apropriadas. A pesquisa aqui apresentada compartilha o entendimento sobre a importância da detecção de modelos mentais dos estudantes nas diferentes áreas do conhecimento (Greca e Moreira, 2002). Os trabalhos publicados nos últimos 15 anos confirmam esta afirmação, como por exemplo, Greca e Moreira na área da Física, e Palmero em Biologia. Markman (1999) observa a necessidade de considerar, no estudo dos processos cognitivos dos sujeitos, as suas múltiplas representações, cada uma delas necessária para compreender as variadas habilidades que os mesmos apresentam.

É imprescindível a discussão sobre a aprendizagem significativa (Ausubel, 1982; Ausubel, *et. al.*, 1980). Porém, só a identificação dos modelos

não é suficiente para um avanço das questões relativas aos processos cognitivos do aluno; caso contrário, esta abordagem (detecção de modelos mentais) não se diferenciará muito daquelas do programa de concepções alternativas (Greca e Moreira, 2002). Este estudo pretende contribuir na análise de representações e modelos mentais dos alunos, na área da biologia, mas também na discussão sobre como tornar os modelos conceituais que ensinamos, e que consta nos currículos da escola como “conteúdos a serem desenvolvidos no ano letivo”, significativos para o aluno. A pergunta é: como relacionar os conhecimentos prévios dos alunos com os conhecimentos científicos, tornando estes também significativos? Ou ainda, quais as práticas pedagógicas utilizadas em sala de aula que tem dificultado a aprendizagem significativa, já que muitos trabalhos sobre o ensino de biologia mencionam a dificuldade de relacionar e compreender os conceitos biológicos (Marrero e Maestrelli, 2001; Justina e Rippel, 2003; Casagrande e Maestrelli, 2005).

Sherin (2001) afirma que é mais importante conhecer os conteúdos das diferentes representações, do que estudar ou discutir as formas representacionais em que tais conteúdos estão representados. Porém esta pesquisa realizada demonstra que os conteúdos sem o contexto, ou que não indiquem compreensão, podem ser simplesmente resultado de memorização e não de uma aprendizagem significativa.

O aluno, quando solicitado a resolver determinados problemas, necessariamente mobilizará em sua mente seus conhecimentos que envolvam conceitos, relações, contextos de seus modelos biológicos. Isto é, na construção de modelos mentais é importante a possibilidade de execução deste modelo, em diferentes situações e aspectos. A apresentação de um modelo pronto para o aluno não resulta em aprendizagem (Greca e Moreira, 2002). Esta operacionalidade mental produz no aluno uma reflexão sobre seus conhecimentos prévios que poderá resultar em uma ligação cognitiva com os conceitos científicos ensinados. Numa proposta de resolução de um problema para os alunos sem LD, na qual eles tiveram que mobilizar somente seus conhecimentos (da memória de longo prazo), ocorreu uma reflexão sobre estes conhecimentos, e os resultados demonstraram que a construção de modelos foi mais eficiente neste grupo de alunos (55% de desenhos nesta categoria).

Porém, muitos modelos produzidos (como nas figuras 2 e 4, onde não foram representadas o objetivo da duplicação do DNA e conseqüentemente o conceito de hereditariedade) são deficientes em muitos aspectos, com elementos desnecessários, errôneos ou contraditórios. Como afirma Moreira (1996) os modelos mentais, como são incompletos, não precisam estar totalmente de acordo com os modelos científicos (conceituais), mas devem ser funcionais.

O estudo de representações e modelos mentais é difícil, pois estes estão na mente das pessoas, portanto são parte de um assunto extremamente abstrato, o que dificulta ainda mais a apreciação pelo conhecimento. Segundo Moreira (1996), no ensino é preciso desenvolver modelos conceituais, e materiais e estratégias instrucionais que ajudem os alunos a construir modelos mentais adequados.

Também em relação ao uso de imagens em sala de aula, Otero *et. al.* (2002) afirmam que a compreensão da relação entre representações imagísticas externas, e a representação interna, pode ajudar a interpretar como a imagem é utilizada nos LD de física. Esta interpretação também é importante na análise dos LD de biologia; desta forma o uso da imagem será uma estratégia pedagógica eficiente no processo de construção de uma aprendizagem significativa. Facilitar esta compreensão, desenvolvendo metodologias que melhorem a relação ensino/aprendizagem, passa e ser um objetivo importante na educação em ciências (Moreira, 2007).

O presente trabalho propõe discussões sobre a educação em ciências na área de biologia, através da análise de seus resultados preliminares, sem intenção de generalizações. A compreensão dos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem de biologia parece imprescindível para o ensino de ciências.

2.2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMABIS, J. M. e MARTHO, G. R. 2004. **Biologia**. 2ª Ed., São Paulo, Ed. Moderna, 87 p.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. 1980. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 625 p.
- AUSUBEL, D. P. 1982. **A aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes.
- BACHELARD, G. 1969. **La Formación de l'esprit Scientifique**. Paris, Vrin.
- BARLOW, H. 1990. **Images and Understanding**. Cambridge: Cambridge University Press.
- BARWISE, J. e ETCHEMENDI, J. 1992. **Hyperproof: Logical reasoning with diagrams**. In N. H. Narayanan (Ed.) AAI Symposium on Reasoning with Diagrammatic Representations, Stanford, CA, p. 8-40.
- BAUER M. I. e JOHNSON-LAIRD, P. 1993. **How diagrams can improve reasoning?** Psychological Science, v.4, p. 372-378.
- BUCKLEY, B. e BOULTER. C. 1997. **Taking Models Apart: Towards a Framework for Analysing Representations in Teaching and Learning Science. Perspectives on Models end Modelling**. Publicação interna de Reading University.
- CASAGRANDE, G. L. e MAESTRELLI, S. R. P. 2005. **Como os estudantes de medicina e odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina conceituam e exemplificam doenças genéticas?** In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru. Atas do

- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru: ABRAPEC, v. 5. CD room.
- CRAIK, F. e TULMING, E. 1975. **Depth of processing and the retention of words in episodic memory**. Journal of Experimental Psychology Geral, n. 104.
- da SILVA CARNEIRO, M. H. 1997 **As imagens no livro didático**. Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, p. 366- 373.
- de VEGA, M. e MARSCHAR, K. M. 1996. Visiospatial cognition: na historical and theoretical introduction. In: De Vega, M. (Eds), **Models of Visuospatial Cognition**. Oxford University Press, Oxford.
- DELIZOICOV, D; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. 2003. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. São Paulo : Cortez.
- DREYFUS, T. 1992. **Imagery and Reasoning in Mathematics and Mathematics Education**, ICME-7, Selected lectures, Les Presses de l' Université Laval, p. 107-123.
- DUCHASTEL, P. C. 1981. **Illustrations in text: a retentional role**. Programmed Learning and Educational Technology, v. 18, n.1, p. 11-15.
- DUCHASTEL, P. C. 1988. **Roles cognitifs de l' image dans l'apprentissage scolaire**. Bulletin de Psychologie, v. XLI, n. 386, p. 668-671.
- DUIT, R. 1996. **Research on students'conceptions: developments and trends**. Proceedings of the 3rd International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Cornell University, Ithaca, N.Y.
- EISENCK, M e KEANE, M. 1991. **Cognitive Psychology: a Student's Handbook**. London: Erlbaum.

- FREIRE, P. 1975. **Pedagogia do Oprimido**. 17^a ed., Paz & Terra, Rio de Janeiro, 107 p.
- FREIRE, P. e GUIMARÃES, S. 1988. **Sobre Educação (Diálogos)**. v. II, 2^a ed., Paz e Terra, Rio de Janeiro.
- FREIRE, P. 1996. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários á Prática Educativa**. 15^a ed., Paz e Terra: São Paulo.
- GENTNER, D. e STEVENS, A. L. 1983. **Mental Models**. Hillsdale: Lawrence Erlbaun.
- GIANNOTTI, S. M. 2002. **O Ensino de Matemática e o Livro Didático na Voz dos Professores: um Estudo de Caso**. Dissertação: Mestrado em Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 132 p.
- GRECA, I. M. 2005. **Representaciones Mentales**. Programa Internacional de Doctorado em Enseñanza de las Ciências. Universidade de Burgos. España: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. Texto de Apoyo nº 7.
- GRECCA, I. e MOREIRA, M. A. 1996. **Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de física general, estudiantes de postgrado y físicos profesionales**. Investigações em Ensino de Ciências, v.1, n.1, p 95 108.
- GRECA, I. e MOREIRA, M. A. 1997. **The kinds of mentals representations models, propositions and images- used by college physics students regarding the concept of electromagnetic field**. International Journal of Science Education, v. 19, n. 6, p. 711-724.

- GRECA, I. M. e MOREIRA, M. A. 2000. **Mental models, conceptual models, and modelling**. International Journal of Science Education, London, v. 22, n. 1, p. 1-11.
- GRECA, I. M. e MOREIRA, M. A. 2002. **Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora**. Investigações em Ensino de Ciências, v.7, n.1, p. 31-57.
- HAMPSON, P. J. e MORRIS, P. E. 1996. **Understanding Cognition**. Blackwell, Cambridge MA, 400 p.
- IZQUIERDO, I. 2002. **Memória**. Porto Alegre: Artmed, 96 p.
- JACKENDOFF, R. 1992. **Consciousness and the Computational Mind**. 3rd edition. Cambridge, MA : MIT Press.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. 1983. **Mental Models**. Cambridge, MA : Harvard University Press, 513 p.
- JOHNSON-LAIRD, P. 1987. Modelos Mentais em ciência cognitiva. In: Norman D. **Perspectivas de la Ciência Cognitiva**. Barcelona: Paidós, p.179-231.
- JOHNSON-LAIRD, P. 1990. El Ordenador y la Mente. Barcelona: Ed. Paidós.
- JOHNSON-LAIRD, P. 1996. Images, Models, and Propositional Representations, in: **Models of Visuospatial Cognition**., New York, Oxford, Oxford University Press, p. 90-126.
- JUSTINA, L. A. D. e RIPPEL, J. L. 2003. **Ensino de genética: representações da ciência da hereditariedade no nível médio**. In: Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru:ABRAPEC, v. 4. Cd room.

KOSSLYN, S. 1996. **Image and Brain**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

MARÍN, N. 1999. Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, v.17, n. 1, p. 80-92.

MARKMAN, A. 1999. **Knowledge Representation**. Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

MARRERO, A. R. e MAESTRELLI, S. R. P. 2001. **Qual a relação que existe entre DNA, cromossomos e genes?** In: 47^o Congresso Brasileiro de Genética, Águas de Lindóia.

MARSCHARK, M. e SURIAN, L. 1992. **Concreteness effects in free recall: The effects of relational and distinctive information**. *Memory & Cognition*, n. 20, p. 612-620.

MARTINS, I. 2000. Rhetorics of school science textbooks. In: **Proceedings of the VII Interamerican Conference on Physics Education**. v. 1. Canela, RS, CD Room.

MOREIRA, L. M. 2007. **O uso do corpo como ferramenta pedagógica: um modelo alternativo que desconsidera a ausência de recursos específicos para o ensino de bioquímica e biologia molecular no ensino fundamental**. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, artigo D, n. 1.

MOREIRA, M. A. 1994. **Representações Mentais em Aprendizagens de Física: Imagens, Proposições e Modelos Mentais**. Projeto de pesquisa. CNPQ, Brasil.

- MOREIRA, M. A. 1996. **Modelos mentais**. Investigações em Ensino de Ciências, v.1, n.3, p. 193-232.
- MOREIRA, M. A. 2002. **Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 37-57.
- MOREIRA, M. A. 2000. **Aprendizagem significativa crítica**. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa, p. 33 – 45 N.J.
- MOREIRA, M. A. e LAGRECA, M. C. B. 1998. **Representações mentais em alunos de Mecânica Classica: três casos**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 3, n. 2, p. 83-106.
- NERSESSIAN, N. 1992. How Do Scientist Think? Capturing the Dymanics of Conceptual Change in Science. In Gere, R.N. (Ed): **Cognitive Models of Science**. v. XV, Minessota Studies in the Philosophy of Science. Mineapolis, Univ. Minnesota Press.
- NORMAN, D. A. 1983. Some observations on mental models. In: Gentner D. Stevens, A. L., **Mental Models**. LEA, Hillsdale, p. 7-14.
- OTERO, M. R.; MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. 2002. **El uso de imágenes en textos de física para la enseñanza secundaria y universitaria**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 7, n. 2, p. 127-154.
- PALMERO, M. L. R. 2003. **La célula vista por el alumnado**. Ciência & Educação, v. 9, n. 2, p. 229-246.
- PIAGET, J. 1975. **A Construção do Real na Criança**. Trad: Cabral, A. Rio de Janeiro: Zahar.

- PINTÓ, R. e ALIBERAS, J. G. R. 1996. **Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas**. Enseñanza de las Ciencias, v. 14, n.2, p. 221-232.
- PINTO, G. A.; MARTINS, I. 2000. **Retóricas dos textos didáticos: o caso do ensino de evolução**. In: Anais do Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia, São Paulo: USP, p. 285-287.
- POSTMAN, N. e WEINGARTNER, C. 1969. **Teaching as a Subversive Activity**. NewYork: Dell Publishing Co., p. 219.
- POZO, I. 1993. Psicología y didactica de las ciencias de la naturaleza: concepciones alternativas? **Infancia y Aprendizaje**. v. 62-63, p. 187-204.
- PRETTO, N. D. L. 1985. **A Ciência nos Livros Didáticos**. Campinas: Editora da Unicamp.
- PYLYSHYN, Z. 1984. **Computation and Cognition: Toward a Foundation for Cognitive Science**. Cambridge, MA : MIT Press.
- RESNICK, L. B. 1989. **Kowing, Learning and Instruction**. LEA. Hillsdale.
- SCHULTZ, D. e SCHULTZ, S. 1995. **História da Psicologia Moderna**. 7ª ed., São Paulo: Cultrix.
- SCHWARTZ, D. 1999. **Physical Imagery: Kinematic versus Dinamic Models**. Cognitive Psychology, n. 38, p. 433- 464.
- SHERIN, B. L. 2001. **How students understand physics equations**. Cognition and Instruction, v. 19, n. 4, p. 479-541.

VOSNIADOU, S. 1994. **Capturing and modeling the process of conceptual change**. Learning and Instruction, v. 4.

3 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO GERAL

A necessidade do ser humano de representar internamente o mundo para compreendê-lo, deve-se à evolução das funções psicológicas humanas (Greca e Moreira, 1997). Esta evolução é o resultado da interação do ser humano com o meio ambiente, mediada pelo instrumento de trabalho, seja ele físico (ferramenta, por exemplo) ou simbólico (a linguagem) (Vygoyski, 1989). O indivíduo começa a sistematizar o conhecimento, desenvolvendo a memória e o pensamento que estão sendo organizados por conceitos, cada vez mais abstratos e complexos (Vygotski, 1989). Desta maneira, a produção de representações mentais sobre o mundo deve ter um caráter complexo, isto é, relacionar as partes e seu contexto tornando o conhecimento pertinente (Morin, 1999). Esta evolução do pensamento complexo corresponde à evolução do raciocínio com modelos mentais, cada vez mais explicativos, funcionais e preditivos (Johnson-Laird, 1983), resultado da interação do homem com seu meio ambiente.

A necessidade de representar o mundo para compreendê-lo, dando significado as suas percepções, faz parte das funções psicológicas humanas e existe tanto nos cientistas quanto nos alunos em sala de aula. No processo de aprendizagem dos conceitos científicos, o aluno produz representações mentais. Na sala de aula, o professor precisa desenvolver estratégias para identificar estas representações de mundo, estimulando a produção de representações externas, sejam elas simbólicas (linguagem) ou pictóricas (desenhos). No Brasil, um instrumento pedagógico bastante utilizado pelos professores é o LD, do qual não é realizada uma leitura crítica sobre a forma e conteúdos apresentados (Pretto, 1985; Franco Júnior, 1988). Neste processo de construção dos conhecimentos, os alunos poderão desenvolver modelos mentais (explicativos, funcionais e preditivos) (Jonhson-Laird, 1983) e representações complexas (Morin, 1999; Vygotski, 1989 e Ausubel, 1982); o objetivo é relacionar os seus conhecimentos prévios com os novos conhecimentos em uma aprendizagem significativa (Ausubel, 1982). Ao contrário, se a metodologia utilizada impor conhecimentos prontos e acabados, a aprendizagem significativa não ocorrerá. De qualquer forma,

mesmo na produção de modelos mentais ou representações complexas (que também podem ser consideradas modelos mentais, por seu caráter explicativo e funcional), nem sempre o aluno constrói estes conhecimentos totalmente de acordo com os modelos científicos, como foi observado por Pozo (1993). Na figura 4 (modelo proposicional) do 2º artigo, “Modelo mental e outras representações...”, o modelo é incompleto, pois não há representação do resultado final (células-filhas) no processo de duplicação do DNA. Logo, este modelo não está totalmente de acordo com o modelo científico da hereditariedade.

Os resultados indicam que, as turmas que desenvolveram representações dos conceitos biológicos (relacionados à bioquímica e a biofísica celular), sem terem trabalhado anteriormente com as figuras do LD, produziram maior número de desenhos com características de uma aprendizagem significativa; isto é, produziram representações complexas e representações com características de um modelo mental. É importante ressaltar que uma representação complexa é também um modelo mental. Uma representação para ser explicativa e funcional necessariamente precisa estar inserida em um contexto, e indicar as relações do contexto com os elementos que a constituem. Nas representações produzidas pelos alunos (complexas e que formam modelos mentais), os conhecimentos se encontram em um contexto celular, e seus elementos estão relacionados entre si e com o meio, indicando, portanto, a funcionalidade dos processos bioquímicos e biofísicos. Esta funcionalidade confere a estas representações um aspecto explicativo dos fenômenos biológicos, e posteriormente, frente aos novos contextos e relações propostas, possibilitarão novas interpretações destes fenômenos e elementos que as constituem (preditividade). Estas características do conhecimento produzido pelo aluno (complexo, funcional, explicativo e preditivo) representam uma aprendizagem significativa: aquela que fará parte das estruturas cognitivas do aluno, que pode ser mobilizada em uma memória de longo prazo (Izquierdo, 2002).

As figuras prontas do LD dificultam o acesso à memória de longo prazo. Segundo Izquierdo (2002), nesta memória estão localizadas as informações significativas para o indivíduo. Para que ocorra uma aprendizagem significativa,

é necessária a interação das estruturas cognitivas prévias (conhecimentos anteriores) com os novos conhecimentos (Ausubel, 1982). Nesta pesquisa, os novos conhecimentos são modelos (conceitos) científicos de biologia, tais como aqueles relativos à bioquímica celular (fotossíntese, DNA) e à biofísica celular (transporte através da membrana plasmática). O grupo 2 (sem LD) produziu um número significativamente maior de representações complexas e de modelos mentais (aprendizagem significativa), o que indica interação entre os conceitos científicos (novos conhecimentos) e seus conhecimentos prévios. O fato de que este grupo não trabalhou com representações prontas do LD, ou seja, não houve interferência de modelos pré-definidos, parece ter contribuído na relação entre o novo conceito e aquele que já havia sido construído significativamente pelo aluno. Para que o novo conceito seja construído, esta pesquisa indica a necessidade de situações de aprendizagem que possibilitem o acesso aos conhecimentos prévios do aluno. Esta interação, do novo conhecimento com aquele já constituído, resultará em novos conceitos para o aluno, e será resultado da necessidade de explicar as novas situações propostas pelos conceitos científicos. Cabe ao professor, desenvolver novas estratégias que valorizem não apenas os conceitos científicos já estabelecidos (e que se encontram no LD), mas também os modelos mentais elaborados pelos alunos, em sua busca para compreender o mundo que os cerca.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMABIS, J. M. e MARTHO, G. R. 2004. **Biologia**. 2ª ed., São Paulo, Ed. Moderna, 87 p.
- AUSUBEL, D. P. 1976. **Psicologia Educativa: um Ponto de Vista Cognoscitivo**. Tradução de Roberto Helier Dominguez, México: Editorial Trillas.
- AUSUBEL, D. P. 1982. **A Aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes.
- FRANCO JUNIOR, C. 1988. **Os livros e a gravidade: uma queda pouco didática**. Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, v.70, n.165, p.224-242.
- GRECCA, I. e MOREIRA, M. A. 1996. **Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de física general, estudiantes de postgrado y físicos profesionales**. Investigações em Ensino de Ciências, v.1, n.1, p. 95-108.
- GRECA, I. M. e MOREIRA, M. A. 1997. **The kinds of mental representations models, propositions and images — used by college physics students regarding the concept of field**. International Journal of Science Education, v. 6, n.19, p. 711-724.
- GRECA, I. M. e MOREIRA, M. A. 2000. **Mental models, conceptual models, and modelling**. International Journal of Science Education, London, v. 22, n. 1, p. 1-11.
- IZQUIERDO, I. 2002. **Memória**. Porto Alegre : Artmed, 96 p.

- JOHNSON-LAIRD, P. N. 1983. **Mental Models**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 513 p.
- JOHNSON-LAIRD, P. 1987. Modelos mentais em ciência cognitiva. In: Norman D. **Perspectivas de la Ciência Cognitiva**. Barcelona: Paidós, p.179-231.
- MOREIRA, M. A. 1994. **Representações Mentais em Aprendizagens de Física: Imagens, Proposições e Modelos Mentais**. Projeto de pesquisa. CNPQ, Brasil.
- MOREIRA, M. A. 1996. **Modelos Mentais**. Investigações em Ensino de Ciências, v.1, n.3, p. 193-232.
- MOREIRA, M. A. e LAGRECA, M. C. B. 1998. **Representações mentais em alunos de Mecânica Classica: três casos**. Investigações em Ensino de Ciências, v.3, n.2, p. 83-106.
- MOREIRA, M. A. 2002. **Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 37-57.
- MORIN, E. 1998. **O Método 4. As Idéias**. Ed. Sulina, Porto Alegre.
- MORIN, E. 1999. **Los siete saberes necesarios para la educación del futuro**. Organización de las Naciones Unidas para la Educación (UNESCO), la Ciencia y la Cultura - 7 place de Fontenoy - 75352 París 07 SP – Francia.
- MORIN, E. 2001. **O Método II: a Vida da Vida**. Porto Alegre: Editora Sulina.

- POZO, I. 1993. **Psicología y didáctica de las ciencias de la naturaleza: concepciones alternativas?** Infancia y Aprendizaje, v. 62-63, p.187-204.
- PRETTO, N. D. L. 1985. **A Ciência nos Livros Didáticos**. Campinas: Editora daUnicamp.
- SCHULTZ, D. e SCHULTZ, S. 1995. **História da Psicologia Moderna**. 7ª ed., São Paulo: Cultrix.
- SILVA, H. C. 2002. **Discursos Escolares sobre Gravitação Newtoniana: Textos e Imagens na Física do Ensino Médio**. Tese: Doutorado em Educação. Campinas, SP: Faculdade de Educação/Unicamp.
- VYGOTSKI, L. S. 1931. Historia del desarrollo de las funciones psíquicas superiores. In: **Obras Escogidas**. tomo III, Madrid: Visor/MEC, 1995, p. 11 340.
- VYGOTSKI, L. S. 1933. Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar. IN: VIGOTSKII, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. Tradução: Maria da Penha Villalobos. 5 ed. São Paulo: Ícone/ Edusp, 1994. p. 103-117.
- VYGOTSKI, L. S. 1989. **A formação Social da Mente**. Livraria Martins Fontes Editora Ltda, São Paulo.