

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO E GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO

A INTERAÇÃO DO CICLO DA EXPERIÊNCIA DE KELLY COM O
CÍRCULO HERMENÊUTICO-DIALÉTICO, PARA A CONSTRUÇÃO DE
CONCEITOS DE BIOLOGIA

Ricardo Ferreira das Neves

Recife, 24 de fevereiro de 2006

Ricardo Ferreira das Neves

**A INTERAÇÃO DO CICLO DA EXPERIÊNCIA DE KELLY COM O
CÍRCULO HERMENÊUTICO-DIALÉTICO, PARA A CONSTRUÇÃO DE
CONCEITOS DE BIOLOGIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências – Nível Mestrado, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como parte de requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Orientadora: Dra. Helaine Sivini Ferreira

Co-orientadora: Dra. Ana Maria dos A. Carneiro Leão

Recife, 24 de fevereiro de 2006

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO E GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO**

**A INTERAÇÃO DO CICLO DA EXPERIÊNCIA DE KELLY COM O
CÍRCULO HERMENÊUTICO-DIALÉTICO, PARA A CONSTRUÇÃO DE
CONCEITOS DE BIOLOGIA**

Ricardo Ferreira das Neves

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora, composta pelos seguintes professores:

Presidente: _____

**Profa. Dra. Helaine Sivini Ferreira
(UFRPE)**

1º Examinador: _____

**Profa. Dra. Maria Tereza Santos Correia
(UFPE)**

2º Examinador: _____

**Profa. Dra. Suely Alves da Silva
(UFRPE)**

3º Examinador: _____

**Profa. Dra. Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão
(UFRPE)**

Dissertação defendida e aprovada no dia 24/02/2006 no departamento de Educação da UFRPE.

DEDICATÓRIA

Ao *Deus criador* que não escolhe os capacitados, mas capacita os escolhidos.

A *minha família* pelos momentos, pelas lutas, pelas vitórias, e hoje, pelo sucesso.

AGRADECIMENTOS

A Helaine Sivini Ferreira, orientadora, professora e amiga, pelos inúmeros e maravilhosos momentos que compartilhamos durante todo esse ciclo e dos ensinamentos que obtive de quão valorosa pessoa.

A Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão, co-orientadora, que aceitou enveredar por esse sonho junto comigo. Obrigado.

A Escola Olinto Victor, em especial ao diretor Isaac, pela oportunidade de desenvolver a pesquisa e pela colaboração em todos os momentos desse projeto. Também aos amigos - professores: Ana Paula, Beth, Clarisse, Edileuza, Edvânia Brasil, Darvison, Dona Del, Fátima, Gilberto Silva, Márcia, Marcélia, Marisa e Sevé. Foi muito bom o que construímos durante esses dois maravilhosos anos.

Aos meus amados alunos da Escola Olinto Victor em especial do terceiro ano A (tarde) - 2005: Adriana, Andréa, Andréa Gregório, Daniele, Edson, Édipo, Elis, José Carlos, José Cecílio, Juliana, Juliana Chaves, Márcia, Nailton, Oziel, Renato, Robervânia, Vanessa, Vanessa Mendes e Wérica. A todos vocês meu muito obrigado, sem vocês isso não seria possível.

Aos amigos que conquistei: Auxiliadora Martins, Clóvis, Elba Ninfa e Eleneide Menezes. Que a amizade construída, dure mais que esse simples momento e o que compartilhamos nos tornem melhores em tudo que fizermos.

A Heloísa Bastos coordenadora do PPGEC no período 2001-2005, pelo exemplo de força e incentivo. Obrigado pela atenção e disposição com que nos conduziu durante esse período e pelo apoio em todos os momentos que se fizeram necessários.

A Fernanda Maria Duarte do Amaral, sempre orientadora, sempre amiga. Agradeço por tudo que você fez por mim e sei que essa conquista tem grande contribuição sua. Obrigado.

A Andréa Quirino Steiner, amiga e “orientadora”, agradeço por você estar presente em minha vida e em meus caminhos.

Aos meus amigos Welligton Alves e Suzane França pela grande e maravilhosa amizade que perdura há anos e transcende a carne, o sangue e o espírito.

Aos amigos do IHENE: Adriana Barros que proporcionou condições de conciliar o trabalho com o estudo, também a Edson Manoel, Ericka Martins, Iaponira Régis, Jaciara Lucena, Josélia Pedroza, Lucilene Pereira, Raquel Andrade, Renata Fonseca, Silene Vasconcelos e Virgínia Silva. E em especial, a Conceição Fonseca pelo incentivo e ajuda durante esse período. Obrigado pelo apoio que contribuiu significativamente para a conclusão desta.

Aos amigos da IGBS em especial a: Irlaneide Barbosa, Iraneide Mendes, Henrique Barros, Mariane Almeida, Marly Lira, Roque Nascimento, Rosilene Silva e Verônica Olinto. Obrigado por todos os momentos que passamos e pela colaboração e incentivo durante muitas fases de minha vida.

As minhas eternas amigas: Dulcilene Melo, Iara Damasceno, Inajá Mendes, Marilene Guedes, Rosângela Nascimento e Shirlene Dias. Sei que não vejo há um bom tempo, algumas de vocês, porém, nunca irei esquecer tão grandiosas criaturas que são e o quanto me faz feliz saber, que somos amigos.

A minha segunda família “Os França” representada por: Sebastiana (*in memorian*), Severino, Simone, Silvio e Júnior. Obrigado pelo aconchego do vosso lar e pelo carinho que vocês têm me tratado durante esses anos. Com certeza faço parte dessa família e isso me faz muito feliz.

“(...) Nunca me deixes esquecer, que tudo que tenho; tudo que sou; tudo que vier a ser, vem de ti Senhor”.

Ana Paula Valadão Bessa

RESUMO

Nesta pesquisa investiga-se o uso de uma temática contemporânea, os bioplásticos (ou plásticos verdes), como elemento de contextualização, buscando favorecer a construção dos conceitos de degradação, biodegradação e decomposição. Os alunos do Ensino Médio apresentam dificuldades na construção desses conceitos, possivelmente porque eles envolvem alguns fenômenos em nível molecular que exigem grande capacidade de abstração dos alunos e também, porque os aspectos que diferenciam esses processos entre si são bastante sutis. Os bioplásticos são bastante adequados nesse tipo de intervenção, visto que podem ser facilmente confeccionados nos laboratórios da escola, ou mesmo em sala de aula e, por terem um tempo de vida útil relativamente curto, possibilitam a observação *in loco* dos processos de degradação, biodegradação e decomposição. Os pressupostos teóricos deste trabalho foram a Teoria dos Construtos Pessoais, em particular o Ciclo da Experiência, e a metodologia hermenêutica-dialética. O uso conjunto desses aportes permitiu a estruturação da metodologia, a coleta de dados e o acompanhamento dos processos cognitivos dos alunos durante os processos de aprendizagem. Os resultados indicam que inicialmente os alunos tiveram dificuldades com questões relacionadas à terminologia, à explicação dos processos de degradação, biodegradação e decomposição e à percepção dos fenômenos na escala micro. Contudo, as concepções finais dos mesmos (individuais e coletivas) foram significativamente alteradas de forma que os conceitos de degradação, biodegradação e decomposição, explicitados por eles, se encontram muito próximos das definições científicas formais encontradas na literatura da área.

Palavras-chave: bioplásticos, degradação, biodegradação, decomposição, Teoria dos Construtos Pessoais e metodologia hermenêutica-dialética.

ABSTRACT

The students of high school present difficulties in the construction of these concepts. It is believed that such fact happens for two reasons: the first one is because those concepts involve some phenomena in molecular level that demands a great capacity of the students to abstract and second one is because the aspects differentiate one process from another are quite subtle. This research intends to investigate the use of the contemporary bioplastics theme, know as green plastics, as an element to give context to the degradation, biodegradation and decomposition concepts construction. The bioplastics are quite appropriate to that kind of intervention, because they can be easily handmade at school laboratories and there is also the possibility of studying degradation, biodegradation and decomposition processes in loco, once this material has a relatively short life time. The theoretical presuppositions of this work were the Theory of Personal Constructs and hermeneutic-dialectic methodology. The united use of these contributions allowed the methodology structuring, the data collection and the attendance of the students' cognitive processes during the learning processes. .The analysis of the initial results indicates that students had difficulties in use an appropriated terminology to explain the processes, as well to perceive the phenomenon that happens in an abstract scale. However, their conceptions were significantly altered and the degradation, biodegradation and decomposition final concepts were very close to the formal scientific definitions found in the area literature.

Keywords: bioplastics, degradation, biodegradation, decomposition, Personal Construct Theory and hermeneutic-dialectic methodology

| |
|----------------|
| SUMÁRIO |
|----------------|

| | |
|---|-------------|
| DEDICATÓRIA | IV |
| AGRADECIMENTOS | V |
| EPIÍGRAFE | VII |
| RESUMO | VIII |
| ABSTRACT | IX |
| LISTA DE FIGURAS | XII |
| LISTA DE TABELAS | XIII |
| LISTA DE ABREVIATURAS | XIV |
| INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.2 Objetivo geral | 17 |
| 1.3 Objetivos específicos | 17 |
| 1.4 Problematização | 17 |
| 1.5 Hipótese | 17 |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 18 |
| 2.1 A contextualização como um eixo estruturador dos Parâmetros Curriculares Nacionais | 18 |
| 2.2 Teoria dos construtos pessoais de George Kelly | 21 |
| 2.2.1 Corolário da experiência, comunalidade e sociabilidade | 24 |
| 2.3 O círculo hermenêutico-dialético (CHD) | 28 |
| 2.4 Polímeros sintéticos, naturais e biosintéticos | 31 |
| 2.5 Bioplásticos ou plásticos verdes | 34 |
| 2.5.1 - Histórico | 37 |
| 2.5.2 - Processamento de bioplásticos | 39 |
| 2.6 Bioplásticos e os processos de degradação, biodegradação e decomposição | 42 |
| 2.6.1 A degradação | 43 |

| | |
|--|------------|
| 2.6.2 A biodegradação | 44 |
| 2.6.3 A decomposição | 46 |
| 2.6.4 - Importância e perspectivas futuras | 47 |
| 3. METODOLOGIA | 50 |
| 3.1 O local da pesquisa | 50 |
| 3.2 A amostra da pesquisa | 50 |
| 3.3 Os encontros fundamentados no Ciclo da Experiência | 51 |
| 3.4 A integração do CHD no Ciclo da Experiência | 55 |
| 3.5 Roteiro da entrevista | 58 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 60 |
| 4.1 Primeiro bloco de resultados | 60 |
| 4.2 Segundo bloco de resultados | 72 |
| 4.3 Terceiro bloco de resultados | 87 |
| 4.4 Considerações finais | 98 |
| 5. CONCLUSÕES | 101 |
| REFERÊNCIAS | 102 |
| ANEXOS | |
| ANEXO A. Texto: Lixo no Ambiente Marinho. | |
| ANEXO B. Texto Reflexivo: A carta do chefe Seattle | |
| APÊNDICES | |
| APÊNDICE. A Artigo: A Construção de Conceitos de Biologia Mediante a Associação do Círculo Hermenêutico-Dialético ao Ciclo da Experiência de Kelly. | |
| APÊNDICE B. Procedimento para a confecção de um bioplástico. | |
| APÊNDICE C. Planilha: Análise dos aspectos observados entre os polímeros. | |
| APÊNDICE D. Plano de aulas (encontros 01 a 09). | |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 01 – Representação esquemática do Ciclo da Experiência de Kelly, a partir do qual a intervenção didática desta pesquisa foi estruturada. | 26 |
| Figura 02 - Representação do círculo hermenêutico-dialético. | 29 |
| Figura 03 - Esquema de produção de um bioplástico. | 36 |
| Figura 04 - Microscopia de varredura (a e b) e de transmissão (c e d) que mostram a bactéria <i>Pseudomonas putida</i> , produzindo grânulos de poliésteres sob condições normais (a e c) e sob condições de stress induzido artificialmente (b e d). | 41 |
| Figura 05 - Representação do índice de desempenho e de integridade (PI) de um polímero sintético em função do tempo. | 44 |
| Figura 06 - Esquema que representa os produtos finais da biodegradação aeróbica e anaeróbica. | 45 |
| Figura 07 - Confecção do material pelos alunos | 52 |
| Figura 08 - A inserção do CHD nas etapas de antecipação e revisão construtiva do Ciclo da Experiência. | 55 |
| Figura 09 - Esquema que ilustra o processo interativo da metodologia hermenêutica-dialética | 56 |
| Figura 10 - Conjunto de imagens apresentadas aos alunos durante a realização do CHD. | 59 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----------|
| Tabela 01. Atividades desenvolvidas na pesquisa | 54 |
| Tabela 02. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa anterior à intervenção), ao serem argüidos sobre a primeira questão. | 61 |
| Tabela 03. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa anterior à intervenção), ao serem questionados sobre a segunda questão. | 64 |
| Tabela 04. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa anterior à intervenção), ao serem questionados sobre a terceira questão. | 67 |
| Tabela 05. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa anterior à intervenção), ao serem questionados sobre a quarta questão. | 70 |
| Tabela 06. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa posterior à intervenção), ao serem questionados sobre a primeira questão. | 73 |
| Tabela 07. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa posterior à intervenção), ao serem questionados sobre a segunda questão. | 77 |
| Tabela 08. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa posterior à intervenção), ao serem questionados sobre a terceira questão. | 81 |
| Tabela 09. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa posterior à intervenção), ao serem questionados sobre a quarta questão. | 84 |
| Tabela 10. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (consensos), coletadas em etapa anterior (inicial) e posterior (final) a intervenção pedagógica, (1 ^a questão). | 88 |
| Tabela 11. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (consensos), coletadas em etapa anterior (inicial) e posterior (final) a intervenção pedagógica, (2 ^a questão). | 91 |
| Tabela 12. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (consensos), coletadas em etapa anterior (inicial) e posterior (final) a intervenção pedagógica, (3 ^a questão). | 93 |
| Tabela 13. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (consensos), coletadas em etapa anterior (inicial) e posterior (final) a intervenção pedagógica, (4 ^a questão). | 95 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|--|-----------|
| CHD - Círculo hermenêutico-dialético | 17 |
| DNA - Ácido desoxiribonucléico | 33 |
| PHB - Polihidroxibutirato | 38 |
| PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais | 15 |
| PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio | 15 |
| PET - Polietilenotereftalato | 32 |
| PGA - Poliglicolatos | 48 |
| PHA's - Polihidroxialcanoatos | 39 |
| PLA - Políácido Láctico | 34 |
| PS - Poliestireno | 32 |
| PVC - Policloreto de Vinila | 32 |

1. INTRODUÇÃO

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias para a disciplina de Biologia ressaltam a importância das discussões sobre os conceitos de biodegradação, degradação e decomposição como essenciais para a compreensão dos ciclos da natureza, da reciclagem, do lixo e de outros temas relacionados ao meio ambiente (BRASIL, 2000).

Contudo, o que se tem observado é que a abordagem destes conceitos implica em uma grande capacidade de abstração por parte dos alunos, uma vez que se trata de processos que são invisíveis a vista desarmada (a olho nu). Para Zuanon e Diniz (2003), esta é uma dificuldade percebida também por parte dos professores, que têm dificuldade em ensinar conceitos, teorias e princípios que ocorrem a partir de processos que não são concretamente observáveis, o que frequentemente resulta numa abordagem inadequada de muitos fenômenos celulares e moleculares. Um outro aspecto que dificulta a construção desses conceitos é o fato de ocorrerem de modo seqüenciado e eventualmente concomitante na natureza e se distinguirem entre si por aspectos bastante sutis, ou seja, próximos entre si.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) também sugerem o desenvolvimento de competências que permitam aos alunos compreenderem o mundo em que vivem e atuam como indivíduos, utilizando conhecimentos de natureza científica e tecnológica. Ou seja, sugerem que é papel da escola promover uma educação científica que divulgue os avanços da ciência (BRASIL, 2000).

Tendo em vista estas questões, esta pesquisa propõe o uso de uma temática contemporânea, no caso os bioplásticos ou plásticos verdes para contextualizar, em sala de aula, a construção dos conceitos de degradação, biodegradação e decomposição. Esses materiais são plásticos biodegradáveis derivados inteiramente, ou quase, de matérias-primas renováveis. Vêm sendo produzidos a partir de tecnologias limpas e, por serem biodegradáveis, têm menor impacto sobre o meio ambiente (STEVENS, 2002). Muitos pesquisadores consideram esses materiais como uma categoria especial, com

grande potencialidade para substituir os plásticos sintéticos, de forma a reduzir seu consumo e assim, minimizar o seu acúmulo, no meio ambiente, sob a forma de resíduos sólidos.

Para Bonzanini e Bastos (2004), que vêm estudando a inserção de temas contemporâneos no Ensino Médio, particularmente a temática “Genoma Humano”, a utilização de temas atuais em sala de aula em conjunto com uma didática adequada faz diferença e, na maioria das vezes, estimula o interesse por parte dos alunos em aprender tais temas, o que facilita a aprendizagem dos conceitos científicos correlatos. Esses conteúdos também podem propiciar aos alunos a oportunidade de ampliarem a leitura da realidade, e essa conscientização poderá levar a ações que promovam transformações sociais.

Para tanto, os professores precisam desenvolver estratégias e recursos com o intuito de instigar e surpreender os alunos. Eles devem dispor de diversos instrumentos para que as aulas sejam mais interessantes, e também participar de discussões levantadas a partir do ponto de vista de cada aluno e não somente expor o seu ponto de vista científico como verdade absoluta.

Nesta perspectiva, os bioplásticos parecem ser bastante adequados, visto que podem ser facilmente confeccionados nos laboratórios da escola. Por terem um tempo de vida útil relativamente curto, podem ser utilizados em intervenções nas quais os alunos efetivamente observariam *in loco* os processos de degradação, biodegradação e decomposição. Seria possível então, compará-los ao que ocorre com outros materiais, como os plásticos sintéticos e materiais orgânicos. Assim, a introdução do tema “bioplásticos” na escola, além de motivar os alunos e os professores nos processos de ensino-aprendizagem, poderia vir a representar uma perspectiva de ensino diferenciada e inovadora, na qual os conceitos tradicionais de biologia e de outras disciplinas como química e ecologia poderiam ser construídos.

Para tanto, essa pesquisa está fundamentada na Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly (1963), mais especificamente no Corolário da Experiência, e na metodologia

hermenêutica-dialética e espera-se que a utilização conjunta desses aportes teóricos, possa vir a trazer contribuições relevantes na construção dos conceitos de degradação, biodegradação e decomposição, bem como para as pesquisas no Ensino de Ciências.

1.2 Objetivo geral

Investigar o processo de construção dos conceitos de degradação, biodegradação e decomposição a partir do estudo de bioplásticos, utilizando conjuntamente o Ciclo da Experiência e o círculo hermenêutico-dialético (CHD).

1.3 Objetivos específicos

- Analisar a utilização do Ciclo da Experiência para estruturar uma intervenção didática contextualizada na temática bioplásticos;
- Analisar o uso do ciclo hermenêutico-dialético como ferramenta para coleta de dados e na construção dos conceitos de degradação, biodegradação e decomposição;
- Identificar as principais dificuldades e os principais avanços ocorridos durante os processos de aprendizagem dos alunos ao vivenciarem a intervenção.

1.4 Problematização

Qual é a influência do tema contemporâneo “bioplásticos” no processo de aprendizagem de conceitos científicos de biologia?

1.5 Hipótese

O uso dos bioplásticos como elemento de contextualização pode facilitar a construção dos conceitos de degradação, biodegradação e decomposição.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção pretende-se apresentar o conceito de contextualização, bem como sua importância nos processos de ensino-aprendizagem. Pretende-se ainda abordar alguns aspectos sobre a Teoria dos Construtos Pessoais, bem como sobre a metodologia interativa e o círculo hermenêutico-dialético (CHD). Em seguida, pretende-se pontuar aspectos relativos às características dos polímeros, especificamente com relação aos bioplásticos e, por fim, levantar alguns aspectos importantes sobre os conceitos de degradação, biodegradação e decomposição.

2.1 A contextualização como um eixo estruturador dos Parâmetros Curriculares Nacionais

A contextualização é um dos eixos estruturadores dos Parâmetros Curriculares Nacionais, entretanto, ao analisar o seu sentido no documento observa-se que se trata de um conceito polissêmico, ou seja, com vários sentidos e uma diversidade de possíveis interpretações. Acredita-se, que isso se deva ao fato dos PCN terem sido escritos a partir de vários documentos oficiais e extra-oficiais internacionais que nortearam reformas em outros países, cujo contexto educacional difere do nosso. Assim, ao se utilizar esses textos para fundamentar a construção dos PCN muitas das idéias originais foram deslocadas de seu contexto original e adequadas à realidade brasileira (LOPES, 2002).

Assim, a contextualização pode ser compreendida como uma proposta que visa preparar para o mundo do trabalho mediante a abordagem de temas de ciência e tecnologia, pode ser compreendida no sentido de dar significados aos conteúdos tradicionais estudados, pode ainda ser compreendida como uma proposta voltada para a formação do cidadão crítico e por fim pode adquirir sentidos relacionados à saúde pessoal e bem estar (LOPES, 2002).

Obviamente, essa multiplicidade de sentidos dificulta sua compreensão e por isso, muitas vezes, práticas deturpadas e superficiais acabam sendo compreendidas como práticas contextualizadas, fato que acaba comprometendo os reais objetivos da contextualização.

A contextualização tem função pedagógica que visa unir temas de ciências e tecnologia (denominados de base diversificada) a conteúdos da base comum (conceitos e teorias abordados no ensino tradicional). Também, se pretende ao abordar um tema de ciência e tecnologia promover um processo de aculturação científica, no qual os estudantes, a partir do contato com temas da atualidade que estão presentes na mídia escrita e falada, acabam por tomar gosto pela leitura científica sendo capazes de estabelecer conexões entre as várias áreas do conhecimento (LOPES, 2002).

Essas funções, pedagógica e de aculturação científica, são explicitadas nos PCN ao sugerirem que temas contemporâneos ligados à Ciência e Tecnologia devem ser inseridos nos currículos escolares, como elemento para contextualizar a construção de conceitos científicos do currículo.

Entretanto, o que se tem observado é que essa inclusão vem ocorrendo lentamente, apenas nos últimos anos, é que se tem havido um crescimento na produção de materiais didáticos, que contemplam o conhecimento mais recente (TERRAZAN, 1992).

A introdução desses temas nos currículos escolares apresenta alguns obstáculos, como por exemplo, o fato dos professores precisarem, em um primeiro momento, conhecer e ter domínio sobre esses novos temas. Além do mais, se faz primário relegar alguns tópicos tradicionais para atividades extraclasse para poder conduzir em sala estudos sobre temas atuais, muitas vezes ausentes dos livros didáticos.

Outro aspecto a ser considerado, é que muitas vezes, tais temas, não podem ser contemplados à luz de uma única disciplina, sendo necessária uma abordagem interdisciplinar. Neste caso a ação não pode ser pontual (um único professor), devendo haver uma equipe de professores articulando as atividades e atuando em conjunto na construção do novo conhecimento (BASTOS, 2004). Contudo, a extensa carga horária e a rigidez do planejamento escolar muitas vezes inviabilizam a proposta.

Terrazan (1992) e Angotti e Auth (2001) ao discutirem a introdução de conteúdos mais contemporâneos no ensino médio e fundamental, acabaram observando um outro

obstáculo relacionado à questão, os pré-requisitos, que são freqüentemente apontados pelos professores como impedimento para a entrada de novos conteúdos ou inversão das seqüências tradicionais de ensino. Apesar das dificuldades, é importante ressaltar que existe grande interesse e disposição dos alunos no estudo desses tópicos tornando-os particularmente atraentes como elementos facilitadores ou motivadores no processo ensino/ aprendizagem.

Segundo Bonzanini e Bastos (2004), ao estudarem a inserção de temas contemporâneos no Ensino Médio, particularmente a temática “Genoma Humano”, a utilização de temas atuais em sala de aula pode fazer diferença, uma vez que existe maior estímulo e interesse por parte dos alunos, em aprender tais temas, facilita a aprendizagem dos conceitos científicos correlatos. Esses conteúdos também podem propiciar aos alunos, oportunidade de ampliarem a leitura da realidade, e essa conscientização poderá levar a ações que promovam transformações sociais.

Os temas contemporâneos são muitos e surgem com bastante evidência, devido à rapidez com que tem evoluído o desenvolvimento científico e tecnológico. Podem-se citar como exemplos: o advento da nanociência, os polímeros condutores, os transgênicos, as pesquisas com células-tronco, entre outros. Entretanto, é necessário que a sua abordagem seja feita com critério de forma que eles possam efetivamente contribuir tal como sugeridos nos PCN.

Assim, os temas contemporâneos podem ser utilizados como contextualização na abordagem de conceitos, entretanto, esse ponto será discutido posteriormente. Neste momento, apresenta-se a Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly que foi utilizada como suporte metodológico para o desenvolvimento desta pesquisa, e será discutida na seção subsequente.

2.2 - Teoria dos construtos pessoais de George Kelly

George Kelly nasceu em 28 de abril de 1905, em uma fazenda nas proximidades de Perth, no Kansas. Filho de pai educador, sua escolarização foi irregular, mas seus pais educadores supriram sua educação, ao lado do filho. Kelly foi estudar o ensino médio em Wichita e passou três anos na “Friends University” e formou-se em física e matemática no “Parck College”, e estudou sociologia educacional na Universidade de Kansas.

A Teoria dos Construtos Pessoais de Kelly foi utilizada nesta pesquisa, como embasamento teórico, estruturando condições de descrever as interpretações e as estratégias para a aprendizagem dos alunos. Esta teoria representa um conjunto de teorias psicológicas, associadas às teorias ativas do conhecimento, considerando que as pessoas aprendem, ou constroem conhecimentos a partir de interações com representações da realidade (BASTOS, 1998).

Esse conjunto de teorias psicológicas pertence à linha cognitivista, partindo do princípio que uma pessoa, ao nascer, traz consigo algumas estruturas cognitivas, e essas são responsáveis por suas coordenações, organizações e direcionamentos nos processos psicológicos, sendo então, condição básica para iniciar o processo de construção do conhecimento (COLL, 2000).

Kelly, no desenvolvimento de sua teoria, fundamentou-a através de algumas suposições, que segundo Hall et al. (2000) se apresentam como:

- Alternativismo construtivo – o homem compreende e lida com o mundo de várias maneiras. O ser humano é livre para escolher como quer ver no mundo e suas ações são determinadas por suas escolhas.
- Homem-Cientista – o ser humano desenvolve hipóteses sobre seu comportamento e as avalia, construindo durante sua vida suas próprias experiências.

- Foco no Construtor – Kelly enfatiza em sua teoria o ser como um indivíduo que constrói, interpreta ou compreende o mundo.
- Motivação – Para Kelly a motivação é algo desnecessário e redundante, pois os modelos motivacionais são utilizados para explicar por que as pessoas são ativas ao invés de inertes, além de explicar porque as pessoas agem de uma maneira ou de outra. Para ele as pessoas são ativas, pois estão vivas e agem como agem, pois estão interpretando o mundo que percebem.
- Ser Si Mesmo – o autoconceito do indivíduo está no centro das teorias da personalidade. O homem é aquilo que se aventura em ser, é tentar cada vez mais se arriscar, ao invés de se revelar.

Para tanto, Kelly (1963) desenvolveu trabalhos com relação à aprendizagem, adotando uma postura construtivista, vendo o homem como um cientista, sempre prevendo e antecipando eventos. Para Kelly, 1963, p. 47 “os processos de uma pessoa são psicologicamente canalizados pelas maneiras por meio das quais ela antecipa eventos”. Segundo Kelly, os seres humanos constroem sua realidade na qual respondem, e sua resposta está direcionada pelas suas experiências, utilizando conceitos prévios similares para antecipar as conseqüências do comportamento (HALL et al., 2000).

Desta forma, a Teoria dos Construtos Pessoais parte do princípio de que não existe um conhecimento “verdadeiro”, absoluto e objetivo a respeito da realidade, mas que o dito conhecimento é construído pelo sujeito em função dos significados atribuídos por ele a essa realidade, e que tem relação com a maneira de percebê-la e interpretá-la. Estes construtos servem, por sua vez, para prever os fatos e antecipar situações com a finalidade de controlar o curso dos acontecimentos (MINGUET et al., 1998).

Os construtos são estruturados a partir da própria experiência. Por isso, o sistema de construtos varia quanto à quantidade, sua organização e sua coerência, sendo natural que, alunos em sala de aula ao refletirem sobre um determinado evento, construam réplicas de modo diferente, pois suas interpretações dependem desses aspectos. Esse

sistema de construtos é limitado, por que as pessoas tendem a abstrair certas características quando se deparam com um evento, ou seja, sobre os fatos que acontecem na realidade. E não são todas as características que constituem essa realidade. Por esse fato, as pessoas são capazes apenas de construir sucessivas réplicas de um evento e não o evento em si, desta forma, as réplicas se dão a partir da apropriação de características abstraídas, sendo essas usadas para projetar o evento seguinte (MELO, 2005).

Segundo Kelly (1963) *“Uma pessoa antecipa eventos construindo suas réplicas”* (p.50), a partir dos construtos que possui. Quando a pessoa é solicitada a pensar sobre uma determinada situação, ela recorrerá às suas idéias decorrentes de características abstraídas de experiências anteriores, projetando mentalmente a situação.

Assim, Melo (2005) explica que essas características abstraídas dos eventos são denominadas por Kelly (1963) de construtos e se originam da comparação entre, pelo menos, três elementos em que essas características podem ser observadas. De acordo com essa perspectiva teórica, o construto pode ser definido das seguintes maneiras:

- Representação do universo ou parte dele, representada ou erigida por uma criatura viva e, então testada frente à realidade desse universo;
- Moldes, gabaritos padrões que o homem constrói para dar sentido às realidades do universo;
- Abstrações que as pessoas constroem em suas mentes para lidar com os eventos ou agrupando ou fazendo distinção entre eles.

Desta forma, a teoria proposta por Kelly é fundamentada em um postulado “Os processos de uma pessoa são psicologicamente canalizados pelas formas com que ela antecipa eventos” (Kelly, 1963, p. 47) e 11 corolários, são eles: corolário da Construção, Experiência, Organização, Individualidade, Dicotomia, Faixa, Escolha, Modulação, Comunalidade, Fragmentação e Sociabilidade. Entretanto, nesta pesquisa os três

aspectos enfocados foram: os corolários da Experiência, o corolário da Sociabilidade e o da Comunalidade.

2.2.1 Corolário da experiência, comunalidade e sociabilidade

Ao observar o mundo, percebe-se que ele gira em círculos e assim é a vida, a qualquer momento o ser humano está sujeito a mudanças, colocações e recolocações de posicionamentos, os quais os permitem rever conceitos e a possibilidade de remodelá-los a partir das experiências, com os eventos. Assim, a experiência representa sucessivas construções e reconstruções de eventos vivenciados, o que desta forma, torna possível construir os próprios conceitos.

No corolário da experiência é possível compreender que o sistema de construção de uma pessoa varia conforme a réplica do evento. Kelly considera que os seres humanos, ao se depararem com diversas situações ou eventos, tendem a selecionar certas características, o que ele chama de construto. Assim, cada pessoa constrói sua situação de uma maneira própria, alternativa.

Através desse corolário, Kelly expõe sua idéia sobre a aprendizagem, como algo que acontece a uma pessoa em certas ocasiões, pois a aprendizagem não é considerada como algo especial, mas como um sinônimo para qualquer processo psicológico. Portanto, representa o resultado das tentativas da pessoa de lidar com eventos, com suas experiências (BASTOS, 1992).

Entretanto, segundo Bastos (1998) para ocorrer à aprendizagem, é necessário que a pessoa esteja verdadeiramente engajada nesse processo complexo. Ou seja, os professores não devem esperar que seus alunos “mudem suas idéias” porque tiveram “contato com um evento”, numa determinada perspectiva didática. Se eles não estiverem preparados para este evento, se eles não tiverem investido na sua antecipação e se eles não considerarem o que aconteceu de uma forma crítica, nenhuma mudança será observada.

O corolário da experiência é apresentado nos seguintes termos: “O sistema de construção de uma pessoa varia à medida que ela sucessivamente constrói réplica dos eventos” (Kelly, 1963. p.72, tradução livre). Dessa forma, pode-se dizer que uma pessoa experimenta algo quando consegue construir uma réplica desse evento e que por meio do corolário da experiência pode-se alcançar uma mudança conceitual, ou seja, mudanças de construtos ou mudança nos sistemas de construção. Segundo Bastos (1992), a maneira pela qual a pessoa muda seus sistemas de construtos, é, então, relatado pelo corolário da experiência, no qual as construções pessoais são hipóteses de trabalho, que se confrontam com as experiências, estando sujeitas à revisão e recolocação. O sistema de interpretação de uma pessoa varia conforme ela interpreta sucessivamente as reproduções de eventos (HALL et al., 2000).

É importante mencionar que essa experiência para Kelly não representa apenas um simples encontro com um evento, mas um ciclo contendo cinco fases: antecipação, investigação, encontro, confirmação ou desconfirmação e revisão construtiva (KELLY, 1963, p. 15, tradução livre).

A seguir apresenta-se sucintamente cada uma das etapas que compõem o Ciclo da Experiência de Kelly, ilustrado na Figura 01.

- Antecipação: essa etapa inicia-se quando a pessoa tenta antecipar o evento, utilizando os construtos que possui no seu sistema de construção;
- Investimento: quando a pessoa realiza a fase anterior, dependendo de sua capacidade de construir a réplica do evento, ela acaba por se engajar na fase de investimento, quando se prepara para encontrar-se com o evento;
- Encontro: nesse encontro, a pessoa checa suas teorias pessoais;
- Confirmação ou desconfirmação (validação): a checagem dessas teorias conduz à confirmação ou desconfirmação das mesmas;

- Revisão construtiva: após a confirmação ou desconirmação da teoria, surge uma revisão dos pontos que geraram problemas. Essa revisão poderá levar a formação de novas construções dessa relação.

Este modo peculiar de perceber a experimentação traz profundas implicações para a aprendizagem. Primeiro, porque ela deixa de ser vista como um fim e passa a ser vista como algo que define o sujeito; segundo, porque esta perspectiva prioriza os processos de construção e não os resultados finais.

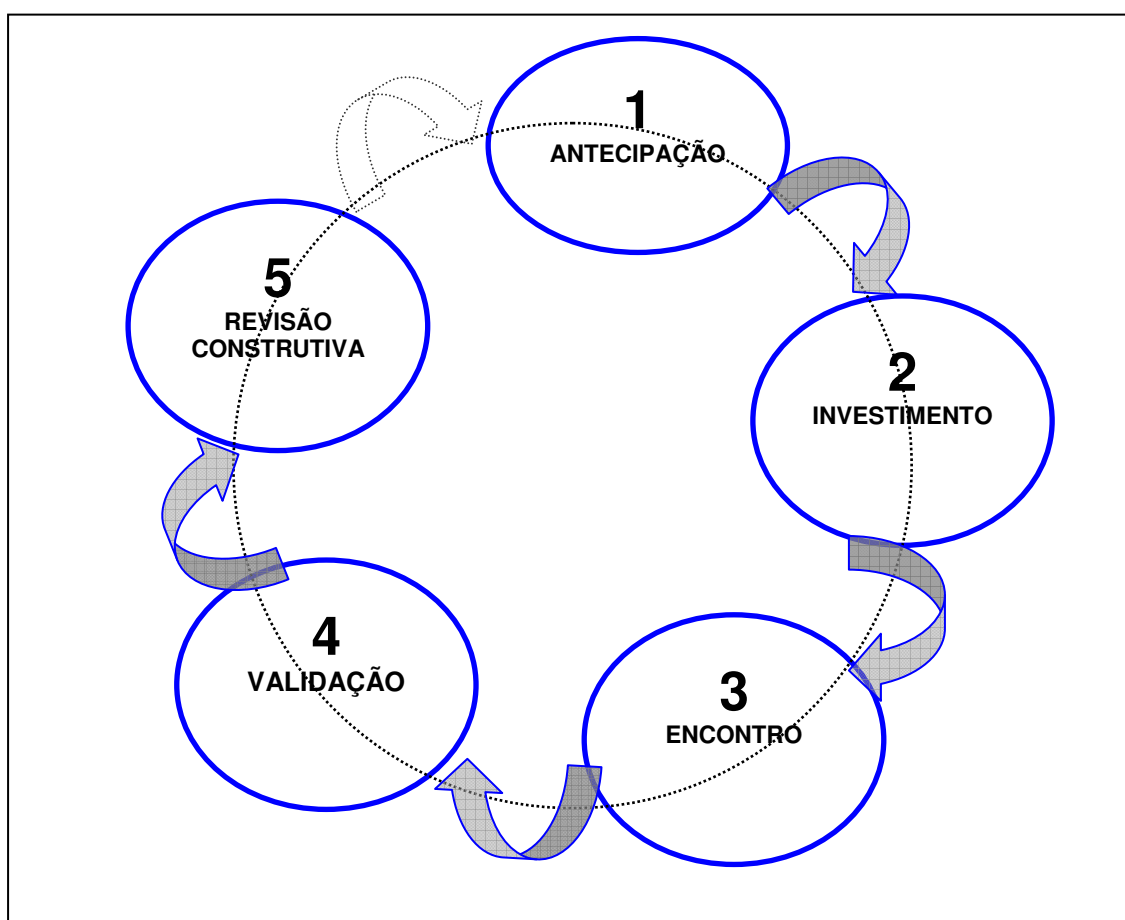


Figura 01 – Representação esquemática do Ciclo da Experiência de Kelly, a partir do qual a intervenção didática desta pesquisa foi estruturada.

Com relação ao corolário da comunalidade, aponta-se que os seres humanos podem formar construções idênticas ou semelhantes diante dos acontecimentos, sejam estes idênticos, semelhantes ou diferentes. Esse corolário é descrito nos seguintes termos: “À

medida que uma pessoa emprega uma construção da experiência similar à empregada por outra, seus processos psicológicos são similares ao da outra pessoa” (Kelly, 1963, p.90, tradução livre).

Desta forma, apesar de cada indivíduo interpretar um mesmo evento de forma diferente desenvolvendo construtos únicos, esses podem apresentar semelhanças entre si. Quando as pessoas se comportam de forma semelhante, é porque interpretam os eventos com algumas similaridades. Assim, não é o simples fato de participarem de um mesmo evento que faz com que as pessoas ajam de maneira semelhante, mas a forma de interpretarem os eventos.

Com relação ao corolário da sociabilidade, compreende-se que a interação social se baseia nas construções pessoais dos indivíduos em contínua interação com as mesmas e na construção das construções das outras pessoas. Assim, à medida que uma pessoa constrói o processo de construção de outra, ela pode desempenhar um papel num processo social envolvendo a outra pessoa.

Sendo assim, através dos corolários apresentados pode-se perceber que as teorias pessoais dos indivíduos podem ser construídas a partir do grupo familiar a qual pertencem ou com relação a outros contextos como os culturais ou o escolar, e podem ser alteradas. Isso pode ser percebido em sala de aula, quando se utilizam situações diferentes que envolvem um mesmo conceito. Comumente o indivíduo pode sair de um sistema para outro, interpretando-o de modo diferente, devido ao fato de que às vezes os alunos costumam separar as situações que se sucedem, não percebendo relação entre elas. Por conta dessa dificuldade de estabelecer relações entre uma situação e outra, os alunos recorrem a outras idéias incompatíveis com o que acontece, distanciando-se das expectativas do professor (MELO, 2005).

Vislumbrando melhorar o suporte metodológico e, além disso, coletar as concepções dos alunos, anterior e posterior à intervenção com o Ciclo da Experiência, propõe-se inserir o círculo hermenêutico-dialético (CHD) em duas etapas desse ciclo e com isso obter resultados mais significativos.

2.3 O círculo hermenêutico-dialético (CHD)

A hermenêutica representa a busca da compreensão de sentido que se dá na comunicação entre os seres humanos, destacando a mediação, o acordo e a unidade de sentido, enquanto que a dialética consiste em um processo em que existem diálogos, críticas, análises, construções e reconstruções coletivas, chegando a um consenso mais próximo da realidade (MINAYO, 1996; 2000).

Através da união entre hermenêutica e dialética, é possível que o entrevistador busque entender o texto, a fala, o depoimento como resultado de um processo social, sendo o texto uma representação social de uma realidade, a qual se mostra e se esconde na comunicação, em que o autor e o intérprete estão envolvidos num mesmo contexto ético-político (BARBOSA, 2001). Desta união, também é possível para o pesquisador entender o texto, a fala e o depoimento dos alunos, como uma perspectiva individual e como resultado de um processo social (MINAYO, 1996; 2000).

Segundo Minayo (1996; 2000), através dessa união pode-se obter o método hermenêutico-dialético, o qual é o mais capaz de dar conta de uma interpretação aproximada da realidade, pois coloca a fala em seu contexto para entendê-la a partir do seu interior e no campo da especificidade histórica e totalizante em que é produzida. Assim, a hermenêutica-dialética leva à compreensão do texto, da fala, do depoimento como resultantes de um processo social e de um processo de conhecimento, cada qual com significado específico, porém, articulados entre si (BARBOSA, 2001).

Nessa perspectiva, tem-se uma metodologia que foi descrita por Guba e Lincoln (1989), baseando-se em um referencial pluralista-construtivista ou descrito como Avaliação de Quarta Geração, o qual menciona a técnica do círculo hermenêutico-dialético (CHD) como uma ferramenta para coleta de dados. No CHD, fala-se de hermenêutico porque, possui um caráter interpretativo, e dialético porque implica comparação e contraste em diferentes pontos de vista. Assim, esse processo de construção e reconstrução da realidade é conhecido como círculo hermenêutico-dialético (FURTADO, 2001).

Essa técnica proposta por Guba e Lincoln (1989), baseia-se em um referencial participativo e construtivista, pois estabelece diálogos e discussões grupais, em que os envolvidos podem analisar e refletir sobre diferentes aspectos (OLIVEIRA, 2005). A Figura 02 ilustra uma representação esquemática do modelo do CHD.

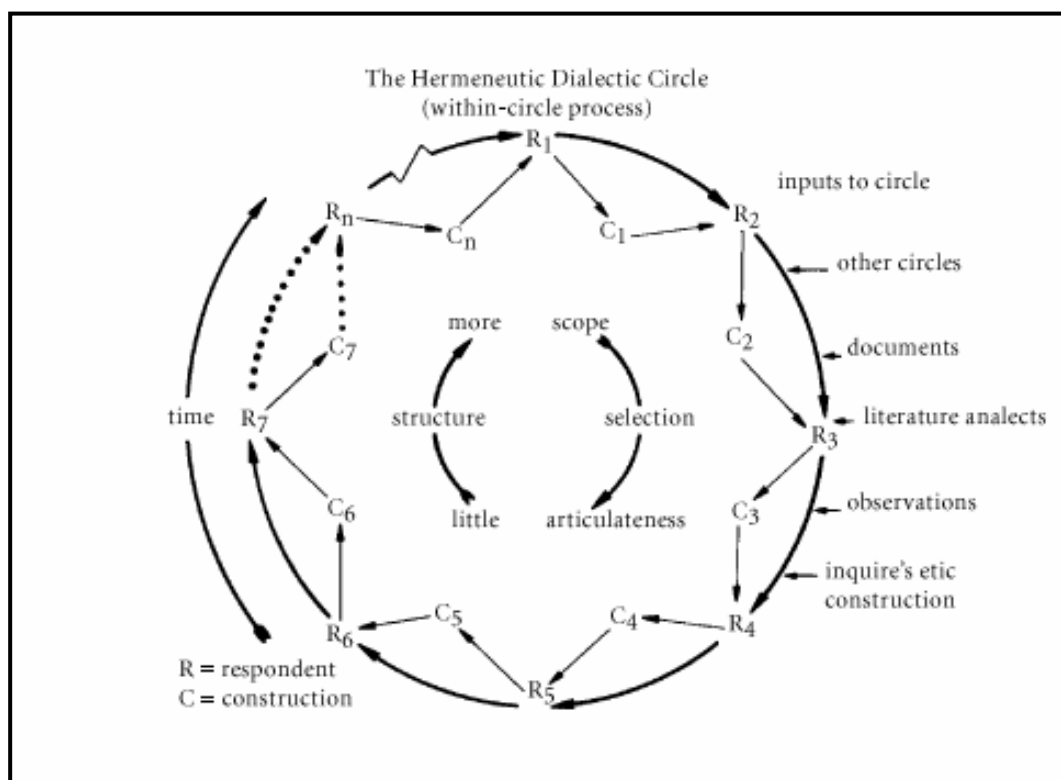


Figura 02 - Representação do círculo hermenêutico-dialético. Fonte: GUBA e LINCOLN, 1989, p. 152.

Com relação à figura acima mencionada, R1 representa o entrevistado, que a partir de seus relatos, iniciará as primeiras construções, caracterizadas como C1, servindo como subsídios para o segundo entrevistado e, assim, sucessivamente (FURTADO, 2001). Ou seja, os autores do CHD, propõem que inicialmente se faça uma entrevista e, logo a seguir, uma síntese dos dados coletados, para ser apresentada a uma segunda pessoa, onde deve ser solicitado um comentário e o crescimento de novos dados e sugestões (OLIVEIRA, 1999).

Oliveira (1999) fez uso do CHD como ferramenta para coleta de seus dados, e verificou que ao chegar à terceira pessoa, quase nada era acrescentado, uma vez que a pessoa

entrevistada se limitava a concordar com a síntese dos dados coletados, juntos aos entrevistados anteriores. Assim, o CHD permitia pouca interação entre os envolvidos, o que tornava as mudanças pouco significativas.

Então, Oliveira (1999, cap. 4, p. 7), propôs uma adaptação dessa técnica na qual “(...) cada pessoa respondia as questões e somente após as suas respostas, apresentávamos a síntese da entrevista anterior ou o resultado de todas as entrevistas já realizadas. Somente a partir das informações a nível individual, é que solicitávamos que fosse realizada uma crítica (...)”. Desta forma, com a inserção de novos elementos, o CHD tornou-se mais interativo, com maior enriquecimento das informações, garantindo melhor aproximação da realidade.

Essa metodologia pode-se caracterizar uma tentativa de explicar o significado e as características dos resultados das informações obtidas, por meio de entrevistas (OLIVEIRA, 2003). Também, através do CHD é possível ter uma relação íntima entre pesquisador e pesquisados, no vai e vem de informações, o que Oliveira (1999) descreve-o como:

“Um processo de construção e de interpretação hermenêutica de um determinado grupo (...) através de um vai-e-vem constante entre as interpretações e re-interpretações sucessivas (dialéticas) dos indivíduos” (p.50-51).

Assim, o círculo hermenêutico-dialético, por permitir uma dinâmica tipo “vai-e-vem” nas informações apresentadas, possibilita que o indivíduo possa interpretar, complementar, observar e reinterpretar os fatos decorridos por outro. Sendo assim, esse tipo de ferramenta utilizado por Oliveira (1999) é dito como uma metodologia interativa.

“A metodologia interativa é um processo hermenêutico-dialético que facilita entender e interpretar a fala e depoimentos dos atores sociais em seu contexto e analisar conceitos em livros, textos e documentos em direção a uma visão holística da temática em estudo (...). Sendo um processo hermenêutico-dialético pode ser utilizada em dois níveis de abordagem qualitativa como pesquisa de campo, envolvendo diferentes atores sociais e como análise de conceitos em livros didáticos, textos e documentos” (p. 67).

Então, pode-se conceituar a metodologia interativa como um processo hermenêutico-dialético, no qual é possível entender e interpretar a fala e o depoimento dos indivíduos em seu contexto.

Assim, através da técnica do CHD é possível verificar com profundidade as reflexões iniciais, finais e grupais, das reflexões apresentadas, minimizando a subjetividade e permitindo melhor percepção da realidade estudada (OLIVEIRA, 2005).

Nessa perspectiva, para a obtenção das concepções através do CHD, buscou-se compreender algumas características sobre os polímeros natural, sintético e biosintético, em que estes foram utilizados para contextualizar os conceitos de degradação, biodegradação e decomposição. Abaixo se tem alguns aspectos abordados sobre os três polímeros trabalhados nessa pesquisa.

2.4 Polímeros sintéticos, naturais e biosintéticos

Durante anos o homem tem retirado da natureza os elementos essenciais à sua existência, assim como inúmeros produtos que hoje são utilizados para o seu conforto e para a melhoria de sua qualidade de vida. Durante esse período, a natureza tem sido explorada em nome do bem estar do *Homo sapiens*. Nesse contexto de buscar por novos materiais, percebeu-se que a natureza é bastante rica em matérias primas e que vários produtos por ela disponibilizados podem, muitas vezes, ser sintetizados (ROSA et al., 2002).

A utilização de polímeros como material de utilidade social teve início com os polímeros naturais, confeccionando artigos (desde bijuterias até utensílios domésticos) a partir de materiais como chifres e cornos de gado. Mas, como o passar dos anos foi-se percebendo a dificuldade em se obter tal matéria-prima, e assim, começou-se a se investir em outras alternativas, que substituísse esse material. O marfim foi o primeiro material, que surgiu como substituto, mas seu uso disseminado enquanto matéria-prima quase levou à extinção dos elefantes da Costa Oeste da África (LIMA, 2004).

Mediante a dificuldade em se encontrar uma matéria-prima que acordasse com as condições sociais da época, o inventor John Wesley Hyatt descobriu acidentalmente, o nitrato de celulóide, que ao ser submetido a certas condições, como temperatura e pressão, origina o celulóide. Este possibilitou a produção de diversos objetos como: cabos, escovas, espartilhos e filmes, mas por ser inflamável, favoreceu o surgimento do acetato de celulose, que permitia uma melhor qualidade nos produtos (BLASS, 1988; CANTO, 1995, 2004; LIMA, 2004).

Com o advento tecnológico, a indústria petroquímica conseguiu utilizar o petróleo como base na produção de polímeros sintéticos, que por apresentarem certas propriedades como: leveza, transparência, flexibilidade, rigidez, e pela presença de aditivos, permitiu que os plásticos sintéticos obtivessem maiores performances, como durabilidade e resistência a fatores ambientais, garantindo a sua propagação no mundo contemporâneo (ALFREY e GURNEE, 1971). Desta forma, exemplos com o Polietilenotereftalato (PET) - (garrafas plásticas); o Policloreto de vinila (PVC) - (tubos e conexões); e o Poliestireno (PS) - (isopor e materiais descartáveis), entre outros, garantem esses atributos, visto que são os mais utilizados na sociedade em geral.

Assim, esses materiais por meio dessas atribuições, ganharam ampla utilização, pois permitiam uma melhor qualidade de vida, e essa larga aplicabilidade chegaram a todos os segmentos da indústria, e por isso, a maioria dos produtos consumidos atualmente é, total ou parcialmente, confeccionada a partir de resinas plásticas. A sua fácil manipulação permitiu a incorporação de diversos aditivos¹ e a obtenção de outras resinas ainda mais complexas e com propriedades diferenciadas, que os tornaram mais eficientes e hoje, participam com grande ênfase da sociedade (VAN VLACK, 1970).

Embora, com o advento dos polímeros sintéticos, o uso dos materiais poliméricos naturais tenha sido drasticamente reduzido, isso não significou seu fim. Ao longo dos anos foram descobertas inúmeras aplicações para estes polímeros, principalmente nas indústrias de alimentos e cosmética.

¹ - Incrementos que são incorporados ao material, permitindo que tenha maiores performances.

Os polímeros naturais podem ser classificados em quatro grandes grupos: carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos (CHAMPE e HARVERY, 2002). Nos carboidratos, alguns exemplos são: o amido (indústria alimentícia), a celulose (plastificantes, adesivos) e a quitina (cosméticos e produtos de higiene pessoal); nas proteínas tem-se: o colágeno (xampus e condicionadores); nos lipídeos tem-se: os triglicerídeos (cosméticos, emulsificantes), e por fim os ácidos nucleicos têm-se: o ácido desoxirribonucleico (DNA), através da manipulação genética produzir organismos geneticamente modificados em combate a outros seres patogênicos (agricultura).

A grande diferença entre estes polímeros e os sintéticos, deve-se ao fato de que as suas cadeias principais estão organizadas de forma que a sua estrutura química não é tão resistente, o que facilita a ação microbiana e os tornam mais facilmente biodegradáveis (STEVENS, 2002). É importante mencionar que o fato de serem biodegradáveis não reduz sua qualidade, apenas os tornam específicos para determinadas aplicações, nas quais eles apresentam excelentes propriedades.

Apesar de se ter optado pela classificação dos polímeros naturais em quatro grandes grupos conforme Champe e Harvey (2002), atualmente há um outro grupo cuja importância é crescente. Trata-se dos poliésteres que ocorrem naturalmente a partir de fermentação realizada por bactérias (STEVENS, 2002). Esse grupo possui alguns representantes como os PHB (polihidroxibutirato) e os PHA's (polihidroxialcanoatos) que podem ser aplicados na área da biomedicina, no controle de drogas e em suturas cirúrgicas.

Além dos polímeros sintéticos e naturais já mencionados, os biopolímeros sintéticos, vêm sendo estudados e utilizados em uma variedade de aplicações. Estes polímeros são obtidos a partir de monômeros que ocorrem naturalmente em biomassas e que podem ser polimerizados de modo artificial. O seu grande diferencial consiste no fato de serem oriundos de fontes renováveis e estarem por meio de processos artificiais (polimerizações em laboratório e manipulação genética), sendo alterados de forma a potencializar sua produção e uso. Tem-se como exemplo: os ácidos lácticos e os aminoácidos que serão apresentados em maiores detalhes a seguir, conforme Stevens (2002):

- Ácido láctico - ocorre naturalmente em animais e em microrganismos, também em alimentos naturais ou fermentados. Sua produção em larga escala pode ser obtida principalmente por meio do processo de fermentação induzido. Para a obtenção do poliácido láctico (PLA) utiliza-se um processo de polimerização por condensação a partir das macromoléculas de ácido láctico. Atualmente este material possui inúmeras aplicações industriais como, por exemplo, agente floculante para o tratamento de água.

- Aminoácidos – são monômeros que uma vez polimerizados podem vir a substituir o polietileno sintético, um mineral usado como inibidor do crescimento microbiano em tratamento de água e como um agente dispersante, tanto em detergentes como em tintas. Assim, diante do exposto observa-se que os biopolímeros sintéticos representam uma alternativa para a produção de novos tipos de plásticos biodegradáveis.

Desta forma, é necessário um estudo sobre os plásticos biodegradáveis, visto que estes foram utilizados com ponto de contextualização para construção dos conceitos de degradação, biodegradação e decomposição. Logo abaixo, tem-se uma melhor compreensão sobre o potencial desses materiais.

2.5 Bioplásticos ou plásticos verdes

Desde o início do século passado até os dias atuais, a utilização de polímeros sintéticos tem se tornado cada vez mais freqüente na sociedade. Ao observar o ambiente, percebe-se a grande quantidade de materiais produzidos pelo homem e sua vasta aplicabilidade (COUTINHO et al., 2004). Essa pode ser observada em quase toda a indústria de manufaturados, e variam desde artigos para automóveis a produtos para a área médica (ROSA et al., 2002). Esse fato deve-se à versatilidade de sua estrutura química, que por ser manipulada e manipulável, permite obter uma grande gama de polímeros, os quais facilmente são moldados em quase todas as formas desejadas, conforme já mencionado anteriormente (REDDY et al., 2003).

Uma das características relevantes dos polímeros sintéticos é o fato de serem extremamente duráveis. Mas, ao mesmo tempo em que oferecem esta garantia para a

sociedade, também trazem consigo dificuldades no seu descarte e reincorporação ao meio, fato que chama cada vez mais a atenção de grupos ecológicos. Segundo Rosa et al. (2002) e Araújo e Costa (2003), uma das causas dessa preocupação, é o fato destes materiais não serem biodegradados e assim, permanecerem por tempo indeterminado no ambiente, causando diversos problemas ambientais, econômicos e sociais.

Nos últimos anos, com o acúmulo crescente destes resíduos sólidos no meio ambiente, começou a haver um maior interesse público sobre o efeito prejudicial dos polímeros sintéticos. Assim, algumas iniciativas como a reciclagem, a coleta seletiva e a incineração, foram sendo adotadas para tentar contrabalançar estas dificuldades. Contudo, o que se tem observado é que apenas estas iniciativas são insuficientes para sanar os danos já causados ao meio e ainda, gerenciar os novos resíduos impedindo-os de causar novos problemas (TAVARES e FREIRE, 2003).

Os programas de reciclagem e coleta seletiva em todo o país enfrentam dificuldades relacionadas com a conscientização dos cidadãos e em maior escala, com a falta de postos regulares de coleta e códigos de reciclagem nas embalagens o que facilitaria a triagem e encaminhamento destes resíduos (TAVARES e FREIRE, 2003; SANTOS et al., 2004). Por isso, essas iniciativas não são tão consistentes quanto poderiam ser. A incineração, por sua vez, requer grandes investimentos em equipamentos e filtros para evitar a geração de gases tóxicos, que possam vir a contribuir com a poluição do ar e o aumento do efeito estufa (SANTOS et al., 1999; BRAGA et al., 2002).

Diante desta realidade, tem-se buscado alternativas, como a produção de materiais que minimizem os impactos ao ambiente. Desta forma, começou-se a investir e pesquisar sobre a produção de plásticos, chamados de “plásticos verdes” ou “bioplásticos”, através da utilização de matérias primas renováveis e que sejam totalmente biodegradáveis (ROSA et al., 2002).

Estes plásticos “amigos da natureza” foram definidos por Stevens (2002) como plásticos que são biodegradáveis, ou seja, cujos componentes são derivados inteiramente ou quase inteiramente de fonte renovável. Como talvez esta definição seja insuficiente para uma completa percepção destes materiais e de seu potencial, optou-se por mencionar

uma definição proposta por um outro autor (LUENGO et al., 2003):

Biomateriais são produtos naturais que são sintetizados e catabolizados por diversos microrganismos e que são utilizados em diversas aplicações biotecnológicas. Eles podem ser assimilados por muitas espécies (biodegradável) e não causam efeitos tóxicos (biocompatíveis). Conferindo grande vantagem em relação aos produtos sintéticos convencionais (tradução livre pág. 251).

A Figura 03 apresenta um esquema que ilustra como os bioplásticos podem ser obtidos. É interessante observar que os polímeros naturais já possuem plastificantes. Entretanto, durante as etapas de extração e purificação estes plastificantes são muitas vezes removidos e assim, há necessidade de reintroduzí-los de forma a evitar um produto final frágil, ou seja, sem as características esperadas.

**Polímero Natural ou Biopolímero Sintético + Plastificantes + Outros
Aditivos = BIOPLÁSTICO**

Figura 03 - Esquema de produção de um bioplástico. Fonte: STEVENS, 2002, p. 105.

Assim, os bioplásticos podem ser produzidos a partir de misturas entre polímeros naturais ou biosintéticos, desde que haja a incorporação de um agente plastificante e eventualmente outros aditivos, que são utilizados de acordo com as características do material a ser produzido.

Também é importante mencionar que a tecnologia dos bioplásticos é baseada em água, pois muitos dos biopolímeros são solúveis ou podem ser produzidos com essa finalidade. Alguns ocorrem naturalmente com baixo peso molecular, permitindo que as biomoléculas polimerizadas formem materiais termoplásticos (podem ser reciclados – ex. garrafas PET) e até termofixos (não podem ser reciclados – ex. pneus de automóveis), desde que no final da polimerização formam-se ligações cruzadas (STEVENS, 2002).

Dessa forma o material produzido, além de ter forte afinidade por água (hidrofílico), ainda não é tóxico, e se incinerado ou submetido a processo de compostagem, pode retornar ao ecossistema, na forma de CO₂ (ROSA et al., 2002), o que é possível, pelo fato de sua cadeia principal possuir átomos de oxigênio ou nitrogênio intercalados com átomos de

carbono.

Assim, de acordo com Novamont (2005), as características dos bioplásticos podem ser resumidas em três pontos principais:

- Biodegradabilidade - é característico de substâncias e de materiais naturais que podem ser assimilados por microorganismos, e assim serem introduzidos nos ciclos naturais. Quando os materiais orgânicos naturais entram na terra, tendem a se decomporem progressivamente, para sua assimilação ao meio.
- Biocompatibilidade – é característico de materiais que não provocam nenhum tipo de efeito tóxico, ou reações adversas no manuseio, na aplicação ou no uso do produto.
- Compostabilidade - é considerado um fenômeno espontâneo, em que ocorre a transformação do desperdício orgânico em um composto. Os polímeros tradicionais não podem ser utilizados para compostagem, pois resistem à degradação e causam a contaminação. Em contraste, os plásticos biodegradáveis podem ser utilizados para esse processo.

2.5.1 - Histórico

A primeira menção documentada de materiais que poderiam ser considerados os precursores dos bioplásticos modernos está no livro do Êxodo:

(...) tomou uma arca de juncos e a betumou com betume e pez; e, pondo nela o menino, a pôs nos juncos à borda do rio (BÍBLIA, ÊXODO, CAP. 2, VER. 3).

Em seguida, têm-se indicativos da comercialização de materiais similares no início do Século XIX, com a descoberta da borracha, que foi sendo gradualmente processada, passando a apresentar um leque de aplicações, como pneus e fiação de instalações elétricas (CANTO, 1995; 2004).

Nesta mesma época, a caseína, uma proteína encontrada no leite foi usada comercialmente para a confecção de tintas e colas. Sua produção foi aperfeiçoada por Adolf Spitteler Bavarian que transformou o material num plástico moldável, mais durável e com uma aparência agradável. A partir de então, a caseína passou a ser utilizada para produzir folhas, hastes, tubos, discos e artigos diversos (STEVENS, 2002).

Em 1910, o cientista Henry Ford realizou experimentos utilizando produtos agrícolas com o intuito de transformá-los em matérias-primas para a manufatura de automóveis. Assim, utilizou óleo da soja para pinturas e em esmaltes de automóveis, e também como substituto para a borracha, e na produção do glicerol para pára-choque. O interesse especial de Ford estava na soja, na sua conversão em plásticos, que pudessem ser usados em portas de automóveis, em botões do câmbio de marchas, entre outros (STEVENS, 2002).

Segundo Luengo et al. (2003) e Pachione (2005) foi Maurice Lemoigne que começou a desenvolver um bioplástico conhecido como poli-3-hidroxi-butirato (PHB), no *Bacillus megaterium* (Bary, 1884)², mas não houve interesse em levar adiante a descoberta, até a crise do petróleo na década de 1970, quando a comunidade científica se mobilizou para buscar alternativas para os combustíveis fósseis.

Assim, a primeira produção industrial do poli-3-hidroxi-butirato (PHB) só ocorreu em 1982, como o nome de Biopol® pela empresa “Imperial Chemical Industries” (ICI). Inicialmente, o material foi utilizado para a fabricação de frascos, fibras, látex e diversos produtos de interesse agrícola. Atualmente, podem ser encontrados na área médica; produtos para uso em suturas, implantes, engenharia de tecidos, fraturas, tratamento narcoléptico e alcoólico, e ainda micro-encapsulados (LUENGO et al., 2003; PACHIONE, 2005).

No Brasil, litoral paulista, especialmente em Vinhedos, no ano de 2002 foi distribuída à população local, a primeira sacola plástica biodegradável. Esse acontecimento ocorreu na

² - <http://www.dsmz.de/species/sp200236.htm>

Festa da Uva de Vinhedo, evento promovido pela prefeitura, que no gesto de conscientizar a população dos riscos da poluição, resolveu entregar as sacolas, para que a população desenvolvesse um espírito solidário.

2.5.2 - Processamento de bioplásticos

Segundo Stevens (2002), os bioplásticos podem ser obtidos por meio de três rotas distintas, conforme será apresentado a seguir:

- Plásticos processados a partir de polímeros extraídos de sua fonte natural. Essa primeira rota é um processo relativamente simples, uma vez que o polímero já existe na natureza, precisando apenas ser extraído, purificado e eventualmente misturado com agentes plastificantes e outros aditivos, conforme já mencionado. Este material pode ser processado por todos os métodos usados em resinas sintéticas.

- Plásticos processados a partir de polímeros produzidos comercialmente em processos de fermentação de larga-escala. Essa segunda rota trata de um processo mais complexo, visto que envolve a fermentação induzida a partir da sensibilização de microrganismos, os quais são supridos com uma fonte balanceada de carbono e, sob condições controladas, são submetidos a processo de stress, aumentando a quantidade de polímero produzido. Como exemplo, tem-se os polihidroxicanoatos (PHA's), que se destacam como matéria-prima para a produção de bioplásticos.

- Plásticos processados a partir de resinas obtidas pela polimerização de monômeros naturais. Nessa terceira e última rota, os materiais são produzidos por meio da polimerização de monômeros naturais, com baixa massa molecular, recorrendo-se também à utilização de um processo de fermentação induzida. Tem-se como exemplo, o ácido láctico (PLA), que pode ser processado por métodos comuns para se obter lâminas ou filmes.

Atualmente, a produção de bioplásticos ainda é limitada devido às condições especiais de crescimento requeridas para a síntese desses compostos, pela dificuldade envolvida na

própria biossíntese e o seu elevado custo. Entretanto, a engenharia genética vem desenvolvendo outras rotas de regulação biosintética, através da construção de organismos recombinantes, capazes de sintetizar compostos a partir de fontes de carbono como: melação, sucrose, lactose, glicerol, óleos ou metano, de forma a se obter plásticos biodegradáveis (LUENGO et al., 2003).

Neste caso, pode-se citar a implantação de genes de bactérias, que utilizam a luz solar para produzir material polimérico na planta *Arabidopsis sp* (BRITTON, 1913)³, que assim também passa a produzir o material por seus processos celulares (MCCARTHY, 2003).

Das rotas mencionadas acima, a mais utilizada atualmente é a que envolve processos de fermentação a partir de bactérias, o que se deve a existência de mais de 90 gêneros de microorganismos, aeróbios, anaeróbios, bactérias fotossintetizantes, arqueobactérias e alguns eucariontes, que podem ser cultivados em nutrientes específicos sob circunstâncias adequadas de forma a acumular e catabolizar poliésteres, como PHB, PHA's e derivados (LUENGO et al., 2003).

Dos poliésteres citados, o grupo que vem crescendo e se destacando na produção de matérias biodegradáveis são os polihidroxialcanoatos (PHA's). Segundo Squio e Aragão (2004), atualmente existem cerca de 100 tipos de monômeros diferentes constituintes de PHA's sintetizados por organismos naturais ou recombinantes, o que demonstra a sua ampla diversidade.

Os PHA's são polímeros dos hidroxialcanoatos, que além de serem biodegradáveis, apresentam ainda, características de biocompatibilidade e são produzidos a partir de recursos renováveis (SALEHIZADEH e VAN LOOSDRECHT, 2004). Para a sua produção, a espécie *Ralstonia eutropha* (DAVIS, 1969)⁴, tem sido utilizada com maior ênfase, pois apresenta taxas significativas na produção do polímero, permitindo obter rendimentos satisfatórios. Outro microorganismo com grande potencial para a produção industrial é *Burkholderia sacchari* (BRÄMER et al., 2001)⁵; (SQUIO e ARAGÃO, 2004).

³ - <http://www.ipni.org.br>

⁴ - <http://www.dsmz.de/species/sp200236.htm>

⁵ - <http://www.dsmz.de/species/sp200236.htm>

Os poliésteres ocorrem naturalmente, e vão se acumulando intracelularmente nos microorganismos, na forma de grânulos móveis, amorfos e líquidos. O número e o tamanho dos grânulos, a composição do monômero, a estrutura macromolecular e as propriedades físico-químicas, variam dependendo do organismo e da fonte de nutriente, conforme se pode observar nas imagens da Figura 04 (LUENGO et al., 2003).

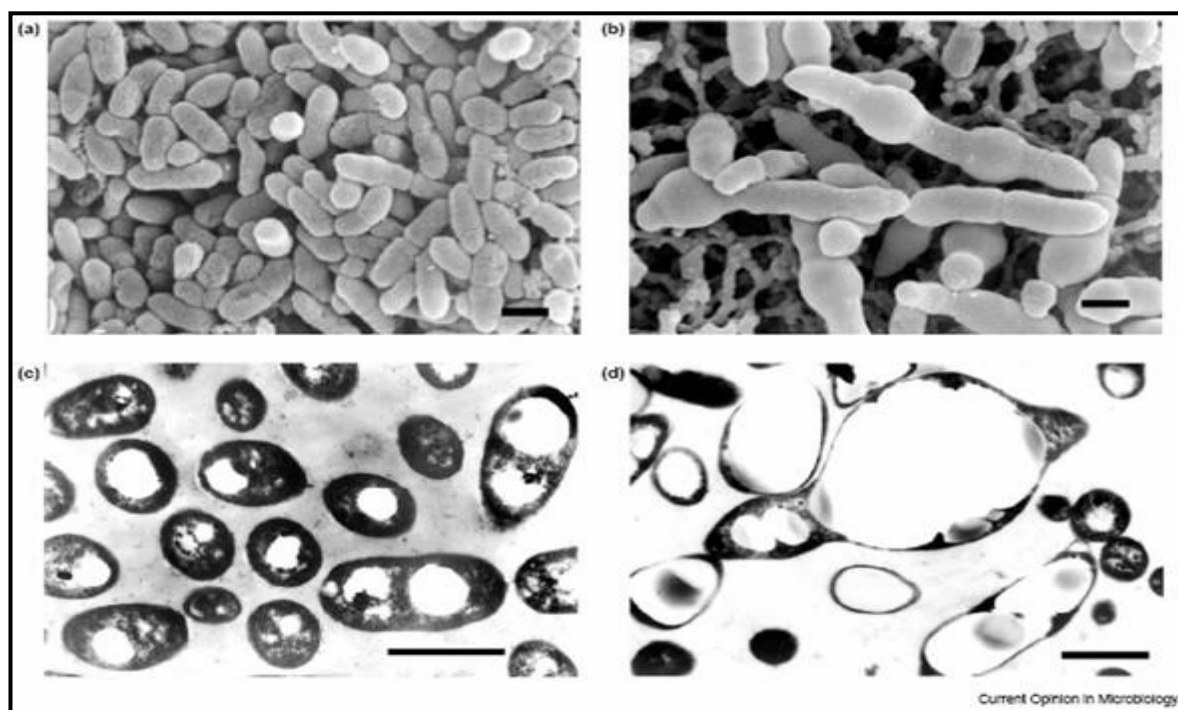


Figura 04 - Microscopia de varredura (a e b) e de transmissão (c e d) que mostram a bactéria *Pseudomonas putida* (TREVISAN 1889)⁶, produzindo grânulos de poliésteres sob condições normais (a e c) e sob condições de stress induzido artificialmente (b e d). Fonte: LUENGO et al., 2003, p. 252.

O poliéster é uma reserva de energia, semelhante aos triglicerídeos nos mamíferos, que é acumulado podendo alcançar 90% de seu peso seco do microorganismo, se as condições de crescimento implicarem em uma limitação planejada de certos nutrientes, como nitrogênio e fósforo e no excesso de carbono (REDDY et al., 2003; SQUIO e ARAGÃO, 2004).

Os PHA's podem ser utilizados para a confecção de embalagens em geral. Também são

⁶ - <http://www.dsmz.de/species/sp200236.htm>

utilizados na produção de sacos descartáveis, vasos para mudas, brinquedos e material escolar. Além disso, por serem biocompatíveis, podem ser empregados na área médico-farmacêutica na fabricação de fios de sutura, próteses ósseas, suportes de culturas de tecidos para implantes e encapsulação de drogas na indústria farmacêutica (SQUIO e ARAGÃO, 2004).

Segundo Luengo et al. (2003), até o momento existem 160 tipos de poliésteres com propriedades plásticas, e o número tende a crescer exponencialmente, por meio da engenharia genética. Então, é de esperar que outros bioplásticos com estruturas, propriedades e aplicações diferentes possam ser obtidos, se os organismos apropriados forem selecionados e manipulados geneticamente.

Desta forma, os bioplásticos têm um futuro extremamente promissor, por causa das suas características especiais (biodegradabilidade, compostabilidade, biocompatibilidade, hidrofília, entre outras) e de suas amplas aplicações, que são em muitos casos superiores a muitos polímeros sintéticos.

Isso pode ser compreendido, quando se verifica a relação desse tipo de material com os processos de degradação, biodegradação e decomposição.

2.6 Bioplásticos e os processos de degradação, biodegradação e decomposição

Como comentado anteriormente, percebe-se a grande importância dos bioplásticos enquanto materiais biodegradáveis, e, estes têm sido apontados como uma alternativa viável para substituir os polímeros sintéticos a longo prazo. Então, nesta seção pretendem-se abordar os conceitos-chave da pesquisa: degradação, biodegradação e decomposição, pois só através da análise de alguns aspectos relevantes em cada um destes processos é possível obter melhor compreensão sobre o potencial desses materiais.

Desta forma, têm uma explanação sobre os processos de degradação, biodegradação e

decomposição, em que será verificada a sua importância e relevância para o meio ambiente e os seres vivos em geral.

2.6.1 A degradação

Segundo Souza e Lopes (1993) e Santos et al. (1999) explicam que a degradação sofrida por um material está relacionada com a perda de propriedades ou a perda de características que este apresentará ao longo do tempo, ou seja, o material sofre uma modificação em sua aparência, ocasionada por alteração em suas propriedades físicas ou em sua estrutura química.

Assim, um produto seja natural ou sintético, ao ficar exposto ao intemperismo perderá certas características e propriedades, o que pode ser verificado através de uma modificação na estrutura desse material, implicando numa diminuição de sua qualidade e de seu desempenho (LIMA, 2004). A degradação pode ocorrer por três vias: a biodegradação, a quimiodegradação ou a fotodegradação.

Sobre o processo de quimiodegradação observa-se sua ocorrência em dois modos distintos: por meio da despolimerização do material, que retorna às suas características monoméricas e que poderá vir a ser novamente utilizado na produção de outros polímeros; ou por meio de reações de catálise (oxidação ou hidrólise), através de enzimas, que atuam sobre a estrutura química, de forma a quebrá-las permitindo a dissociação das moléculas e a liberação de átomos, que poderão vir a ser incorporados aos ciclos biogeoquímicos (VALPASSOS et al., 2001; BRAGA et al., 2002).

Enquanto, na fotodegradação, os raios ultravioletas (U.V.) atingem a parte exposta do material, em que o processo inicia-se em sua superfície provocando uma descamação ou microfissura na sua parede, caracterizando uma fotofragmentação. Se o material não for biodegradável, as macromoléculas não serão transformadas em compostos menores, restando um pó plástico, propiciando inconvenientes para o meio (SOUZA e LOPES, 1993; CHANDRA e RUSTGI, 1998).

Como já mencionado anteriormente, os polímeros sintéticos têm elevada estabilidade às intempéries, o que faz com que permaneçam por muito tempo no ambiente, sem sofrer degradação de qualquer espécie. Na Figura 05 tem-se um esquema que ilustra o seu comportamento padrão de um polímero não biodegradável.

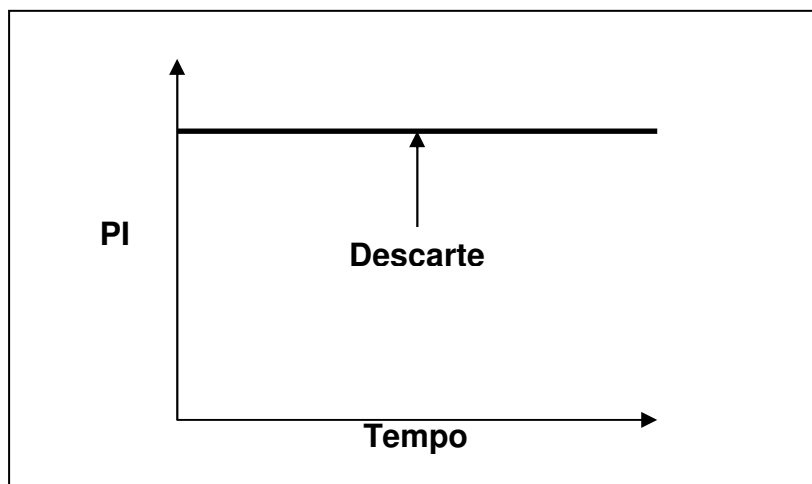


Figura 05 - Representação do índice de desempenho e de integridade (PI) de um polímero sintético em função do tempo. Fonte: STEVENS, 2002, p. 53.

2.6.2 A biodegradação

A biodegradação consiste na degradação de materiais, através da ação de organismos vivos (ROSA et al., 2002). Nesse processo é possível que determinadas substâncias possam ser descompostas em constituintes básicos, por ação microbológica (DELVAGO, 2005). Sendo então, um processo indispensável para a reciclagem dos elementos na biosfera, o que garante a restituição desses, na formação e crescimento dos organismos (BOET e HUGUET, 2005; CABO, 2005).

Para esse tipo de processo é interessante observar, que este mecanismo ocorre mais facilmente em materiais naturais, pois diferentemente dos sintéticos, a matéria é conhecida do meio e tende a decompor-se progressivamente, o que permite a sua assimilação e re-introdução nos ciclos naturais (NOVAMONT, 2005). O mesmo não ocorre com os polímeros formados por hidrocarbonetos, que são resistentes às ações químicas e biológicas, o que lhes assegura longevidade e outras propriedades que se

mantém por longo tempo (ROSA et al., 2001).

O processo de biodegradação pode ocorrer em solo ou em água, e dependendo do tipo de microorganismo envolvido, pode acontecer em fase aeróbica ou anaeróbica. Na biodegradação aeróbica é necessária a presença de O_2 , e tem-se como produto final, H_2O e CO_2 . A biodegradação anaeróbica ocorre na ausência de O_2 e neste caso tem-se como produto final o CH_4 (BRAGA et al., 2002). O processo aeróbico da biodegradação é mais completo e libera energia, enquanto que no anaeróbico existem oxidações incompletas, o que libera menos energia (CABO, 2005). Através da Figura 06 verifica-se um esquema que explicita os produtos finais da biodegradação.

| |
|--|
| Processo Aeróbico: bactérias + componente orgânico + oxigênio= $CO_2 + H_2O$ Processo Anaeróbico: bactérias + componente orgânico= CH_4 |
|--|

Figura 06 - Esquema que representa os produtos finais da biodegradação aeróbica e anaeróbica. Fonte: BRAGA et al., 2002, p. 10.

Embora existam vários seres envolvidos no processo de biodegradação, como, por exemplo, as bactérias e os fungos, alguns fatores como, por exemplo: temperatura, umidade do solo, acidez, disponibilidade de oxigênio e quantidade de lixo, também podem interferir, o que se verifica que todos esses fatores abióticos modificam ou agem sobre as vias metabólicas dos organismos citados (BOET e HUGUET, 2005; DELVAGO, 2005).

Com relação à atuação de bactérias e fungos, há registros na literatura de que o grupo das Eubactérias atua principalmente na reciclagem de lixos orgânicos, enquanto os fungos do grupo dos ficomicetos, os bolores, atuam na deterioração de materiais como a matéria têxtil e a madeira (TRABULSI 1998). Assim, sem as bactérias e outros microrganismos em cooperação, a Terra sofreria destruição pelo seu próprio processo natural, por meio de galhos, folhas de árvores e animais mortos, que se acumulariam no ambiente (PELCZAR Jr. et al. 1996).

É importante destacar que o processo de biodegradação estar intimamente ligado com a quimiodegradação, no que diz respeito à presença de enzimas nos microrganismos

decompositores. Assim, para que o material seja modificado em sua estrutura química, por ação desses microrganismos, estes através de suas enzimas aceleram as reações e quebram a cadeia molecular (LIMA, 2004). Tem-se que muitos seres vivos apresentam também enzimas, mas aqui se fala principalmente dos microrganismos que atuam sobre a matéria orgânica.

Segundo Champe e Harvey (2002) consideram-se enzimas como proteínas especializadas na catálise de reações biológicas, e que sem elas as reações ocorreriam em velocidades extremamente baixas. Assim, por meio da catálise enzimática, as enzimas liberadas pelos microrganismos decompositores, atuam sobre o material, de forma a dissociar as moléculas, quebrando as ligações químicas (TRABULSI, 1998).

Segundo Campbell (1995), cita que após as enzimas serem liberadas pelos microrganismos durante o processo de biodegradação, tem-se que estas permanecem no composto mesmo após a sua morte e assim auxilia outros organismos em suas ações.

Diante do exposto, pode-se resumir que a biodegradação parte do princípio que todo o composto sintetizado biologicamente pode ser decomposto biologicamente, sendo um resultado do processo de digestão, assimilação e metabolização do composto orgânico, por ação de bactérias, fungos, protozoários e outros microrganismos (CABO, 2005).

2.6.3 A decomposição

A decomposição pode ser descrita como um processo natural, em que ocorre transformação de moléculas orgânicas complexas, em componentes inorgânicos mais simples, os tornando disponíveis no ambiente para serem utilizados pelos seres vivos (CHANDRA e RUSTIGI, 1998).

Nessa perspectiva, entende-se que os microrganismos decompositores ao liberarem suas enzimas, permitem que haja quebra da cadeia molecular, dissociando as moléculas, liberando os átomos, e estes poderão ser re-introduzidos ao meio ambiente e/ou utilizados como fonte de alimento para si ou para outros seres (ROSA et al., 2002). Vale ressaltar, que não só esses seres participam do processo, mas também, se verifica a

presença de macrorganismos, como minhocas, cupins, larvas, insetos e nematóides, que cooperam mutuamente para a decomposição da matéria (CAMPBELL, 1995).

Desta forma, a manutenção da produtividade do ecossistema depende da transformação da matéria orgânica e conseqüentemente da biomassa microbiana no solo, pois estes realizam a ciclagem de nutrientes (PELCZAR et al., 1981; VALPASSOS et al., 2001; BRAGA et al., 2002).

É importante destacar, que a velocidade de decomposição de um material, tal como a velocidade de biodegradação, é influenciada pela natureza e pela quantidade do material descartado no solo, pela fertilidade desse solo e também pelas condições climáticas, relacionadas principalmente com o regime de chuvas e a temperatura do solo. Estes fatores atuam diretamente na atividade microbiana do solo. Outro fator que reflete na velocidade com que um material é decomposto é a relação C/N do material (BERTOL et al., 2004).

Então, é imprescindível que a matéria seja biodegradável, para que ocorra a sua decomposição e sua assimilação, permitindo a utilização e reutilização dos elementos constituintes, o que possibilita uma série de atividades metabólicas realizadas por inúmeros seres vivos. Desta forma, toda a matéria orgânica sintetizada na Terra, quando decomposta pode restituir ao meio os elementos que a integram, mantendo o equilíbrio biológico e ecológico.

2.6.4 - Importância e perspectivas futuras

Diante do exposto, percebe-se que, a significância deste material no âmbito social tende a promover inúmeros benefícios, principalmente na área ambiental, visto que não causará grandes comprometimentos ao meio. Assim, mesmo diante desse fato, pode-se perceber que não existem tantas pesquisas para melhorar o desempenho desse material. Isso pode estar associado, à falta de incentivo do governo; os altos impostos e/ou a alta tecnologia empregada para a sua obtenção.

Desta forma, mediante a falta de pesquisas suficientes para a produção de materiais biodegradáveis, e que muito poderia contribuir para uma maior expansão e propagação do produto, além de métodos mais eficazes na obtenção de resinas que se adequassem ao mercado de produção, tem-se que o número de empresas que produzem produtos biodegradáveis, é menor se comparado com as de produção de polímeros sintéticos.

Atualmente existem, 27 empresas com unidades dedicadas à fabricação de materiais biodegradáveis, estando localizadas: 10 na Europa, 10 nos Estados Unidos, sete na Ásia e duas no Brasil (CHIELLINI, 2005). Todavia, com o surgimento de pesquisas no Brasil em meados dos anos 90, para materiais bioplásticos, e com o desenvolvimento de tecnologias para a produção de plásticos biodegradáveis e biocompatíveis, utilizando matéria-prima renovável através da agricultura tem aumentando significativamente a produção desses materiais (SILVA et al., 2005; COUTINHO et al., 2004).

Para tanto, a soja e o milho são exemplos desta matéria-prima renovável que vem sendo utilizada na produção de plásticos e fibras para a confecção de coletes a prova de balas (COUTINHO, 2004). Em Serrana, interior paulista, a partir da cana-de-açúcar estão se produzindo bioplásticos, conhecidos como “Biocycle”. Através destes, são produzidas embalagens, cuja composição possui moléculas oleaginosas, que mudam de cor conforme o prazo de validade e se degradam sem impacto na natureza (EPPRECHT, 2004).

Nos EUA, a empresa Cargill Dow desenvolveu o plástico “NatureWorks®” e a fibra têxtil “Ingeo®”, produzindo copos, talheres descartáveis, roupas e embalagens para alimentos (EPPRECHT, 2004). O Reino Unido importa um aditivo que acelera o processo de degradação do material plástico, de forma a desorganizar a forte cadeia de moléculas que caracteriza o polímero.

Existem hoje no mercado, diversos plásticos biodegradáveis, que são produzidos a partir do polihidroxialcanoatos (PHA's), polilactatos (PLA) ou poliglicolatos (PGA), e estão sendo pouco a pouco inseridos no âmbito social. Muitos destes possuem propriedades físicas e químicas muito semelhantes às dos polipropilenos, fato que talvez signifique sua

substituição num futuro próximo (SERAFIM et al., 2004).

Como comentado anteriormente, a comercialização de materiais biodegradáveis na sua produção e seu consumo em larga escala, poderá vir a promover inúmeros benefícios para a sociedade e o ambiente, visto que numa primeira instância reduzirão os muitos impactos ambientais causados pelo uso excessivo de petroquímicos e, após o seu descarte, serão facilmente reabsorvidos pela natureza. Porém, o que se verifica é que mesmo com tantos atrativos, a sua inserção no mercado ainda é discreta, dada à quantidade de empresas que têm investido na produção destes materiais e a sua aplicação para a confecção dos mais diversos produtos.

Assim, percebe-se que existem questões maiores que estão além do âmbito de pesquisa e de desenvolvimento, muito mais relacionadas com políticas econômicas e jogos de interesse de corporações que hoje controlam a indústria petroquímica e seus derivados (STEVENS, 2002).

3. METODOLOGIA

Nesta etapa pretende-se apresentar a metodologia utilizada para a realização desta pesquisa, e para tanto, inicialmente apresenta-se o local onde foi realizada a intervenção bem como o grupo de estudo. Em seguida, apresenta-se o objetivo de cada encontro e as atividades desenvolvidas em cada um deles. Por fim, tem-se uma explanação detalhada sobre o instrumento de coleta dos dados utilizado e, uma descrição de como os resultados serão apresentados e discutidos na seção subsequente.

3.1 O local da pesquisa

O local escolhido para o trabalho de pesquisa foi à Escola Estadual Olinto Victor, que atua na área de Ensino Fundamental e Médio. A escola está situada na Avenida Afonso Olindense, s/n, Várzea, Recife, Pernambuco.

Esta escola possui cerca de 2000 alunos e um quadro de professores bastante restrito, o que dificulta o desenvolvimento de metodologias e atividades diferenciadas. Assim, como professor de ciências e biologia desta unidade, compreendeu-se que o desenvolvimento desta pesquisa poderia representar uma oportunidade de aprendizagem inovadora para os alunos, motivo pela qual sua realização foi em horário extraclasse, e como estes estavam concluindo o Ensino Médio, seriam desencadeadores de informações, optou-se por uma turma de 3º ano.

3.2 A amostra da pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida com 20 alunos do 3º ano do Ensino Médio. Estes participaram dos sete encontros baseados no Ciclo da Experiência de Kelly. Contudo, para a coleta dos dados, apenas cinco alunos foram escolhidos aleatoriamente para participar do círculo hermenêutico-dialético (CHD), que foi realizado com este grupo menor nas etapas de antecipação e revisão construtiva.

3.3 Os encontros fundamentados no Ciclo da Experiência

A intervenção ocorreu em nove encontros que foram estruturados de acordo com o Ciclo da Experiência de Kelly (1963). Como comentado anteriormente, o corolário da experiência descreve a experiência, como um ciclo de cinco etapas: antecipação, investimento, encontro, confirmação/desconfirmação (validação) e revisão construtiva. Os dois encontros sobressalentes correspondem à aplicação do CHD com o grupo de cinco alunos nas etapas de antecipação e revisão construtiva, utilizando um grupo de imagens (ver pág. 59) e seguindo o roteiro de entrevista (ver pág. 58).

A primeira etapa do Ciclo da Experiência, a antecipação, ocorreu em dois encontros: o primeiro foi com todo o grupo e teve como objetivo apresentar o tema da pesquisa e a relevância de se estudar tal conteúdo, bem como seria a estruturação dos encontros e a sua duração; o segundo foi realizado apenas com os cinco alunos e teve como objetivo coletar as concepções prévias dos mesmos sobre os conceitos de degradação, biodegradação e decomposição através do CHD.

A segunda etapa do Ciclo da Experiência, o investimento, ocorreu em apenas um encontro do qual participaram todos os alunos. Esse encontro teve como objetivo construir conceitos relacionados aos polímeros naturais, sintéticos e biosintéticos, estabelecendo as diferenças entre esses materiais, tanto do ponto de vista estrutural como do ponto de vista de propriedades. É importante mencionar que essas informações eram imprescindíveis para uma compreensão significativa dos bioplásticos, bem como do acompanhamento dos testes de degradação, biodegradação e decomposição, aos quais as amostra seriam posteriormente submetidas.

Ainda nessa etapa, foi solicitado que os alunos trouxessem alguns materiais, tais como: colheres de sopa, copos plásticos, tampas de garrafas, óleo de soja, etc. para a realização de um experimento no próximo encontro. Essa estratégia busca uma maior inclusão dos alunos no processo.

A terceira etapa do Ciclo da Experiência, o encontro, ocorreu apenas em um momento e que teve como objetivo confeccionar um bioplástico. Antes do início da experimentação, foi necessário falar sobre os materiais e produtos que estavam sendo utilizados para produzir tal material. Falou-se sobre: glicerol e gelatina natural, alguns equipamentos (Forno de Aquecimento e Tela de amianto), e de algumas vidrarias (Becker e Proveta).

A confecção do bioplástico utilizado neste trabalho foi realizada de forma artesanal, baseando-se em uma receita disponível no livro de Stevens (2002, p.168). A receita para confecção do bioplástico pode ser observada no apêndice D e através da Figura 07, tem-se a imagem da confecção do material pelos alunos.



Figura 07 - Confeção do material pelos alunos

A quarta etapa do Ciclo da Experiência, etapa de Confirmação ou Desconfirmação (validação) foi realizada em três encontros e teve como objetivos iniciais, analisar as diferenças entre os polímeros e expor as amostras à ação de intempéries. Assim, no primeiro momento o material confeccionado na etapa anterior foi analisado juntamente com produtos sintéticos e naturais, sendo observados alguns aspectos iniciais como cor, cheiro, tamanho, largura, peso, comprimento, forma, etc. Esses foram anotados e após as

análises iniciais, os materiais foram expostos ao intemperismo, para serem novamente analisados em período de oito dias.

Cada grupo determinava os aspectos a serem analisados, e também que os participantes da entrevista do CHD, estavam em grupos diferentes, o que permitiu que o aprendizado não se tornasse centralizado.

O segundo momento teve como objetivo analisar os materiais e as possíveis diferenças existentes após a ação a qual foram submetidos, além de verificar os processos de degradação, biodegradação e decomposição. Após os oito dias transcritos, os alunos com o auxílio do professor verificaram como as amostras se apresentavam comparando suas características com aquelas anotadas anteriormente. Por fim, após os oito dias, novamente os alunos compararam as amostras e suas características atuais, com as observações iniciais, buscando os mesmo objetivos acima citados.

É importante ressaltar, que os grupos compartilharam, as anotações, discutindo e revendo as suas análises e comparando-as com as dos outros grupos. Durante esse processo o professor retomou a discussão sobre os processos de degradação, biodegradação e decomposição.

Na última etapa do Ciclo da Experiência, a revisão construtiva, ocorreu em dois encontros e teve como objetivo verificar a compreensão final sobre os conceitos de degradação, biodegradação e decomposição e o quanto ela havia sido alterada em função da intervenção vivenciada.

No primeiro momento, os alunos foram convidados a uma pequena reflexão a cerca da ligação íntima entre seres humanos e o meio ambiente. E em seguida, buscou-se conversar com os mesmos sobre a pesquisa, escutando os pontos positivos e negativos, verificando o que mais lhe chamaram atenção e a relevância desse trabalho para as suas vidas no âmbito social e pessoal. No segundo momento, foi aplicado o CHD (pós-teste), como objetivo de verificar as concepções finais dos cinco alunos sobre os conceitos de degradação, biodegradação e decomposição, o que finalizou a intervenção.

A seguir, na Tabela 01 apresenta-se detalhadamente o número de encontros ocorridos em cada uma das etapas do ciclo, bem como as atividades didáticas e conteúdos trabalhados em cada um deles.

Tabela 01. Atividades desenvolvidas na pesquisa

| Etapas | Nº. de Encontros/ Tempo | Atividade Didática | Conteúdos Trabalhados |
|-----------------------------|----------------------------|--|---|
| Antecipação 1 | 2 (2 horas) | <ul style="list-style-type: none"> -Leitura e discussão de um texto sobre a poluição; - Vídeo sobre o lixo; - Realização do CHD (pré-teste) | <ul style="list-style-type: none"> - Poluição Ambiental; -Impactos ambientais; - Resíduos Sólidos (Plásticos); - Coleta seletiva; -Reciclagem e reutilização; - Lixão e aterro sanitário. |
| Investimento 2 | 1 (2 horas) | <ul style="list-style-type: none"> - Aula expositiva - Texto - Discussão | <ul style="list-style-type: none"> - Polímeros (tipos, história, características e importância). |
| Encontro 3 | 1 (2 horas) | <ul style="list-style-type: none"> - Aula experimental para confecção do bioplástico e preparação da amostras; - Discussão | <ul style="list-style-type: none"> - Aditivos; - Propriedades; - Vidraria e equipamentos de laboratório |
| Validação 4 | 3 (2 horas) | <ul style="list-style-type: none"> - Aula experimental para preparar os testes de degradação, biodegradação e decomposição; - Acompanhamento dos testes e discussão das informações observadas | <ul style="list-style-type: none"> - Conceitos de degradação, biodegradação e decomposição. |
| Revisão Construtiva 5 | 2 (2 horas) | <ul style="list-style-type: none"> - Texto (reflexão); - Discussão; - Realização do CHD (pós-teste) | <ul style="list-style-type: none"> - Polímeros (tipos, história, características e importância). - Conceitos de degradação, biodegradação e decomposição. |

3.4 A integração do CHD no Ciclo da Experiência

A coleta dos dados foi baseada através de uma metodologia interativa, o círculo hermenêutico-dialético (CHD); (OLIVEIRA, 1999). A partir dessa ferramenta, foi possível coletar as concepções dos alunos sobre os conceitos de degradação, biodegradação e decomposição. É importante destacar, que essa ferramenta foi inserida nas etapas de antecipação e revisão construtiva do Ciclo da Experiência, conforme Figura 08.

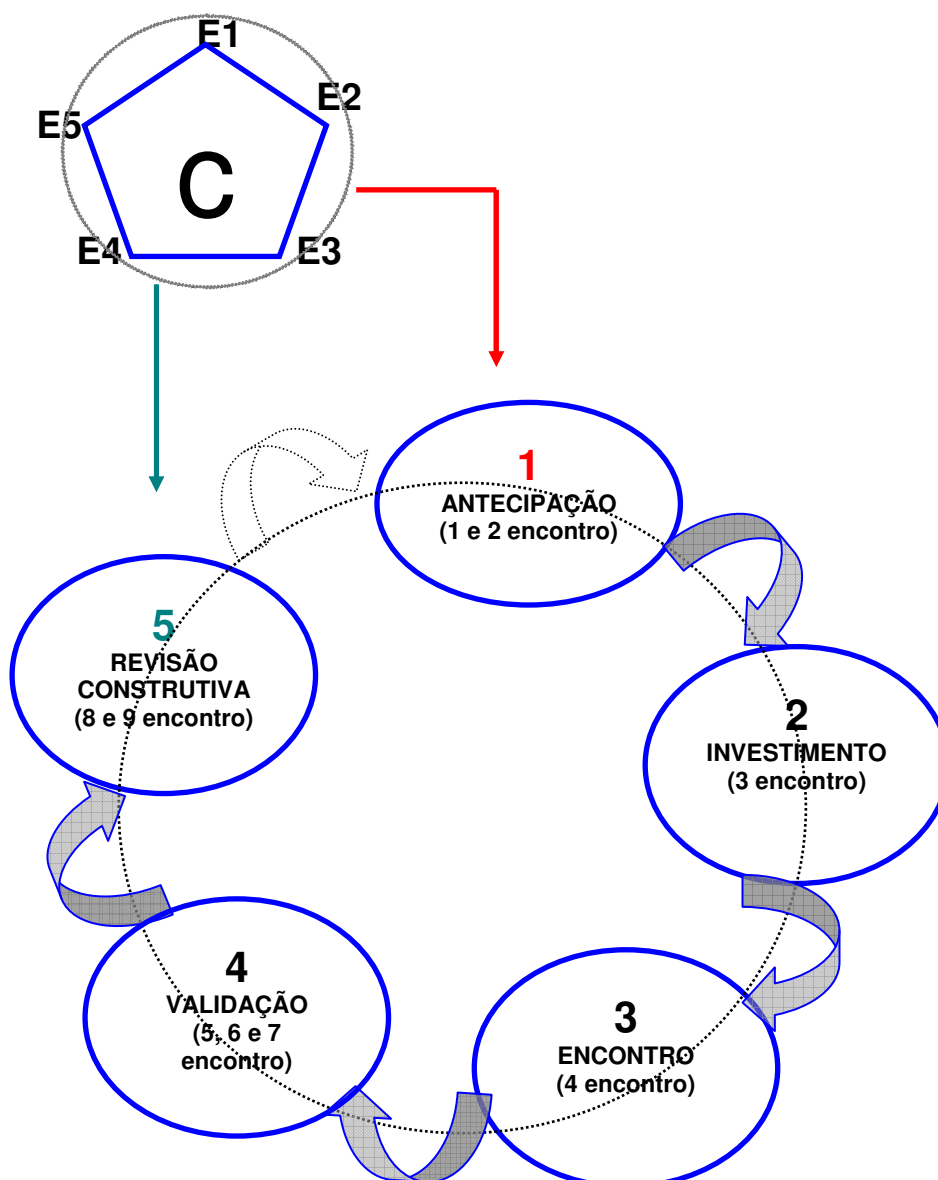


Figura 08 - A inserção do CHD nas etapas de antecipação e revisão construtiva do Ciclo da Experiência.

A inserção da coleta de dados nessas duas etapas se deve ao fato que a primeira etapa (antecipação), é considerada por Kelly como o momento em que deve expor ao indivíduo informações que o permitam refletir e começar a utilizar seus construtos para checar as teorias. Já na última etapa, considerada como revisão construtiva é o momento final do ciclo, em que se verifica se ocorreu à mudança conceitual, sobre o tema tratado.

A opção por este instrumento de coleta foi feita tendo em vista o seu caráter interativo e dinâmico, que possibilita uma maior aproximação entre o pesquisador e os alunos, permitindo ainda uma multiplicidade de interpretações, conforme já discutido anteriormente.

Também é importante mencionar que, devido à complexidade envolvida na aplicação desse instrumento de coleta de dados e também pela dificuldade para reunir todos os alunos em horário extraclasse, apenas cinco alunos participaram efetivamente da aplicação do CHD. Assim, a Figura 09 apresenta um esquema que ilustra a dinâmica de relações entre os alunos e entre estes e o pesquisador durante a realização do CHD.

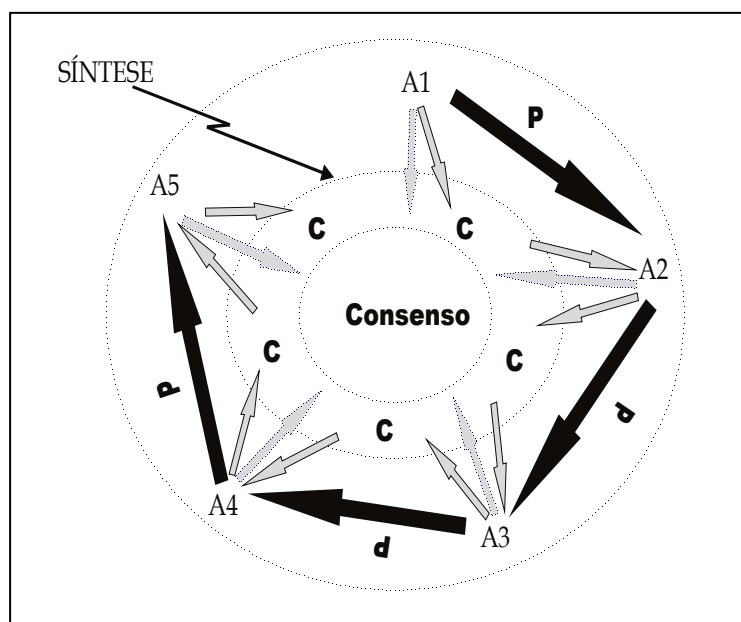


Figura 09 - Esquema que ilustra o processo interativo da metodologia hermenêutica-dialética, onde **A** - significa aluno entrevistado, **C** - significa construção teórica, e **P** - significa pesquisador. Fonte: Oliveira, 1999

O primeiro círculo pontilhado representa o grupo de alunos entrevistados, enquanto que o segundo círculo simboliza a dinâmica do “vai-e-vem” das construções e reconstruções teóricas (síntese de cada entrevista e síntese do grupo já entrevistado). O terceiro círculo representa o ponto de culminância da metodologia, visto que é nesta etapa que os alunos têm oportunidade para colocar seus comentários conjuntamente e construir a concepção que representa o consenso do grupo sobre o assunto em questão.

É importante observar, que as construções teóricas dos alunos, representadas pela letra **C** podem resultar de construções teóricas individuais ou construções teóricas modificadas. Neste segundo caso, as construções podem ter sofrido influência das colocações feitas pelos alunos entrevistados anteriormente.

Para permitir que na análise dos resultados haja uma diferenciação entre as construções individuais e as construções individuais modificadas, adotou-se a seguinte terminologia: **C**, para construção individual e **C'** caso haja modificações na colocação inicial do indivíduo.

No centro do círculo à palavra “**consenso**”, representa o resultado do encontro final com todos os entrevistados, para colocarem seus comentários e críticas, concluindo a pré e pós-análise dos dados.

O CHD consiste em entrevistar todos os alunos que fazem parte do grupo de maneira seqüenciada e sistemática. Inicialmente, coletam-se as construções teóricas individuais do primeiro aluno. Estas serão apresentadas ao segundo aluno após a coleta de suas construções teóricas individuais. Desta forma, o segundo aluno tem a oportunidade de alterar ou não suas construções em função das colocações do entrevistado anterior. Esta dinâmica se repete até o último aluno seja entrevistado. O CHD é finalizado quando ocorre um encontro final com a presença de todos os entrevistados, para discussão coletiva e registro de novas informações, fase dita consenso.

3.5 Roteiro da entrevista

As questões levantaram de modo gradual, e problematizado junto aos alunos os aspectos relevantes para a construção dos conceitos de degradação, biodegradação e decomposição. O CHD foi aplicado para cada uma das questões abaixo.

- Questão 01: Considerando os três grupos com imagens (figura 10) de produtos que foram descartados na natureza. O que você acha que está acontecendo com os produtos de cada um destes grupos com o passar do tempo?
- Questão 02: Em sua opinião quais seriam as possíveis causas das modificações observadas nos produtos dos três grupos (figura 10)? No caso de não serem observadas modificações, qual seria o motivo?
- Questão 03: Você pode relacionar as modificações observadas ou a ausência delas com os processos de degradação, biodegradação e decomposição (figura 10)? E pode explicar como estabeleceu estas relações?
- Questão 04: Você poderia explicar com suas palavras o que entende por degradação, biodegradação e decomposição?

A proposta de se trabalhar as questões que abordavam os conceitos de forma gradativa deve-se ao fato de não querer que os alunos respondessem diretamente a pergunta sobre os conceitos-chave (degradação, biodegradação e decomposição) da pesquisa. Então, buscou-se trazer algumas questões iniciais (1, 2 e 3), que permitissem obter um maior número de elementos, para possibilitar uma melhor construção sobre os conceitos desejados (questão 4).

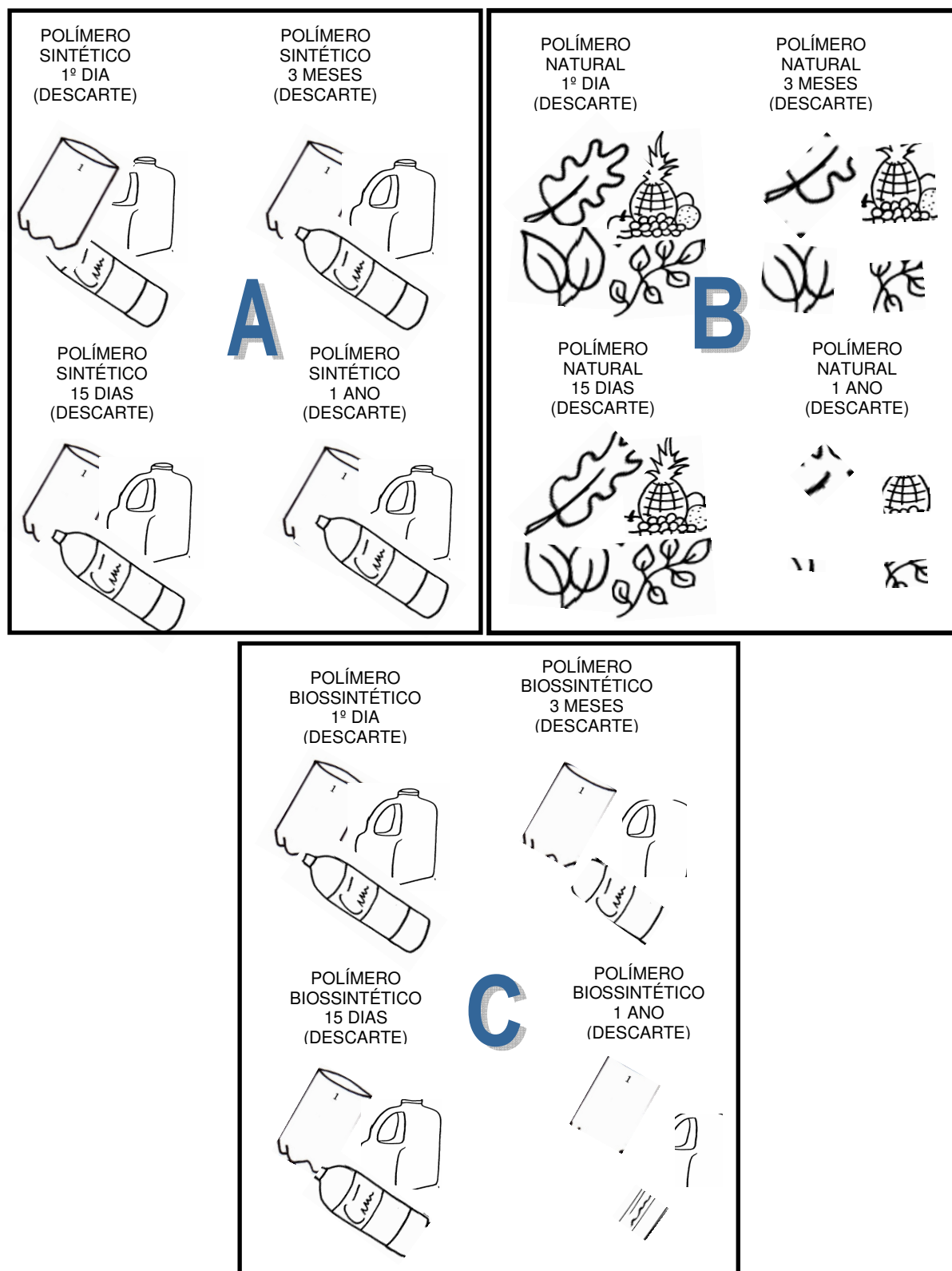


Figura 10 - Conjunto de imagens apresentadas aos alunos durante a realização do CHD.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, pretende-se apresentar os resultados obtidos mediante a aplicação do roteiro de entrevista por meio do CHD. Para facilitar a apresentação desses e sua posterior discussão optou-se pela sua divisão em três grandes blocos tal como explicitado a seguir:

- Primeiro Bloco de Resultados – corresponde aos resultados coletados em etapa anterior à intervenção pedagógica;
- Segundo Bloco de Resultados – corresponde aos resultados coletados em etapa posterior à intervenção pedagógica;
- Terceiro Bloco de Resultados - corresponde aos resultados coletados (consensos) em etapa anterior e posterior a intervenção pedagógica.

4.1 Primeiro bloco de resultados (tabelas 02, 03, 04 e 05)

A Tabela 02 apresenta as construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos com relação à Figura 10 (A, B e C), ao serem questionados sobre o que eles achavam que estava acontecendo com os produtos de cada grupo com o passar do tempo (1ª questão). Na primeira coluna têm-se as colocações dos alunos sobre os polímeros sintéticos e na segunda e terceira coluna têm-se as colocações dos alunos sobre os polímeros naturais e biosintéticos, respectivamente.

Tabela 02. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa anterior à intervenção), ao serem argüidos sobre a primeira questão.

| Figura 1 – Polímero Sintético | Figura 2 – Polímero Natural | Figura 3 – Polímero Biosintético |
|--|--|---|
| <p>CA1 - “Não está acontecendo nada. As figuras estão mostrando que eles são iguais, independente do tempo, do dia, de meses e até um ano, continuam da mesma forma”.</p> | <p>CA1 - “As figuras mostram que com o tempo já não são como as outras, estes são polímeros naturais, eles mostram nas figuras que estão desaparecendo. Quando descartados, ou forem jogados no meio, vão se decompondo, vão desaparecendo”.</p> | <p>CA1 - “A figura mostrou que os objetos descartados estão desaparecendo. Eles vão se decompondo no meio ambiente”.</p> |
| <p>CA2 - “Com o passar do tempo, eles ficaram intactos não mudaram nada”.</p> <p>C'A2 - “Nos primeiros anos eles podem até permanecer intacto, mas com o passar, dos anos eles devem se decompor. A figura não mostra isso, mas em algum momento eles devem desaparecer, vão se decompondo aos poucos”.</p> | <p>CA2 - “Por ser natural, ocorre seu desaparecimento”.</p> | <p>CA2 - “A figura mostra que eles desaparecem mais rápidos”.</p> |
| <p>CA3 - “Durante o tempo eles continuam iguais, demoram a se desgastar. Para aparentar alguma modificação, vai precisar de mais tempo. Está acontecendo alguma coisa, mais a olho nu, não vai ver. Nas figuras não se perceber, mas ocorre. Para poder ver alguma coisa desgastada, é preciso muitos anos”.</p> | <p>CA3 - “É diferente do primeiro, ele vai se desgastar mais rápido e agente vai perceber, vai ser a olho nu, depois de alguns dias, percebe-se o desgaste”.</p> <p>C'A3 - “É diferente do primeiro, ele vai se desgastar mais rápido e agente vai perceber, vai ser a olho nu, depois de alguns dias, percebe-se o desgaste. Os dois têm algo em comum que é o tempo, mas o primeiro ele vai demorar muito e esse não. O outro é polímero sintético e esse é natural. Por ser natural ele é não teve modificação do homem ele vai se decompor mais rápido e influenciado pelo ambiente também”.</p> | <p>CA3 - “Ele esta se desgastando”.</p> |
| <p>CA4 - “Praticamente esta tudo igual. O produto é composto de petróleo e demora bastante tempo para ser destruído naturalmente, mas as figuras mostram que continua do mesmo jeito”.</p> <p>C'A4 - “As figuras mostram tudo igual, aparentemente não acontece nada, mas com certeza, com o passar do tempo vai desgastando o produto, ele vai diluindo. As figuras não mostram isso, pois precisa de muito tempo para acontecer”.</p> | <p>CA4 - “Com o passar do tempo, com certeza ele vai apodrecer, as frutas vão apodrecer e as folhas vão secar”.</p> | <p>CA4 - “Mostra a rápida decomposição dos materiais ao passar do tempo”.</p> |
| <p>CA5 - “Estou observando que as figuras são plásticos e elas demoram muito para desaparecer, com o passar do tempo eles continuam do mesmo jeito”.</p> <p>C'A5 - “As figuras não mostram que eles não sofrendo nada, pois o tempo é pequeno e eles precisam de um tempo maior. O material ele aparentemente esta da mesma maneira, mas com o passar do tempo, depois com um agente silencioso, ele vai agindo, eles vão se degradando, sendo que é muito devagar, mas eles vão se desgastando, precisa de um tempo bem maior”.</p> | <p>CA5 - “E com o passar do tempo eles vão se degradando mais rápido”.</p> | <p>CA5 - “Esses produtos se degradam, desaparecem com mais facilidade, com menos tempo, ele tem uma modificação mais rápida. Eles vão se modificando com o passar do tempo, e um tempo bem curto”.</p> |

Legenda: **C** (construção teórica inicial) e **C'** (construção teórica modificada)

- ***Considerações sobre as respostas dos alunos apresentadas na Tabela 02.***

Com relação às construções teóricas, em geral, observou-se que todos os alunos tiveram dificuldades com relação à terminologia adequada para responder a questão. Foi comum, por exemplo, referências ao desaparecimento, ao desgaste, à decomposição, à degradação, à destruição dos materiais ou à diluição e ao apodrecimento desses, quando os alunos queriam se referir ao processo de decomposição. Um outro aspecto evidente ao se analisarem as construções teóricas de modo geral, foi que os alunos não têm conhecimentos suficientes para distinguir as diferentes terminologias utilizadas por eles próprios.

No que concerne às construções teóricas iniciais dos alunos com relação aos polímeros sintéticos (Figura 10-A) a primeira idéia dos alunos foi que não ocorrem modificações no material independente do tempo, ou seja, eles pensam nos materiais sintéticos como se fossem imutáveis. Exceção foi a construção do A3, ponderou que embora não se observassem modificações nas figuras elas estavam presentes, sendo necessário um tempo superior ao período de um ano para que fossem observadas efetivamente. Um outro aspecto levantado pelo A3 referiu-se a questão do processo de desgaste ser ou não percebido a vista desarmada, num indício claro que existem fenômenos que embora não sejam perceptíveis, ocorrem.

Ainda, com relação às construções teóricas iniciais, sobre os polímeros naturais (Figura 10-B) e biosintéticos (Figura 10-C) a idéia que predominou foi a de rapidez, no processo de “desaparecimento”. Entretanto, nenhum aluno tentou estabelecer comparações entre os polímeros naturais e os biosintéticos e os seus respectivos tempos de “desaparecimento”.

Com relação às construções teóricas modificadas, observaram-se poucas modificações e quase todas elas relacionadas aos plásticos sintéticos. Essas modificações referiram-se à influência do tempo como um fator condicionante das alterações nos plásticos sintéticos. Essa reconstrução de idéias foi significativa, visto que, inicialmente os alunos se limitaram a dizer que não havia nenhuma modificação. O A5, entretanto, ao reconstruir suas idéias

menciona o papel dos microrganismos, embora que indiretamente, ao se referir à presença de agentes silenciosos que atuavam sobre o material. Este foi o único aluno que considerou tal aspecto, seja com relação aos polímeros sintéticos, naturais ou biosintéticos.

Um ponto interessante foi à construção modificada do A3, no tocante aos polímeros naturais, uma vez que ele se apropriou de modo significativo das idéias de A1 (que tentou diferenciar os tempos de “desaparecimento” em função do tipo de polímero); o que lhe permitiu fazer uma comparação entre os polímeros naturais e sintéticos e seus respectivos tempos de “desaparecimento”. Acredita-se que este fato deveu-se a interação propiciada pelo CHD que permitiu aos participantes revisarem as suas idéias iniciais (OLIVEIRA, 2005). Desta forma, o indivíduo pode explicitar sua opinião considerando uma perspectiva diferenciada.

Esse processo de revisão de idéias propiciado pelo CHD contribui para os processos de reflexão e revisão do sistema de construtos, mencionados na teoria de Kelly, fato que justifica a nossa escolha em utilizá-lo conjuntamente com o Ciclo da Experiência.

A seguir, a Tabela 03 que apresenta as construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos com relação à figura 10 (A, B e C) ao serem questionados sobre quais seriam as possíveis causas das modificações observadas, ou não, nos produtos dos três grupos (2ª questão).

Tabela 03. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa anterior à intervenção), ao serem questionados sobre a segunda questão.

| Figura 1 – Polímero Sintético | Figura 2 – Polímero Natural | Figura 3 – Polímero Biosintético |
|--|---|---|
| <p>CA1 - “Não há modificações, por eles serem sintéticos, tem algo que neles quando são fabricados, fazem com eles não se decomponha tão rápido, que não desapareçam que não se desgastem. O que mostram que eles estão sempre iguais, do mesmo jeitinho independente do tempo, ou seja, não ocorrem modificações, porque há alguma composição, quando eles são fabricados, que faz com que isso ocorra”.</p> | <p>CA1 - “Mostra as modificações, essas causas são mostradas através das folhas e dos frutos, por serem naturais, o tempo faz com que eles desapareçam, durante dias, meses e até um ano. O tempo é que faz com que eles desapareçam”.</p> | <p>CA1 - “Mostra modificações, e a causa é que são plásticos, mas são biosintéticos, eles desaparecem. Mostram também que duram um pouco para desaparecer, por serem sintéticos, mas de todo o jeito eles desaparecem. O bio significa alguma coisa, bio significa vida. São sintéticos, o tempo que eles passam, demoram bastante para se decompor, mas com o tempo, no meio ambiente, por eles serem bio, eles desaparecem. As modificações têm alguma coisa a ver com o bio”.</p> |
| <p>CA2 - “Não há modificações, como o material que constitui ele, demoram mais tempo para se decompor”.</p> <p>C'A2 - “No começo não dá para ver as modificações, mas com o passar do tempo, deve haver algum modificação, o material deve ter sido forte para constitui ele, mas ele deve se decompor”.</p> | <p>CA2 - “Tem modificações, pois elas se constituíram de modo natural, como foi feito pela natureza, demora menos tempo para se decompor. Já o plástico é feito pelo homem com processos químicos e demora mais tempo”.</p> | <p>CA2 - “Há modificações, por ele ser feito por esse tipo de plástico, ser feito de material biosintético, deve ser diferente do sintético, o material deve ser mais fraco, para se decompor na natureza por menos tempo, para não durar tanto tempo como o sintético”.</p> |
| <p>CA3 - “Existem modificações, mas não dá para haver as modificações”.</p> <p>C'A3 - “Existem modificações, mas não dá para haver as modificações, não é visto modificações a olho nu, mas devido a sua constituição, de como ele foi feito, fabricado, tem algo que faz com que ele prolongue o tempo. Devido ao lugar que ele tiver, o sol e a chuva vão afetar alguma molécula do produto”.</p> | <p>CA3 - “Há modificações por que ele é natural e o outro é sintético. Esse vai se desgastar mais que o outro, o sintético vai se desgasta, mas devagar. Esse vai ser mais rápido e dá pra ver a olho nu”.</p> <p>C'A3 - “Há modificações por que ele é natural. Esse vai se desgastar mais. Esse vai ser mais rápido e dá pra ver a olho nu. Por ser polímero natural, ele não teve modificação do homem, e vai se decompor mais rápido. Também é influenciado pelo ambiente”.</p> | <p>CA3 - “Há modificações, como todo o plástico ele vai ter modificações, vai ser mais rápido, vai se degradar mais rápido. O biosintético tem alguma substância que faz com ele seja diferente do polímero sintético”.</p> |
| <p>CA4 - “Não são observadas as modificações a olho nu, pois precisa de mais tempo para ser observadas, mas ocorre”.</p> <p>C'A4 - “Não dá pra observar a olho nu às mudanças. Eles demoram mais a decomposição, por causa do material, deve colocar alguma coisa, por isso demoram mais”.</p> | <p>CA4 - “Ocorre modificações mais rápido por ser um polímero natural”.</p> | <p>CA4 - “Apresenta modificações, porque o material biosintético é diferente do sintético, por ele ser mais fraco a decomposição mais rápida”.</p> |
| <p>CA5 - “Aparentemente não vejo modificações, As substâncias que tem no polímero agem bem devagar. Agente não vê a olho nu, mais há modificações”. A chuva o sol e o solo tudo age para que tenha modificações. As modificações têm que ter um período de tempo maior, o tempo aqui é pouco.</p> | <p>CA5 - “As modificações são visíveis, porque ele é natural. Ele é da natureza, se junta com algo da natureza e se degrada com mais facilidade. São recursos naturais, ele já veio da natureza, tiramos da natureza e estamos devolvendo a natureza”.</p> | <p>CA5 - “Tem modificações, porque deve ter substâncias menos que a outra. A substâncias químicas que foi utilizada aqui, foi menor, o que faz com que ele tenha um desgaste, um degradamento mais rápido que o polímero sintético”.</p> |

Legenda: **C** (construção teórica inicial) e **C'** (construção teórica modificada)

- ***Considerações sobre as respostas dos alunos apresentadas na Tabela 03.***

Com relação às considerações teóricas, tem-se que em linhas gerais os alunos apresentaram dificuldades para explicitar as possíveis causas das modificações observadas na figura 10 (A, B e C) - (ver pág. 59). Essa dificuldade é mais perceptível com relação aos polímeros sintéticos, uma vez que os alunos acharam que devido a alterações realizadas durante a sua fabricação, esses materiais ficaram mais resistentes e por isso, permanecem inalterados em função do tempo. Contudo, os alunos A3 e A5, pontuaram que fatores abióticos tais como: chuva, sol, solo, etc., poderiam influenciar o comportamento dos produtos levando a modificações a longo prazo.

No que concerne aos polímeros naturais, a grande rapidez com que as modificações acontecem foi justificada pelo aluno em função da compatibilidade entre a origem do polímero (natural) e o fato das modificações ocorrerem no meio ambiente que também é natural. Já no caso dos biosintéticos, as modificações foram associadas a um material mais fraco, de baixa qualidade, como mencionaram os alunos A2, e A5. Acredita-se que esta associação deva-se ao fato das figuras 10

A e C, que correspondem aos materiais sintéticos e biosintéticos, respectivamente, serem idênticas. Como não se observa nenhuma mudança nos sintéticos, os alunos se acharam que as modificações ocorridas no segundo deviam-se a sua baixa qualidade.

Esse tipo de associação é particularmente preocupante, vez que reflete uma opinião de grande parte da sociedade. Associação entre materiais de baixa qualidade e polímeros biosintéticos, gera um descrédito nas propriedades do produto e dificulta sobremaneira a sua futura inserção no mercado.

Diferentemente das colocações feitas pelos alunos A2, A4 e A5, os outros procuraram justificar as modificações observadas nos biosintéticos fazendo uma relação entre a durabilidade do material e a sua composição, ou seja, relataram a presença de certas

substâncias diferenciadas utilizadas em sua produção, o que os tornariam mais susceptíveis ao “desaparecimento”. O aluno A1 foi o único que supostamente, mencionou a palavra “bio” como um fator que permitiria que o material sofresse algum tipo de modificação.

Com relação às considerações modificadas, observou-se que a maioria se deu com relação aos plásticos sintéticos. No caso dos polímeros naturais apenas o aluno A3 reconstruiu a sua colocação inicial, enquanto que no caso dos biosintéticos não se observou nenhuma reconstrução dos participantes.

Acredita-se que o elevado número de reconstruções para os polímeros sintéticos deve-se a dificuldade que os alunos têm de entender, que embora as imagens não evidenciem qualquer modificação, estas ocorrem tanto em escala microscópica, como para intervalos de tempo muito longos. Assim, fica evidente que a compreensão desse processo requer grande capacidade de abstração por parte dos alunos e quanto essa habilidade cognitiva é importante para a percepção de teorias, processos e fenômenos em escala molecular, tal como colocado por Zuanon e Diniz (2003).

Contudo, é importante mencionar que o fato dos alunos perceberem as modificações no caso das figuras que representam os polímeros naturais e biosintéticos, não significa que eles têm uma compreensão ampla das causas que levam às modificações desses materiais. Os alunos em suas construções teóricas se restringiram ao observável, ou seja, ao concreto (apodrecimento de frutos e folhas), e em nenhum momento se referiram à ação dos microorganismos.

A seguir, a Tabela 04 que apresenta as construções dos alunos com relação à Figura 10 (A, B e C) ao serem solicitados para estabelecer relações entre as modificações observadas ou a ausência delas com os processos de degradação, biodegradação e decomposição (3ª questão).

Tabela 04. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa anterior à intervenção), ao serem questionados sobre a terceira questão.

| Figura 1 – Polímero Sintético | Figura 2 – Polímero Natural | Figura 3 – Polímero Biosintético |
|--|--|---|
| CA1 - “Tem relação com a degradação, por que eles não se decompõem, por isso, não são biodegradáveis, não tem relação com biodegradáveis, nem com decompor, porque não se acabam, nem muito menos não se acabam fazendo alguma coisa boa na natureza. Tem haver com a degradação, porque de certa forma eles, estando dessa forma, no meio ambiente, eles vão agredir bastante, onde eles estiverem”. | CA1 - “Só existe a decomposição, porque mostra que as figuras elas estão se acabando, desaparecendo, estão se destruindo, se acabando”. | CA1 - “O terceiro é biodegradável, sofre biodegradação, porque o material, o plástico demora muito no ambiente para se decompor, vai está agredindo onde estiver, mas mostra também que ele está se acabando, por ser biosintético, neste caso ocorre a biodegradação por causa disso”. |
| CA2 - “Tem degradação e decomposição, não tem biodegradação, pois se tivesse biodegradação, com um ano já teria se decompondo mais rápido. Já degradação, por que ele vai ter que desaparecer, e decomposição por que ele vai ter que se decompor pelos anos, aos poucos, apesar de que a decomposição não acontece rapidamente, com o plástico demora mais tempo”. | CA2 - “Tem os três, a degradação, vão ter que desaparecer, a decomposição, pois desaparecem com menos tempo e a biodegradação também, pois eles estão relacionados, um completa o outro”. | CA2 - “Tem os três, a degradação com o desaparecimento, tem que desaparecer, a biodegradação e a decomposição estão ligados, o material deve ser constituído com material que, deve ser decomposto com maior rapidez”. |
| CA3 - “Observo os três processos. Pois a degradação é ação do homem, a biodegradação o material acaba sozinho no ambiente e a decomposição no futuro isso vai desaparecer”. | CA3 - “Tem os três processos, a degradação porque o homem tirar do ambiente adequado, a biodegradação, porque ele na natureza por si só e a decomposição por que ele vai se decompor”. | CA3 - “Tem os três processos, a degradação por causa do homem, a biodegradação por causa do ambiente e decomposição por que vai desaparecer”. |
| CA4 - “A degradação, porque vai ser diluído algum dia e a decomposição porque vai desaparecer algum dia, não sofre biodegradação porque isso não é um meio natural”. | CA4 - “Esta acontecendo a biodegradação e a decomposição, por que ocorre em menor tempo, não observo a degradação, pois precisa de mais tempo”. | CA4 - “Ocorre só à decomposição, pois é um material mais fraco e ocorre a decomposição em menos tempo. Não observo a degradação por que ocorre ela em mais tempo e a biodegradação só ocorre em polímeros naturais”. |
| CA5 - “Olhando as figuras não vejo nenhum dos processos, mas futuramente os processos de degradação e decomposição, porque eles vão se modificando, vão desaparecer. Por ser a muito longo tempo mais isso vai desaparecer. Também vai ter a biodegradação, porque esses processos são químicos e vão interferir na natureza, então vai ter uma biodegradação do solo. Não vejo nenhum processo agora, mais os três processos vão ser utilizados”. | CA5 - “A degradação e a decomposição, pois eles estão se decompondo, eles estão se modificando, eles estão desaparecendo da maneira que ele é para forma outra substância”. A biodegradação não, pois não esta agredindo a natureza. | CA5 - “Tem os três processos, pois além dele estar se decompondo, se transformando, estão desaparecendo gradativamente, eles estão jogados no meio ambiente estão agredindo”. |

Legenda: C (construção teórica inicial) e C' (construção teórica modificada)

- ***Considerações sobre as respostas dos alunos apresentadas na Tabela 04.***

De modo geral os alunos, ao tentarem relacionar as modificações ou sua ausência nas imagens A, B e C (figura 10, pág. 59) com os processos de degradação, biodegradação e decomposição, respectivamente, apresentaram dois comportamentos predominantes.

No primeiro tipo de comportamento os alunos perceberam que, independente do polímero ser sintético, natural ou biosintético, os três processos estão presentes e são responsáveis pelas modificações observadas. Esta postura foi bem explicitada pelo aluno A2 que não só reconheceu a presença simultânea dos três processos como o fato deles estarem relacionados e serem complementares. No segundo tipo de comportamento, os alunos tentaram estabelecer para cada tipo de polímero um processo predominante. Assim, o aluno A1, por exemplo, definiu a degradação como um processo lento e responsável pelas modificações a longo prazo dos polímeros sintéticos, propôs que a decomposição predomina no caso dos polímeros naturais, e que a biodegradação estava relacionada aos polímeros biosintéticos.

Isso no remete ao corolário da individualidade que descreve que as pessoas são diferentes e por isso, se diferenciam uma das outras na construção dos eventos (KELLY, 1963).

Nessa mesma perspectiva, os alunos A2 e A4 colocaram que a biodegradação não ocorria em polímeros sintéticos, visto que eles não eram naturais, enquanto que o aluno A4 pontuou que a degradação e a biodegradação não podia ocorrer nos polímeros biosintéticos, a primeira por ser um processo demorado e a segunda por ser exclusivo dos polímeros naturais.

Quanto a essa questão, um aspecto observado foi à ausência de construções teóricas modificadas. Acredita-se que isso, possivelmente possa ser explicado a partir de duas hipóteses: na primeira, os alunos estão inseguros quanto as suas respostas, de forma que não conseguem perceberem informações ou aspectos relevantes nas respostas dos outros, que poderiam vir a complementar a sua própria colocação; na segunda, os alunos

extremamente seguros de suas respostas, e por isso descartam qualquer informação adicional que as contradiga.

Em ambos os casos houve o comprometimento da comunicação entre os indivíduos. Entretanto, no segundo caso especificamente, o pouco sucesso do círculo em promover reconstruções e pela falta de receptividade entre os participantes envolvidos no processo.

De acordo com Oliveira (2005), posturas pouco receptivas dificultam a dialética do círculo, que estimula o diálogo e que leva à crítica, à construção e à reconstrução das idéias. O comprometimento da dialética do círculo também já havia sido observado em outros trabalhos, que utilizaram a metodologia interativa, como o de Gomes (2004), que estudou o processo de formação continuada de professores de Ciências Naturais e o de Oliveira (2005-a) que estudou sobre educação ambiental com professores do ciclo II.

Um outro ponto relevante para a análise foram às colocações feitas pelos alunos A3 e A5, com relação aos conceitos de degradação e de biodegradação: O aluno A3 quando coloca que a degradação é a ação do homem no ambiente e o A5, quando coloca que a biodegradação agride a natureza. Observa-se que as idéias apresentadas estão equivocadas e são reproduzidas, irrefletidamente a partir de vivências do cotidiano.

Com isso, não estar se querendo desvalorizar as construções do senso comum, visto que elas são fundamentais nos processos de ensino-aprendizagem. Entretanto, no âmbito dessa pesquisa o que se busca é uma melhoria dessas idéias com o intuito de torná-las mais próximas das aceitas junto à comunidade científica.

A seguir, apresenta-se a Tabela 05 na qual se têm as construções dos alunos com relação à figura 10 (A, B e C) quando eles foram solicitados, a explicar com suas palavras, o que entendiam por degradação, biodegradação e decomposição (4ª questão).

Tabela 05. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa anterior à intervenção), ao serem questionados sobre a quarta questão.

| Degradação | Biodegradação | Decomposição |
|--|---|--|
| CA1 - “A destruição ou desaparecimento dos materiais por algum motivo”. | CA1 - “Ocorre da mesma forma da degradação, mas há intervenção de alguma coisa biológica, destruição ou desaparecimento com a intervenção de um meio biológico”. | CA1 - “Não seria destruir, mas retirar, diminuir alguma coisa da composição do material”. |
| CA2 - “Desaparecimento de um material”. | CA2 - “Não ocorre da mesma forma que a degradação, mas tem alguma coisa biológica”. | CA2 - “Desaparecimento de um material, por alguns meses anos, ou algum meio biológico vai decompondo”. |
| CA3 - “Degradação é a ação do homem” | CA3 - “É ação do ambiente”. | CA3 - “Acabar o material”. |
| CA4 - “Desaparecimento natural de algum material”. | CA4 - “Ocorre praticamente igual à degradação, só em matérias diferentes”. | CA4 - “A diluição de um material com o passar dos anos”. |
| CA5 - “Quando um material sofre algum tipo de modificação. As substâncias vão sofrendo alguma modificação, reagem e vão se dissolvendo formando uma modificação no meio”. | CA5 - “Mais ou menos parecida com a degradação, quase a mesma coisa que degradação, sendo que, pode ser que se modifique mais rápido, que se degrade mais rápido, que desapareça mais rápido por ser uma bio”. | CA5 - “Quando eles estão desaparecendo, quando os materiais de uma forma diferente, já não ter mais a mesma forma, o mesmo sentido, eles são modificados, se modificando e desaparecimento. É uma modificação e um desaparecimento do material. Primeiro sofre modificação para depois desaparecer, e desaparece gradativamente”. |

Legenda: **C** (construção teórica inicial) e **C'** (construção teórica modificada)

- ***Considerações sobre as respostas dos alunos apresentadas na Tabela 05.***

Ao analisar as concepções iniciais dos alunos sobre o conceito de degradação observa-se, que elas foram muito vagas. Foi comum o uso de terminologias como “destruição” e “desaparecimento” o que remete a construções puramente intuitivas.

A exceção foi o aluno A5 referiu-se a um processo de modificação do material, e neste caso, utilizou uma terminologia muito próxima da definição científica. De acordo com Souza e Lopes (1993) e Santos et al. (1999), a degradação consiste num processo no qual se tem a perda de propriedades ou características de um determinado material, o que implica numa modificação de sua aparência, ocasionada por alteração em suas propriedades físicas ou em sua estrutura química.

Com relação à concepção de biodegradação os alunos A1, A2 e A5, inicialmente, perceberam que existe alguma relação entre esta concepção e a de degradação. Também perceberam que há um processo biológico envolvido, contudo, não foram capazes de ir além e explicitar, por exemplo, o papel dos microorganismos.

Para Rosa et al. (2002) e Braga et al. (2002), a biodegradação consiste na degradação de materiais, através da ação de organismos vivos, em um processo que permite que determinadas substâncias possam ser descompostas em constituintes básicos, por ação microbiológica. O processo de biodegradação pode ocorrer em solo ou na água, e dependendo do tipo de microorganismo envolvido, pode acontecer em fase aeróbica ou anaeróbica. Ainda de acordo com estes autores a biodegradação é indispensável para a reciclagem dos elementos na biosfera, garantindo a restituição desses, na formação e crescimento dos organismos.

Ao se analisar as concepções dos alunos sobre o conceito de decomposição, percebeu-se novamente a presença de terminologias tais como: desaparecimento, destruição e diluição, utilizadas pelos alunos ao responderem a primeira questão do roteiro de entrevistas.

De acordo com Chandra e Rustigi (1998) a decomposição é um processo natural muito complexo, visto que envolve transformações de moléculas orgânicas, em componentes inorgânicos mais simples, de modo a torná-los disponíveis no ambiente para serem utilizados pelos seres vivos. Assim, fica claro, o porquê dos alunos terem apresentados tantas dificuldades ao construírem esse conceito, como comentado anteriormente há uma grande dificuldade na percepção de processos, teorias e fenômenos que ocorrem em escala micro.

Quanto às concepções modificadas observou-se um comportamento semelhante ao constatado na questão anterior, na qual se solicitava aos alunos que tentassem relacionar as modificações percebidas, ou não, na Figura 10 (A, B e C) com os conceitos de degradação, biodegradação e decomposição. Em ambos os casos, não se observou o processo de reconstrução por parte dos alunos, um indício claro de que os processos dialéticos presentes no CHD auxiliam os processos cognitivos que levam à reconstrução, porém, apenas até um determinado ponto, pois além dessa etapa é necessário que os próprios alunos tenham um maior embasamento conceitual para evoluir.

4.2 Segundo bloco de resultados (tabelas 06, 07 08 e 09)

A Tabela 06 apresenta as construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos, após a intervenção pedagógica, ao serem questionados sobre o que eles achavam que estava acontecendo com os produtos de cada dos grupos, representado na figura 10 (A, B e C), com o passar do tempo.

Tabela 06. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa posterior à intervenção), ao serem questionados sobre a primeira questão.

| Figura 1 – Polímero Sintético | Figura 2 – Polímero Natural | Figura 3 – Polímero Biosintético |
|---|---|---|
| CA1 – “Apresenta não ter mudado nada, continuam da mesma forma, se estão mudando não dá para ver”. | CA1 – “Estão mudando, se modificando, são mais frágeis, não resistem e acabam no meio ambiente quando são descartados”. | CA1 – “Estão mudando, se acabando, se decompondo”. |
| CA2 – “Aparentemente não vê ocorrer nada, continuam da mesma forma, intactos por algum período de tempo, mais irá ocorrer. Olhando a figura visivelmente e microscopicamente, não se vê nada, quando descartados no ambiente, têm agentes atuando sobre ele, mas não consegue quebrar as estruturas, pois o tempo é muito pequeno para quebrar as suas estruturas, quem sabe em um tempo maior consiga quebrar”. | CA2 – “Com o passar do tempo o polímero natural, esta perdendo algumas propriedades, algumas características, estão mudando. Por ele vir de um meio natural e retornar ao meio natural, é assimilado mais rápido ao ambiente, não desaparece”. | CA2 – “Quando descartados na natureza, também teve perda de características, mudou a aparência. No primeiro dia parecia um sintético, já a partir de 15 dias e meses, perdeu características próprias que tinha, e começam a ser assimilados ao meio”. |
| CA3 – “Não esta acontecendo nada, de acordo com o tempo ira se modificar, não esta havendo modificações”. | CA3 – “No polímero natural aparentemente dá a entender que o produto acabou só que esta havendo uma assimilação”. | CA3 – “O polímero biosintético, vai se degradar mais rápido. Nesse produto tem algumas substâncias que fazem com que seja degradado mais rápido, e ele é melhor que o sintético, porque tem uma facilidade de se degradar mais rápido”. |
| C'A3 – “Não esta acontecendo nada, de acordo com o tempo ira se modificar, não esta havendo modificações. Tem agentes no material e como ele é um polímero sintético, esses agentes não vão fazer nada com o produto, só vai acontecer alguma cosia com ele, alguma modificação, quinhentos anos, com muito, muito tempo”. | | |
| CA4 – “Não esta ocorrendo modificações na estrutura química do material, os agentes estão atuando sobre ele, mas a estrutura é muito forte para que os agentes consigam”. | CA4 – “Por ser um polímero natural sofre modificações e esta sujeito a agentes, só que esse é diferente do outro por que esse é natural e a estrutura química é fácil de ser decomposta”. | CA4 – “O polímero biosintético apresenta modificações por ter uma parte natural e outra parte artificial e é mais fácil de ser decomposto”. |
| CA5 – “Os polímeros sintéticos estão descartados na natureza, estão prejudicando a natureza, e com o passar do tempo eles continuam, por causa da sua estrutura, que é muito forte, eles continuam firmes. Agora é claro que com o passar de muito tempo ele vai sofrer degradação, mas mesmo com essa degradação é uma diminuição do material, mas vai continuar na natureza e vai continuar a agredir a natureza”. | CA5 – “O polímero natural por ele ser de uma estrutura natural, os microorganismos faz assimilar ele ao meio, por isso se decompõem rapidamente. Os microrganismos atuam mais rápidos. Com o passar do tempo à estrutura dele vai se decompondo e sendo assimilada ao meio”. | CA5 – “O polímero biosintético eles possuem uma mistura na estrutura, uma estrutura complexa com uma fácil de ser degradada, por isso sofrem degradação mais rápido, eles começam a ser assimilados ao meio mais rápido, com o passar do tempo a sua estrutura vai sendo modificada, mas rapidamente”. |
| C'A5 – “O polímero sintético por ser um material derivado do petróleo ele tem uma substância muito complexa, os microorganismos eles atuam nessa substância querendo quebrar a substância, mas pro ser muito forte precisam de um período de tempo maior, para decompor a estrutura. Com o passa do tempo eles continuam da mesma forma, mas é uma forma diferente, mas têm agentes atuam ali para quebrar a estrutura, mas não estão conseguindo, por ele não ser biodegradável, e por não ser biodegradável, os microorganismos não conseguem quebrar as estrutura com facilidade, e por isso continuam da mesma maneira com o passar do tempo”. | | |

Legenda: C (construção teórica inicial) e C' (construção teórica modificada)

- ***Considerações sobre as respostas dos alunos apresentadas na Tabela 06.***

Com relação às colocações dos alunos sobre os polímeros sintéticos, observou-se que com exceção do aluno A1, elas estão bem mais elaboradas que as explicitadas antes da intervenção. O fato da construção do aluno A1 estar abaixo da média do grupo pode ser justificado, tendo em vista que ele foi o primeiro indivíduo a ser entrevistado no CHD, o que fez com que não tivesse acesso às construções individuais e modificadas dos outros alunos.

Nessa perspectiva, observou-se que as construções do aluno A1 são igualmente deficitárias se comparada, às dos outros alunos, no que se refere aos polímeros naturais e biosintéticos. Desta forma, acredita-se que o CHD não privilegia igualmente todos os indivíduos que fazem parte do grupo. O primeiro indivíduo a ser entrevistado é privado dos processos dialéticos na sua interação como o pesquisador, visto que não tem oportunidade de compartilhar as construções dos demais, para a partir daí modificar ou não as suas próprias. Apenas na etapa final do CHD que corresponde ao consenso e que este aluno tem oportunidade de dialogar.

Embora, de modo geral, possa se dizer que houver ganhos significativos nas colocações dos alunos e que isso se deve, em parte, à intervenção aplicada, é importante, mencionar que o crescimento dos alunos não foi homogêneo. O aluno A4, por exemplo, mencionou que existem agentes que atuam na estrutura química do material, mas que eles não conseguem quebrá-las porque ela é muito forte. Já o aluno A5 explica que os polímeros sintéticos são derivados do petróleo e por isso a sua composição é muito complexa, fato que dificulta a ação dos microrganismos sobre a estrutura química. Tal fato está de acordo com o proposto na Teoria dos Construtos Pessoais, de acordo com a qual os indivíduos são únicos, bem como seus sistemas de construtos e seus processos de construção (KELLY, 1963).

Um outro ponto importante foi que os alunos perceberam claramente, que embora os produtos representados na Figura 10 - A, não tenham sofrido modificações visíveis ao longo de um ano, isso não significa dizer que de fato não houve modificações. O aluno A2 tentou

explicar que na escala microscópica existem agentes atuando de modo a promover a quebra das estruturas do material. Este é um aspecto bastante relevante uma vez que considerar processos e elementos, em escala micro e até mesmo atômica, constitui um grande avanço para a compreensão dos processos de degradação, biodegradação e decomposição.

No que concerne aos polímeros naturais, às justificativas dadas pelos alunos para as modificações observadas em função do tempo também se mostraram mais sofisticadas, e novamente a exceção foi o aluno A1, que explicou que os materiais eram mais frágeis, menos resistentes e acabavam no meio quando descartados. Em contrapartida, os alunos A2, A4 e A5, por exemplo, explicaram que o material era rapidamente assimilado pelo meio devido a sua origem natural e facilidade que os microrganismos tinham para atuar.

Apesar dos alunos terem conseguido estabelecer relações entre a rapidez do processo, a fácil ação dos microrganismos e a origem natural dos polímeros em questão, em momento algum eles mencionaram a composição desses polímeros naturais, nem estabeleceram comparações entre estes e os polímeros sintéticos.

Com relação aos biosintéticos, o que se observou foi uma diversidade de justificativas para o que estaria ocorrendo com os produtos representados nas imagens A, B e C (figura 10). O aluno A2, por exemplo, tentou justificar as modificações observadas estabelecendo uma relação com os sintéticos nos 15 primeiros dias e com os polímeros naturais no restante do tempo. O aluno A4 também se encaminhou neste sentido, tentando explicitar que o polímero biosintéticos tem uma parte natural e uma sintética. Os demais, com exceção do aluno A1, fazem menção à perda de características e à estrutura química como aspectos que determinam as modificações observadas.

Novamente observou-se que as construções teóricas modificadas se restringiram aos polímeros sintéticos. Contudo, vale destacar a reconstrução do aluno A5, uma vez que esta apresentou um diferencial em relação aos demais. Este aluno num primeiro momento incorporou às suas colocações iniciais informações citadas por outros alunos que foram

entrevistados antes dele e também, num segundo momento, implementou novos pontos que não haviam sido até então citados, por nenhum dos participantes do CHD.

Essa reconstrução foi particularmente relevante visto que não apenas explicitou a importância da dinâmica do CHD nos processos cognitivos dos alunos, mas, também a relevância da intervenção, propriamente dita, em fornecer subsídios conceituais, que os auxiliem nesses processos, seja na forma de novos elementos ou de novas perspectivas de análise sobre as concepções prévias dos mesmos.

O fato de a intervenção didática ter sido estruturada com base no Ciclo da Experiência tornou-a muito mais significativa, o que se reflete no grau de sofisticação das modificações observadas neste segundo bloco de um modo geral. De acordo com Kelly (1963), só há modificação nos sistemas de construtos ou nos processos de construção, quando os indivíduos estão verdadeiramente engajados na experimentação de um evento, entendendo-se por experimentação um processo complexo, composto pelas etapas de antecipação, investimento, encontro, validação e revisão construtiva, tal como explicitado no ciclo.

Ao estruturar a intervenção didática nas cinco etapas que compõem o Ciclo da Experiência, tanto o professor como os alunos são beneficiados. O primeiro porque adequou o seu conjunto de atividades didáticas a uma seqüência pré-estabelecida com base em uma teoria cognitiva, enquanto o aluno usufrui uma seqüência que visa estimular ao máximo os seus processos cognitivos, propiciando maior aprendizagem.

A Tabela 07 apresenta as construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos, a pós a intervenção pedagógica, ao serem questionados sobre o que eles achavam que estava acontecendo com os produtos de cada dos grupos, representado na figura 10 (A, B e C), com o passar do tempo (2ª questão).

Tabela 07. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa posterior à intervenção), ao serem questionados sobre a segunda questão.

| Figura 1 – Polímero Sintético | Figura 2 – Polímero Natural | Figura 3 – Polímero Biosintético |
|--|---|--|
| A1 – “São mais resistentes. Algum componente quando foram fabricados, deram mais resistência ao produto e o torna tão resistente que o meio ambiente não consegue decompor”. | A1 – “Ocorrem modificações. Não possuem composição química igual a dos sintéticos, por isso, se modificam. As modificações são vistas como estivessem se acabando por não terem uma composição resistente”. | A1 – “Estão mudando, estão se modificando. Possuem a mesma estrutura dos sintéticos, ou seja, podem ser feitos os mesmos objetos, mas não a mesma composição. A composição é diferente”. |
| A2 – “Não teve modificação, por causa da estrutura de como ele é formado, a sua estrutura química, as suas ligações. As ligações são tão fortes, que os organismos vivos que existem na natureza não conseguiram penetrar, decompor”. | A2 – “Existem modificações, não só por ser um polímero natural, mas por ter vindo de um meio natural, e quando descartados novamente no meio, é assimilado mais rápido, tem uma decomposição mais rápida, por que o meio já o reconhece. Os seres que existem no meio ambiente, quando se deparam com o polímero natural, com a sua estrutura, entram nele e o decompõem e o assimilam mais rápido”. | A2 – “No polímero biosintético houve modificações, por causa da sua estrutura química. Os produtos que foram constituídos podem ser tão fortes como o sintético, mas a constituição é totalmente diferente. A sua constituição o meio decompõe e assimila mais rápido com um tempo menor que o sintético”. |
| A3 – “Não esta havendo modificações porque o produto por si só não faz com que haja modificação, isso é porque o jeito que ele foi produzido. Ele é mais duro”. | A3 – “O polímero natural em pouco tempo vai se decompor. Ele por ser natural, não tem nenhum composto químico artificial que faça com que o meio ambiente não o decompõe, e como vai para o meio ambiente e é natural, vai ter uma facilidade de haver assimilação”. | A3 – “O polímero biosintético ele tem uma composição química diferente do sintético e por isso, com o tempo ele vai se degradar mais rápido que o sintético”. |
| A4 – “O polímero sintético não apresenta modificações. Por ser um produto derivado do petróleo, tem uma estrutura muito complexa e forte, e precisa de muito tempo para que ocorra alguma modificação na estrutura do material. Quando fabricados nesses produtos foi colocado alguma substância para eles durarem por mais tempo”. | A4 – “O polímero natural há modificações. Por ser conhecido da natureza e apresentar também estrutura química conhecida do meio, facilita a sua decomposição e assimilação”. | A4 – “O polímero biosintético há modificações. Por ter uma parte natural e outra artificial, isso facilita a sua decomposição; por ser conhecido do meio e a estrutura química conhecida do meio”. |
| A5 – O polímero sintético com um período de tempo curto, não há modificações, por causa da sua estrutura que é muito complexa. Então, os microorganismos, os agentes, não conseguem quebrar a sua estrutura para que ele seja assimilado ao meio, perda características, facilmente. Então ele precisa de um tempo muito grande para que os microorganismos consigam fazer com que ele mude as suas características. | A5 – “Observo a modificação no polímero natural, por ser uma substância natural, tem como os agentes e os microorganismos atuarem neles e começar a sofrer a perda de características e assimilação ao meio aonde eles forem jogados. Então, esses produtos se eles forem descartados na natureza, eles podem virar adubo”. C’A5 – “No polímero natural há modificação por ter uma estrutura química natural, e quando se encontrar no meio natural, os microorganismos, os agentes têm mais capacidade de decompor esses produtos e assimilar ao meio”. | A5 – “Há modificações no polímero biosintético, por ser um produto biosintético ele tem uma estrutura química misturada, os agentes, os microorganismos conseguem quebrar decompor, quebrara a sua estrutura e decompor”. C’A5 – “Os polímeros biosintéticos têm uma estrutura natural e um pouco de estrutura química artificial, é uma coisa superficial, só para moldar o material, mas ele é natural e como ele tem uma estrutura maior e em maior quantidade, natural ele se torna biosintético, tendo como os agentes, os microorganismos atuassem nele e quebrar a sua estrutura e assimilar ele mais facilmente ao meio”. |

Legenda: C (construção teórica inicial) e C’ (construção teórica modificada)

- ***Considerações sobre as respostas dos alunos apresentadas na Tabela 07.***

As construções teóricas iniciais dos alunos sobre as possíveis causas das modificações observadas nas imagens A, B e C (figura 10), após a intervenção pedagógica (ver pág. 59) indicaram que os alunos apresentaram respostas mais próximas do conhecimento científico. A maioria deles, por exemplo, pontuou a existência de uma relação entre a composição do material e o tempo de decomposição do mesmo. O papel dos microorganismos no processo de decomposição também foi pontuado.

Contudo ainda existem erros conceituais, o aluno A2, por exemplo, introduziu um novo elemento em sua discussão, as ligações químicas, mas não conseguiu correlacionar de maneira satisfatória como a ligação ou o tipo de ligação poderia influenciar a resistência dos materiais aos fatores ambientais.

A questão das ligações químicas foi tratada durante a intervenção didática na segunda etapa do Ciclo da Experiência (Investimento). Essa etapa teve como objetivo discutir alguns aspectos relacionados à química dos polímeros, como por exemplo, a cadeia carbônica, a ligação covalente, os arranjos espaciais da cadeia, a presença de átomos como oxigênio, nitrogênio, enxofre na cadeia principal e de que modo esses aspectos seriam determinantes de propriedades e no comportamento dos polímeros naturais, sintéticos e biosintéticos. Essa discussão embora muito direcionada para a química orgânica era essencial, por fornecer subsídios que permitiriam aos alunos em etapas posteriores, compreender de maneira mais aprofundada os processos de degradação, biodegradação e decomposição, e co-relacionar esses processos com os diferentes tipos de polímeros.

Desta forma, pode-se observar que a utilização do tema contemporâneo bioplásticos como elemento de contextualização para a construção dos conceitos de degradação, biodegradação e decomposição, requer uma abordagem multidisciplinar, ou seja, pontuando aspectos de outras áreas como biologia, ecologia, química e materiais. Como comentado anteriormente, abordagens contextualizadas e multidisciplinares trazem inúmeros benefícios

para os processos de ensino-aprendizagem, visto que tornam os processos mais significativos e menos fragmentados, ao vincularem conteúdos da base nacional comum com temas contemporâneos da atualidade (DOMINGUES et al., 2000).

Assim, verificou-se que o aluno A2, embora tenha mencionado a questão da ligação, não conseguiu usá-la de maneira apropriada. Acredita-se que essa dificuldade possivelmente esteja relacionada ao fato desses alunos especificamente, terem deficiências na sua formação em química, visto que freqüentemente há falta de professores de química durante o ano letivo, o que compromete a aprendizagem de muitos conteúdos.

No que diz respeito aos polímeros sintéticos, os principais pontos abordados pelos alunos foram o fato da resistência dos polímeros estar relacionada com os seus processos de fabricação e à eventual incorporação de aditivos em sua produção; e o fato desses materiais serem derivados do petróleo.

No que concerne aos polímeros naturais, às construções dos alunos remeteram, embora que indiretamente, aos conceitos de biodegradabilidade e compostabilidade, estando este conceito bastante explícito na colocação do aluno A5, quando ele mencionou ao ser descartado na natureza poderia no futuro vir a ser adubo.

Por fim, com relação aos biosintéticos, as construções mais interessantes foram aquelas nas quais os alunos mencionaram a presença de uma parte artificial e outra natural, como determinante da rapidez no processo de degradação do material. É importante mencionar que, antes da intervenção, a idéia que prevalecia nas construções dos alunos remetia à baixa qualidade desse tipo de material.

No que diz respeito às construções teóricas modificadas dos alunos, pode-se perceber que até então (primeiro bloco inteiro e primeira questão do segundo bloco), as reconstruções estavam relacionadas em sua maioria, aos polímeros sintéticos. Todavia, a partir dessa segunda questão do segundo bloco, observou-se uma alteração no comportamento dos

alunos que passaram a concentrar suas reconstruções no tocante aos polímeros naturais e biosintéticos.

Acredita-se que esse comportamento deva-se ao fato dos alunos possuírem mais subsídios conceituais para diferenciar as causas das modificações que vem sendo observadas nas imagens B e C (figura 10), que correspondem aos polímeros naturais e biosintéticos. Um outro aspecto que poderia ter influenciado no fato das reconstruções dos alunos estarem centradas nos polímeros naturais e biosintéticos deve-se a uma melhor compreensão do fenômeno de degradação na escala microscópica.

A seguir, tem-se a Tabela 08 que apresenta as construções dos alunos com relação à figura 10 (A, B e C) ao serem solicitados para estabelecer relações entre as modificações observadas ou a ausência delas com os processos de degradação, biodegradação e decomposição (3ª questão).

Tabela 08. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa posterior à intervenção), ao serem questionados sobre a terceira questão.

| Figura 1 – Polímero Sintético | Figura 2 – Polímero Natural | Figura 3 – Polímero Biosintéticos |
|--|---|--|
| A1 – “Não vejo nenhum dos processos, porque não apresenta nenhuma forma de modificação em nenhum dos tempos em que o material passou. Não vejo nenhum dos processos, pelo menos nesse momento não”. | A1 – “Degradação: porque esta mostrando que os materiais estão sendo destruindo e biodegradação: eles estão se acabando, mas com ação de fungos, de bactérias”. Não tem decomposição: esse material não pode ser transformado em outro. | A1 – “Os três processos. Degradação porque o material esta sendo destruindo, se acabando. Biodegradação porque se estiverem jogados ao meio ambiente, fungos e bactérias podem atuar sobre eles e fazerem com sejam destruídos. Decomposição porque eles podem esta ser destruído, mas restar algo e mesmo desgastados, se transformar em outro material, não o mesmo”. |
| A2 – “Agora, não consigo ver nenhum dos processos. Por que é pouco tempo para se vê alguma coisa, são iguais. Pode ter agentes agindo sobre ele, mas não dá para ver. Não teve nenhuma perda de característica, não mudou nada na aparência, continua do mesmo jeitinho. Quem sabe daqui a alguns séculos”. | A2 – “Tem os três processos. Degradação: Teve perda de características, de propriedades. Biodegradação: Os agentes agiram mais rapidamente (os microrganismos vivos que existem na terra). Além de agir sobre ele, por vir de um meio natural, vão ser assimilados mais rápidos. Decomposição: No primeiro dia, o material estava complexo, a partir do tempo ele vai se tornando mais simples, mais degradado”. | A2 – “Os três processos. Degradação: Mudou na aparência, teve perda também de suas características, de suas propriedades. Biodegradação: por estar ligada a degradação e têm agentes agindo sobre o material, os microrganismos estão atuando sobre ele. Decomposição: Estava complexo, e vai se tornando mais simples, e vai se assimilando ao meio, com menos tempo que o sintético”. |
| A3 – “Nenhum dos processos. Por que a degradação é a perda de características, e esse produto já foi produzido para resistir, então não pode haver a degradação agora; futuramente. A biodegradação liga a degradação, se não houver a degradação, não vai ter a biodegradação, e sem a biodegradação não vai poder ter a decomposição”. | A3 – “No polímero natural esta havendo os três, a degradação porque ele esta perdendo as características, a biodegradação porque os microrganismos esta conseguindo penetrar no material e fazer com que seja transformado e a decomposição, ele vai se transformar numa substância mais simples”. | A3 – “O polímero biosintético ele vai ter as três fases como o polímero natural, diferente do sintético. Degradação vai perder características em pouco tempo, a biodegradação, porque havendo a degradação vai favorecer para que os microrganismos atuem nesse produto e a decomposição porque vai ser transformado numa substância mais simples”. |
| A4 – “Não esta acontecendo nenhum dos três processos. A degradação porque é um período muito pequeno para ocorrer perda de características. A biodegradação precisa ter ação de microrganismos, eles estão aqui, mas a estrutura é muito forte. A decomposição também precisa de um tempo maior, o polímero sintético é uma substância orgânica composta e precisa de um tempo maior para se transformar numa inorgânica simples”. | A4 – “No polímero natural esta havendo a degradação, porque esta ocorrendo à perda de característica, a biodegradação também porque o material esta sujeito aos microrganismos, que conhecem a estrutura do polímero natural e esta acontecendo também à decomposição porque o material orgânico composto irá se transformar em inorgânico simples”. | A4 – “No polímero biosintético esta ocorrendo à degradação, porque esta ocorrendo também à perda de característica, a biodegradação por ser também conhecida do meio e estar sujeito a microrganismos e a decomposição porque ele esta passando de uma estrutura orgânica complexa para uma mais simples”. |
| A5 – “Não vejo nenhum dos três processos. Porque degradação não estar perdendo a suas características, continuam do mesmo jeito ao passar até um ano, pode ser que futuramente haja degradação, mas aqui não vejo. Também não vejo a Biodegradação futuramente possa ser que ocorra, mas agora também não estar, esta sofrendo a ação microrganismos, mas a ação não estar conseguindo quebrar a sua estrutura. Não esta acontecendo à decomposição não ficam de um estágio macro para micro, eles não esta sofrendo uma ação que tornem ele mais simples para que possa ser assimilado ao meio”. | A5 – “Vejo os três processos. A degradação eles estão tendo perda de características. Biodegradação os microrganismos estão agindo quebrando a sua estrutura e a decomposição por que a sua estrutura estão sendo transformada em uma estrutura mais simples e estão sendo assimilados ao meio”. | A5 – “Também vejo os três processos. A degradação porque esse material estar perdendo as suas características próprias, se transformando. Biodegradação: os agentes, microorganismos (bactérias e fungos), estão agindo sobre ele, transformando esse material e assimilando-o ao meio e a decomposição porque esta se formando numa substância mais simples”. |

Legenda: C (construção teórica inicial) e C' (construção teórica modificada)

- ***Considerações sobre as respostas dos alunos apresentadas na Tabela 08.***

Essa questão teve como objetivo descobrir se os alunos conseguiriam relacionar as modificações observadas na figura 10 (A, B e C) ou causas dessas modificações com os processos de degradação, biodegradação e decomposição.

Observou-se que os alunos conhecem melhor o processo de degradação, biodegradação e decomposição, bem como os muitos aspectos envolvidos em cada um deles e por isso, conseguiram relacionar as esses processos, as modificações observadas nas imagens A, B e C da figura 10, de maneira muito mais consistente. Vale salientar que há uma homogeneidade entre as respostas do grupo, o que não era observado antes da intervenção didática.

Contudo, a grande modificação observada nas construções dos alunos referiu-se ao fato dos mesmos não tentarem mais associar determinado processo a determinado polímero, percebendo claramente que esses processos ocorriam simultaneamente e estavam presentes, quando do seu descarte, independente do tipo de polímero em questão.

Essa percepção de que os processos de degradação, biodegradação e decomposição ocorriam simultaneamente, resultou das atividades realizadas na quarta etapa do Ciclo da Experiência (Validação). Neste momento, espécimes de polímeros sintéticos, naturais e biosintéticos (estes últimos confeccionados pelos próprios alunos – bioplásticos), foram submetidos à ação de diferentes fatores abióticos. A realização dessa atividade e seu acompanhamento por 15 dias, com anotações de todas as modificações observadas nos materiais e a discussão sobre aquelas que não eram observadas a olho nu, ou que não poderiam ser observadas em função do curto espaço de tempo, foi fundamental para esta alteração nas construções dos alunos. Assim, acreditamos que esta percepção dos processos como simultâneos representa um ganho significativo em se tratando dos conceitos em questão.

Semelhantemente, como no primeiro bloco (questão 3 – tabela 4), os alunos não apresentaram re-construções após suas respostas iniciais, porém, diferentemente de suas colocações anteriores, em que os alunos mantiam posturas inseguras e não percebiam informações importantes nas respostas dos outros alunos ou estavam extremamente seguros de suas respostas, e isso o faziam descartar informações que os contradissem.

Após a intervenção, o que se percebeu foi que os alunos apresentavam respostas mais homogêneas, bem coerentes e muito próximas entre si, o que pode ter evidenciado tais ausências. Isso nos remete ao corolário da comunalidade em que os indivíduos podem apresentar similaridades em suas construções ou posições a partir de uma mesma experiência.

A Tabela 09 apresenta as construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos, após a intervenção pedagógica, na qual se têm as construções dos alunos com relação à figura 10 (A, B e C) quando eles foram solicitados, a explicar com suas palavras, o que entendiam por degradação, biodegradação e decomposição (4^a questão).

Tabela 09. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (etapa posterior à intervenção), ao serem questionados sobre a quarta questão.

| Degradação | Biodegradação | Decomposição |
|---|---|---|
| CA1 - “É a destruição de um material”. | CA1 - “É a destruição de um material, com a ação de alguns seres da natureza, por exemplo, bactérias e fungos”. | CA1 - “É a transformação de material desgastado em um outro tipo de material, não o mesmo”. |
| CA2 - “Perda de características, propriedades do material, perda da aparência. No começo o material era constituído de uma coisa, mas depois passou a perder essa constituição, essas propriedades, que tinha no começo, e que depois de algum tempo não tem mais. A degradação é subdivida em fotodegradação pela luz solar, a quimiodegradação pelas enzimas e biodegradação pelos microrganismos”. | CA2 - “Se relaciona com a degradação. Os microorganismos vivos, que existem no ambiente e ao redor da gente, agem sobre o material, fazendo com ele penetrem nas estruturas, e vai decompondo. A biodegradação pode ocorrer na forma aeróbica e anaeróbica. Na biodegradação fungos e bactérias e outros microorganismos que existem na natureza, atuam no material, também os fatores naturais água, solo, umidade”. | CA2 - “Ter um material bem complexo e ir se decompondo aos poucos, se formando num material mais simples, e daí servi de alguma utilidade para o ser vivo”. |
| CA3 - “É quando o produto esta perdendo características. Existem três tipos de degradação; a fotodegradação pela luz, a quimiodegradação pelas enzimas, que cada uma tem sua função e a biodegradação pelas bactérias e fungos”. | CA3 - “É a atuação dos microrganismos no material”. | CA3 - “É um produto complexo que é transformado numa substância mais simples para favorecer o meio”. |
| Crítica para A1 - “É a destruição de um material” – deu a entender que é instantaneamente, e não é assim instantaneamente, existem certos processos; certas fases. | | |
| CA4 - “Modificação na estrutura na estrutura física e química do material, na aparência”. | CA4 - “É a decomposição do material sobre a ação de microrganismos”. | CA4 - “É a quebra da reação de um material orgânico composto, para um simples inorgânico”. |
| | | C'A4 “Um produto complexo é transformado numa substância mais simples para favorecer o meio”. |
| CA5 - “É a perda de características e de propriedades, de um determinado material. Esse material pode sofrer alteração tanto química quanto física. A degradação pode ocorrer pela quimiodegradação (pelas enzimas), fotodegradação quando o material sofre alteração pela os raios ultravioleta do sol, e biodegradação (pelos microrganismos, como fungos e “bactérias”). | CA5 - “É a ação dos microrganismos como bactérias e fungos, que tem em seus componentes as enzimas para quebrar um determinado material, a sua estrutura para que possa ser assimilado ao meio. Pode ser aeróbica e anaeróbica”. | CA5 - “É quando um material passar de um estagio macro para micro e ocorre perda de característica na sua composição e a sua estrutura passa para um estagio mais simples, e esse estágio mais simples, ele beneficia a sua assimilação ao meio”. |

Legenda: C (construção teórica inicial) e C' (construção teórica modificada)

- **Considerações sobre as respostas dos alunos apresentadas na Tabela 09.**

Em linhas gerais pode-se dizer que após a nova aplicação do CHD ao término da intervenção didática as maiores modificações observadas nas construções dos alunos foram sobre o conceito de degradação. Uma outra modificação marcante explicitada pelo grupo diz respeito às subdivisões do processo de degradação em quimiodegradação, fotodegradação e biodegradação. Também se destaca o surgimento de alguns aspectos tais como: a transformação de materiais ou objetos de dimensões macroscópicas em moléculas e compostos de dimensões microscópicas e, sua posterior quebra em elementos mais simples (átomos), embora seja importante mencionar que esses aspectos eventualmente não estão muito claros nas construções dos alunos, mas acredita-se que a sua mera inclusão já seja bastante significativa. Ainda com relação ao processo de decomposição percebeu-se que os alunos compreenderam a questão da assimilação.

No que concerne especificamente ao conceito de biodegradação, vale apenas destacar algumas construções elaboradas pelos alunos, através das quais pode se observar o seu grau de evolução, com relação ao conceito em questão. O aluno A2, por exemplo, explicou que para realizar esse processo há necessidade dos microrganismos atuarem em conjunto com fatores abióticos. Novamente o aluno A2 juntamente com o aluno A5 explicitaram que a biodegradação poderia ocorrer sobre duas formas, aeróbica e anaeróbica, conforme (BRAGA et al., 2002), mas não fizeram menção aos produtos finais desses processos com relação à ausência ou presença de oxigênio.

Esses alunos também tentaram descrever como o processo de biodegradação poderia ocorrer: o aluno A2 elaborou a seguinte seqüência, *microrganismos* \Rightarrow *material (estrutura)* \Rightarrow *decomposição*, enquanto a seqüência do aluno A5 foi, *microrganismos* \Rightarrow *enzimas* \Rightarrow *material (estrutura)* \Rightarrow *assimilação*. Desse modo, percebeu-se que os alunos começaram a considerar e a utilizar elementos fora da escala visual, para poder descrever o processo.

Por fim, no que concerne ao processo de decomposição o grande diferencial observado foi à percepção de que há transformação de um material mais complexo para mais um mais simples e que isso traz benefícios ao meio ambiente.

Quanto às considerações modificadas, observou-se apenas para o conceito de decomposição.

Nesta perspectiva, é importante mencionar que ao longo de todo o processo, seja antes ou depois da intervenção, o aluno A5 foi o que apresentou maior número de re-construções. Acredita-se que esse número de re-construções deva-se ao fato desse aluno ser o último no círculo de entrevistas, tendo acesso a todas as construções dos outros alunos. Desta forma, ele pôde utilizá-las para re-estruturar suas construções teóricas iniciais, incorporando novas informações e terminologias. Também é importante considerar a disposição do aluno em analisar a opinião dos outros e rever a sua própria, o que nos remete a aspectos da personalidade do indivíduo como o seu grau de comunicação, de compromisso e de extroversão. Desta forma, pôde construindo novos construtos através da experiência vivida na leitura dos outros alunos e por meio da própria experimentação em sala de aula.

No que concerne aos aspectos da personalidade de um indivíduo, Hall et al. (2000) mencionam que a construção da realidade ou de sua interpretação esta relacionada com o sistema de construtos pessoais desenvolvidos pelo ser humano, o que se verificou que quando o indivíduo revisa as suas colocações, ele tende a re-construir suas opiniões de maneira mais bem explanada. O aluno A5, através de suas colocações, remete ao corolário da escolha, que segundo Bastos (1998), esse enfatiza que as mudanças se apresentam de dentro para fora, por meio das alterações de seu comportamento. Desta forma, este aluno foi entre os demais, o que se pode perceber tal condição, uma vez que reviu suas colocações, analisou suas hipóteses, explicitou suas idéias, realizou suas interpretações individuais da realidade presente, e isso o fez se engajar no processo e participar dele.

Assim, essa consideração a respeito do maior número de construções do aluno A5 ganha força ao ser comparada com as construções do aluno A1. Este aluno geralmente apresentou opiniões mais pobres que os demais, principalmente se comparado com o aluno A5, indicando um menor nível de rendimento. Isto pode estar associado a uma falta de participação mais ativa no CHD ou por este, ser o primeiro indivíduo a ser entrevistado, o que não o permitiu rever suas concepções, fazer críticas ou mudar suas opiniões em função das construções dos demais alunos.

Um ponto relevante a ser destacado nessa seção, diz respeito à consideração feita pelo aluno A3 para o aluno A1, em que o primeiro aluno criticou a postura do segundo, quanto a sua colocação sobre o processo de degradação, salientando que para ocorrer tal processo são necessárias certas fases. Esse fato é importante, visto que em outro momento até então, não se verificou tal postura por parte de nenhum dos alunos, embora que para cada pergunta era solicitado, que eles poderiam fazer algum comentário ou crítica sobre as colocações dos outros. Isso pode ter acontecido porque este aluno considerou a solicitação ou compreendeu que fazendo algum comentário ou crítica sobre as respostas do outro, em nenhum momento desconsiderava sua colocação, nem tampouco menosprezava o seu colega quanto ao seu conhecimento do processo em discussão.

4.3 Terceiro bloco de resultados (tabelas 10, 11, 12 e 13)

Nas Tabelas 10, 11, 12 e 13 apresentadas a seguir, têm-se os resultados coletados (consensos) em etapa anterior e posterior à intervenção pedagógica, referentes às respostas dos alunos as questões 1, 2, 3 e 4 do roteiro de entrevistas (pág. 58).

Tabela 10. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (consensos), coletadas em etapa anterior (inicial) e posterior (final) a intervenção pedagógica, (1ª questão).

| CONSENSO - 1 | | |
|------------------------------|--|--|
| | Inicial | Final |
| Polímero Sintético | “A figura mostra um material aparentemente resistente, mas com o passar do tempo, bem logo, esse material entrará em decomposição”. | “Não esta ocorrendo modificações na sua estrutura química e física”. |
| Polímero Natural | “Por não ter processos químicos e ser desenvolvido por meio natural, eles se decompõem mais rápido”. | “Ele esta se modificando porque a sua estrutura é natural e conhecida do meio”. |
| Polímero Biosintético | “Por serem biosintéticos, esses produtos desaparecem com maior facilidade, eles tem uma modificação mais rápida, no período de tempo bem curto”. | “Esta havendo modificações, porque esta mudando a sua aparência, e está tendo perda de propriedades e características próprias do material”. |

Legenda: **C** (construção teórica inicial) e **C'** (construção teórica modificada)

- ***Considerações sobre as respostas dos alunos apresentadas na Tabela 10.***

Em linhas gerais, pode se dizer que os alunos ao reportarem o que observavam na figura 10 (A, B e C) com o passar do tempo, utilizaram terminologias diversas como decomposição, desaparecimento e modificação, para explicar as suas observações. O uso de múltiplas terminologias demonstra que eles não têm certeza sobre qual seria mais adequada, ou seja, eles não dominam os conceitos em questão. Após a intervenção didática, a terminologia que predomina é modificação, estando esta associada a explicações mais coerentes e lógicas com relação ao observado na figura 10.

No que concerne aos polímeros sintéticos, figura 10 (A), inicialmente no consenso construído pelo grupo, verificou-se que os alunos explicaram que o material apresentou resistência, porém, este, em função do tempo viria a sofrer decomposição. Em suas respostas após a intervenção didática, os alunos mencionaram não perceberam alguma alteração “visível”, pois isso estava associado à estrutura química e física do polímero.

Esse fato nos remete, novamente, a uma discussão sobre os fenômenos em escala microscópica, o que vem demonstrar que em se tratando de assuntos que envolvem esse tipo de abordagem, os alunos possuem dificuldades em compreender e expressar opiniões a respeito.

Quanto aos polímeros naturais, figura 10 (B) observou-se que o grupo inicialmente fez considerações explicando que este tipo de polímero, sofre decomposição, visto que o material não é produzido artificialmente e surge do próprio meio. Posteriormente, o grupo mantém a idéia inicial, porém, as explicações são apresentadas de maneira mais sofisticada.

Por fim, tem-se os biopolímeros sintéticos, figura 10 (C). O grupo no primeiro momento colocou que esse tipo de material desaparece com maior facilidade em função do tempo, por ser um produto biosintético, ou seja, o fator bio é que tornou o material mais susceptível a decomposição. No segundo momento, os alunos colocam que o material apresentou

modificações observáveis em sua aparência, propriedades e características, porém, não mencionaram nada sobre a constituição do material e o fato dela estar relacionada com essas modificações.

Logo abaixo, tem-se a Tabela 11 que apresenta as construções teóricas iniciais e finais dos alunos (consenso), com relação à figura 10 (A, B e C) quando argüidos sobre a segunda questão do roteiro de entrevistas.

Tabela 11. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (consensos), coletadas em etapa anterior (inicial) e posterior (final) a intervenção pedagógica, (2ª questão).

| CONSENSO - 2 | | |
|------------------------------|--|---|
| | Inicial | Final |
| Polímero Sintético | “Não teve modificações, pois o material necessita de um tempo maior para decompor, por causa de sua composição química”. | “Não esta havendo ainda modificações, por causa de sua estrutura que é muito complexa, tanto física quanto química. Por isso, os microrganismos e os intempéries não conseguem penetrar facilmente, para que haja a assimilação ao meio”. |
| Polímero Natural | “Teve modificações por não ter substâncias químicas artificiais em sua composição, se decompõem no meio natural, formando outras substâncias e vão desaparecer no tempo bem curto, por ser natural”. | “Há modificações, por ter uma estrutura química natural conhecida do meio. Com isso, os microrganismos e os agentes intempéries, têm a capacidade de decompor e assimilar estes produtos ao meio”. |
| Polímero Biosintético | “Teve modificações por sua composição ser de um material mais fraco e por ser biosintético”. | “Houve modificações, por sua estrutura ser natural em sua maioria e um pouco artificial e por esse fato, eles se assimilam mais rapidamente ao meio, com o tempo menor que o sintético”. |

- ***Considerações sobre as respostas dos alunos apresentadas na Tabela 11.***

O consenso do grupo antes e após a intervenção não sofreu grandes alterações. Em linhas gerais, os alunos pontuaram o fato dos polímeros sintéticos não sofrerem modificações enquanto que os biosintéticos e os naturais eram mais susceptíveis a elas em função do tempo. As justificativas apontam para as diferenças na composição e estrutura química, estando mais elaboradas ao final da intervenção como seria o esperado.

Com relação às justificativas dos alunos quanto ao comportamento dos polímeros naturais e biosintéticos em função do tempo percebeu-se que não se limitaram a pontuar a origem natural, mas também consideraram a ação de microrganismos e do intemperismo, os quais facilitariam os processos de decomposição. No caso dos biosintéticos a idéia de que o material seria fraco foi substituída pela idéia do material ter dupla origem: uma parte artificial e outra natural, fato que permitiria a sua decomposição e assimilação pelo meio.

É importante comentar que os alunos parecem ter compreendido que o fato de um material não poder ser observado macroscopicamente, isso não significa necessariamente que ele desapareceu, visto que pode estar sendo assimilado ao meio na forma de estruturas mais simples invisíveis ao olho nu.

A Tabela 12 apresenta as construções teóricas iniciais e finais dos alunos (consenso), com relação à figura 10 (A, B e C) quando o grupo foi questionado a estabelecer relações entre as modificações observadas ou a ausência delas com os processos de degradação, biodegradação e decomposição (3ª questão).

Tabela 12. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (consensos), coletadas em etapa anterior (inicial) e posterior (final) a intervenção pedagógica, (3ª questão).

| | | CONSENSO - 3 | |
|------------------------------|---|---|-------|
| | | Inicial | Final |
| Polímero Sintético | “Não vimos nenhum processo, só futuramente que pode ocorrer”. | “Não tem degradação (perda de características) continua do mesmo jeito por causa do pouco tempo. Também não tem biodegradação, futuramente pode ser vista esta sofrendo a ação de microrganismos, mas a ação não esta conseguindo quebrar a sua estrutura pelo material ser muito resistente e não esta acontecendo à decomposição, pois o material não esta passando de um estágio macro para micro, e eles não estão sofrendo uma ação que a sua estrutura fique mais frágil, para que haja a sua assimilação do meio”. | |
| Polímero Natural | “Tem os três processo, pelos conceitos que formamos. Degradação – esta havendo o desaparecimento; biodegradação; é parecido coma degradação e decomposição está formando outras substâncias”. | “Esta havendo os três. A degradação porque eles esta perdendo as características, a biodegradação porque os microrganismos estão conseguindo penetrar no material e fazer com que seja transformado e a decomposição, ele vai se transformar numa substancia mais simples”. | |
| Polímero Biosintético | “Tem os três processos pelos mesmos motivos anteriores”. | “Há os três processos. A degradação porque esse material perde características próprias. Biodegradação os microorganismos (fungos e bactéria) estão agindo sobre eles, transformando esse material e assimilando-o ao meio e a decomposição porque esta se formando numa substância mais simples”. | |

Legenda: C (construção teórica inicial) e C' (construção teórica modificada)

- ***Considerações sobre as respostas dos alunos apresentadas na Tabela 12.***

O grande ganho observado após a intervenção, com relação aos polímeros sintéticos consiste no fato do grupo manter a idéia de não se pode observar nenhum dos processos, o que não significa que eles não estejam ocorrendo, ou que não venham ocorrer a longo prazo.

Também o fato do grupo considerar presença dos três processos independente do tipo de polímero pode ser considerado significativo, embora eles ainda se mostrem reticentes, no caso dos polímeros sintéticos, visto o tempo necessário para que esses processos venham a ocorrer.

Na Tabela 13 apresenta as construções teóricas iniciais e finais dos alunos (consenso), após a intervenção pedagógica, com relação à figura 10 (A, B e C) quando o grupo foi questionado a explicar o que entendia sobre os processos de degradação, biodegradação e decomposição (4^a questão).

Tabela 13. Construções teóricas iniciais e modificadas dos alunos (consensos), coletadas em etapa anterior (inicial) e posterior (final) a intervenção pedagógica, (4ª questão).

| | CONSENSO - 4 | |
|----------------------|--|--|
| | Inicial | Final |
| Degradação | “É a destruição, desaparecimento ou modificação dos materiais”. | “Perda das características e propriedades de um determinado material, podendo sofrer alteração tanto química, quanto física. A degradação é subdividida em quimiodegradação (ação de enzimas através de microrganismos); fotodegradação (pela luz solar) e biodegradação (pelos microrganismos fungos e bactérias)”. |
| Biodegradação | “Tem algo ligação com a degradação, só que agora por um processo biológico”. | “Tem ligação com a degradação. É a decomposição da matéria sobre a ação de microrganismos, e outros fatores que existem na natureza: água, solo e umidade. Pode ocorrer de duas formas: aeróbica ou anaeróbica, através dos fungos e bactérias”. |
| Decomposição | “É o desaparecimento gradativamente de um material”. | “É quando o material para de um estado macro para micro e ocorrendo a perda de características na sua composição, e a sua estrutura passa de um estágio mais simples, facilitando a sua assimilação ao meio. Existem outros seres que participam do processo da decomposição como minhocas e insetos”. |

Legenda: **C** (construção teórica inicial) e **C'** (construção teórica modificada)

- ***Considerações sobre as respostas dos alunos apresentadas na Tabela 13.***

Observa-se que a concepção inicial do grupo sobre o conceito de degradação se apresenta muito vaga, visto que envolve processos de “destruição”, de “desaparecimento” e de modificação dos materiais. A “destruição” e o “desaparecimento” mencionados pelos alunos consistem numa terminologia do senso comum, estando intimamente relacionada a conclusões meramente intuitivas. Assim, não há qualquer base científica dando sustentação a esses processos tal como colocados pelos alunos. Já quando mencionaram o processo de modificação do material, o grupo usou uma terminologia mais próxima da definição científica, uma vez que de acordo com Souza e Lopes (1993) e Santos et al. (1999) a degradação consiste num processo no qual se tem a perda de propriedades ou características de um determinado material, implicando em uma modificação de sua aparência, o que seria ocasionado por alteração em suas propriedades físicas ou em sua estrutura química.

É possível perceber que na concepção do grupo sobre degradação já existiam alguns elementos, como a modificação de materiais, que estão na definição científica do conceito, mas estes não foram adequadamente explorados.

Após a intervenção e nova aplicação da metodologia hermenêutica-dialética, observou-se que a concepção do grupo sobre a degradação foi significativamente modificada de forma a quase coincidir com as definições de Souza e Lopes (1993) e Santos et al. (1999). Além disso, o grupo ainda explicitou as subdivisões do processo em quimiodegradação, fotodegradação e biodegradação.

Quanto à biodegradação, os alunos, inicialmente, perceberam existir relações entre esta concepção e a de degradação. Também perceberam que há um processo biológico envolvido, sem serem capazes, contudo, de ir além e explicitar, por exemplo, o papel dos microorganismos.

Já no consenso final, observou-se mais uma vez que o grupo construiu uma concepção muito próxima da concepção científica, visto que mencionou a ação dos microorganismos, o papel dos fatores abióticos e ainda os tipos de biodegradação (aeróbica ou anaeróbica).

Para Rosa et al. (2002) e Braga et al. (2002), a biodegradação consiste na degradação de materiais, através da ação de organismos vivos, em um processo que permite que determinadas substâncias possam ser descompostas em constituintes básicos, por ação microbiológica. O processo de biodegradação pode ocorrer em solo ou na água, e dependendo do tipo de microorganismo envolvido, pode acontecer em fase aeróbica ou anaeróbica. Ainda de acordo com estes autores, a biodegradação é indispensável para a reciclagem dos elementos na biosfera, garantindo a restituição desses, na formação e crescimento dos organismos.

Assim, ao se comparar à concepção final construída pelo grupo com as definições científicas de Rosa et al (2002) e Braga et al (2002), mencionadas acima, observou-se que os alunos só não mencionaram a questão da biodegradação enquanto um processo de reciclagem da natureza.

Por fim, ao se observar à concepção de decomposição construída pelo grupo, percebe-se a recorrência da terminologia “desaparecimento” num indício claro da predominância do senso comum e na falta de conhecimento sobre o processo. A decomposição pode ser descrita como um processo natural, em que ocorre uma transformação das moléculas orgânicas complexas, em componentes inorgânicos mais simples, tornando-os disponíveis, no ambiente para serem (re) utilizados pelos seres vivos (CHANDRA e RUSTIGI, 1998).

Apesar do consenso inicial do grupo ter sido muito aquém do esperado, pode-se observar que após a intervenção houve uma melhoria significativa na concepção final. Desta forma, verificou-se que o grupo pontuou aspectos tais como: a transformação de materiais ou objetos de dimensões macroscópicas em moléculas e compostos de dimensões microscópicas e, sua posterior quebra em elementos mais simples (átomos). É importante

mencionar que essas idéias ainda não estão explicitadas claramente pelos alunos. Contudo, acredita-se que a sua presença no discurso deles já seja bastante significativa. Também é importante destacar que não apenas a decomposição parece ter sido compreendida, pois os resultados indicam que a questão da assimilação também foi nitidamente percebida, em substituição à idéia de desaparecimento dos materiais.

4.4 Considerações finais

Convém inicialmente comentar sobre os consensos construídos no pré-teste pelos alunos. Esses resultados foram de certo modo desanimadores, uma vez que os conceitos em questão fazem parte dos currículos de ciência desde o segundo ciclo do Ensino Fundamental e também estão presentes direta ou indiretamente nos currículos das disciplinas de biologia e química, do Ensino Médio. Pode-se inferir, então, que, o simples fato de um conteúdo estar presente nos currículos escolares, não garante que o mesmo seja apreendido pelos alunos, uma vez que os resultados iniciais evidenciaram como o processo de ensino-aprendizagem se desenvolveu de forma descontextualizada. Também se verifica a dificuldade de estabelecer relações entre disciplinas como biologia, química e meio ambiente, cuja aproximação seria fundamental em determinados pontos necessários para a compreensão do conceito.

A utilização do círculo hermenêutico-dialético (CHD), como ferramenta para a coleta de dados, por meio de seu caráter dinâmico e interativo, foi essencial, pois promoveu um clima de confiança entre o pesquisador e os alunos, bem como o engajamento do grupo com a proposta e sua participação nos processos de discussão, construção e reconstrução dos conceitos em questão.

Através das questões propostas e da aplicação do CHD foi possível identificar dos obstáculos epistemológicos que podem comprometer a aprendizagem dos alunos no que concerne a impactos ambientais causados pelo lixo plástico, construção dos conceitos de degradação, biodegradação e decomposição e comparação de comportamentos entre

diferentes materiais em função do intemperismo. Essas dificuldades envolvem questões relacionadas à terminologia, conceituação de processos e percepção de fenômenos na escala micro. A aplicação do CHD também se mostrou muito válida, visto que possibilitou não apenas a coleta das concepções dos alunos, mas sua eventual reconstrução individual e na coletividade. Por isso acredita-se que sua aplicação extrapole a função de instrumento de coleta de dados sendo de fundamental importância nos processos cognitivos dos alunos.

Ainda com relação ao CHD acredita-se que o mesmo não privilegia igualmente todos os indivíduos que fazem parte do grupo. O primeiro indivíduo a ser entrevistado é privado dos processos dialéticos na sua interação como o pesquisador, visto que não tem oportunidade de compartilhar as construções dos demais, para a partir daí modificar ou não as suas próprias. Apenas na etapa final do CHD que corresponde ao consenso e que este aluno tem oportunidade de dialogar. Nesta perspectiva, o último aluno a ser entrevistado é privilegiado visto que tem acesso a todas as construções dos outros alunos e pode utilizá-las para reestruturar suas construções teóricas iniciais, incorporando novas informações e terminologias.

Também se observou que nem sempre há posturas receptivas o que dificulta a dialética do círculo, que estimula o diálogo e que leva à crítica, à construção e à reconstrução das idéias, contudo, esse problema já havido sido observado por outros pesquisadores.

O fato de a intervenção didática ter sido estruturada com base no Ciclo da Experiência tornou-a muito mais significativa, o que se reflete no grau de sofisticação das modificações observadas neste segundo bloco de um modo geral. De acordo com Kelly (1963), só há modificação nos sistemas de construtos ou nos processos de construção, quando os indivíduos estão verdadeiramente engajados na experimentação de um evento, entendendo-se por experimentação um processo complexo, composto pelas etapas de antecipação, investimento, encontro, validação e revisão construtiva, tal como explicitado no ciclo.

Ao estruturar a intervenção didática nas cinco etapas que compõem o Ciclo da Experiência, tanto o professor como os alunos são beneficiados. O primeiro porque adequou o seu conjunto de atividades didáticas a uma seqüência pré-estabelecida com base em uma teoria cognitiva, enquanto o aluno usufrui uma seqüência que visa estimular ao máximo os seus processos cognitivos, propiciando maior aprendizagem.

No que concerne à utilização do tema contemporâneo bioplásticos como elemento de contextualização para a construção dos conceitos de degradação, biodegradação e decomposição, requer uma abordagem multidisciplinar, ou seja, pontuando aspectos de outras áreas como biologia, ecologia, química e materiais. Como já comentado anteriormente, abordagens contextualizadas e multidisciplinares trazem inúmeros benefícios para os processos de ensino-aprendizagem, visto que tornam os processos mais significativos e menos fragmentados, ao vincularem conteúdos da base nacional comum com temas contemporâneos da atualidade.

Por fim, se faz necessário comentar algo sobre a contextualização e a experimentação no Ensino de Ciências, visto que nesse trabalho esses foram dois aspectos presentes e bastante significativos ao longo da intervenção didática proposta. Ao se pensar num Ensino de Ciências contextualizado, seja com elementos do cotidiano ou elementos de ciência e tecnologia deve-se extrapolar uma mera conexão com o senso comum; o desafio que se apresenta consiste em transformar esses elementos em objetos de investigação e pesquisa. Com relação à experimentação deve-se ter em mente que ela não possibilita acesso direto às características dos materiais, nem à compreensão de processos implícitos nas teorias científicas, mas constituem um apoio para a observação e construção de explicações capazes de dar sentido as nossas experiências no mundo.

5. CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados apresentados e discutidos na seção anterior pode-se concluir que:

- A utilização dos bioplásticos, como um elemento de contextualização para a construção dos conceitos de degradação, biodegradação e decomposição com os alunos foi bastante significativa, visto que a sua abordagem e confecção permitiram a observação e o acompanhamento in loco dos processos.
- A utilização do Ciclo da Experiência para estruturar a intervenção e ao mesmo tempo estimular os processos cognitivos dos alunos foi muito eficaz, visto que os mesmos alteraram suas concepções iniciais com relação aos conceitos de degradação, biodegradação e decomposição, o que pode ser constatado pela proximidade observada entre os consensos finais e as concepções científicas presentes em diversos livros da área.
- A utilização do CHD propiciou uma coleta de dados bastante rica e criteriosa além de propiciar um processo de revisão e reconstrução de idéias.
- As principais dificuldades encontradas pelos alunos ao longo do processo referem-se a questões terminológicas e de percepção de aspectos que estão na escala micro, ou seja, invisíveis à vista desarmada.
- Houve uma grande sinergia entre os dois aportes teóricos utilizados o que contribuiu sobremaneira para os resultados alcançados.

REFERÊNCIAS

- ALFREY, T. e GURNEE, E. F. **Polímeros Orgânicos**. São Paulo: Edgar Blücher, 1971. 134 p.
- ANGOTTI, J. A. P. e AUTH, M. A. Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. **Ciência e Educação**. Bauru, SP, v. 7, n. 1, p. 15-28, 2001.
- ARAÚJO, M. C. B. e COSTA, M. F. Lixo no Ambiente Marinho. **Revista Ciência Hoje**. São Paulo, v. 32, n. 19, p. 64-67, março, 2003.
- BARBOSA, R. H. S. **Mulheres, reprodução e aids: as tramas da ideologia na assistência à saúde de gestantes HIV+**. São Paulo, 2001. 310 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública), Escola Nacional de Saúde Pública.
- BASTOS, H. F. B. N. **Changing teachers' practice: towards a constructivist methodology of physics teaching**, Inglaterra, 1992. Tese (Doutorado em Física), University of Surrey.
- BASTOS, H. F. B. N. Disciplinaridade: multi, inter e trans. **Revista Construir Notícias**. n. 14, ano 3, p. 40-41, 2004.
- BASTOS, H. F. B. N. **Teoria do Construto Pessoal**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1998. (mimeografado).
- BERTOL, I.; LEITE, D. e ZOLDAN Jr., W. A. Decomposição do resíduo de milho e variáveis relacionadas. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. Viçosa, v. 28, n. 2 V, p. 369-375, mar./abr. 2004.
- BÍBLIA. A. T. Êxodo. Português. **Bíblia sagrada**. Tradução: João Ferreira de Almeida. São Paulo: Sociedade Bíblica do Brasil, 1995. Cap. 2, vers. 3.

BLASS, A. **Processamento de Polímeros**. 2ª edição. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1988. 312 p.

BOET, A. M. e HUGUET, T. V. **Biodegradación y Biorremediación**. Disponível em: <<http://www.ecotropia-Noticias.htm>>. Acesso em 02 abr. 2005.

BONZANINI, T. K e BASTOS, F. Avanços científicos recentes como temas para o ensino de Biologia na Escola Média. In: NARDI, R., BASTOS, F e DINIZ, R. E. da S. **Pesquisas em Ensino de Ciências**. (Série: Educação para a Ciência). São Paulo: Escrituras, p. 79-93, 2004.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. L.; BARROS, M. T.; SPENCER, M.; PORTO, M.; JULIANO, N. e EIGER, S. **Introdução a Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305 p.

BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias/Secretaria de Educação Fundamental**. – Brasília: MEC/SEF, 2000. 144 p.

CABO, L. **Biodegradación (=Descomposición orgânica)**. Disponível em: <<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/biodegrada.html-9k>>. Acesso em 02 abr. 2005.

CAMPBELL, S. **Manual de compostagem para hortas e jardins: como aproveitar bem o lixo orgânico doméstico**. São Paulo: Nobel, 1995. 144 p.

CANTO, E. L. **Plástico: bem supérfluo ou mal necessário?** 2ª edição. São Paulo: Moderna, 2004. 96 p.

CANTO, E. L. **Plástico: bem supérfluo ou mal necessário?** 3ª edição. São Paulo: Moderna, 1995. 88 p.

CHAMPE, P. C. e HARVEY, R. A. **Bioquímica Ilustrada.** 2ª edição. Porto Alegre: Artimed 2002.

CHANDRA, R. e RUSTGI, R. Biodegradable Polymers. **Program of Polymer Science.** v 23, p. 1273-1335, 1998.

CHIELLINI, E. **Plásticos - em busca da vida curta** (Indústria investe na pesquisa de plásticos biodegradáveis para atenuar o problema do lixo). Disponível em: <<http://época.globo.com/educ/19981221/ciencias5.htm>>. Acesso em 26 jun. 2005.

COLL, C. et al. **Os conteúdos na reforma:** ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

COUTINHO, B. C.; MIRANDA, G. B.; SAMPAIO, G. R.; SOUZA L. B. S.; SANTANA, W. J. e COUTINHO, H. D. M. A importância e as vantagens do polihidroxibutirato (plástico biodegradável). **Holos**, ano 20, p. 76-87, dezembro, 2004.

COUTINHO, L. Cientistas Reinventam Matérias-primas com Novas Combinações de Moléculas. **Revista Veja**. p. 10-13, agosto, 2004.

DELVAGO, R. **Biodegradación.** Disponível em: <<http://rincondelvago.com/biodegradacion.html>>. Acesso em 02 abr. 2005.

DOMINGUES, J. L. et al. A Reforma don Ensino Médio: A Nova Formulação Curricular e a Realidade da escola pública. **Educação e Sociedade**, v. 21, nº. 70, abr./2000, p. 63-79.

EPPRECHT, C. **Bioplásticos são solução mundial.** Disponível em: <<http://jbonline.terra.com.br/papel/internacional/2004/09/05/jorint20040905007.html>> Acesso em 13 set. 2004.

FURTADO, J. P. Um método construtivista para a avaliação em saúde. **Ciênc. Saúde coletiva**, Rio de Janeiro, vol.6, nº. 1, 2001, p. 165-181.

GOMES, A. A. O. **Formação Continuada dos professores do Ensino de Ciências naturais do Centro de educação de Jovens e Adultos (CEJA).** Recife, 2004. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências), Universidade Federal de Pernambuco.

GUBA, E. e LINCOLN, Y. S. **Fourth generation evaluation.** Newbury Park: Sage, 1989. 294p.

HALL, C. S.; LINDZEY, G. e CAMPBELL, J. B. **Teorias da Personalidade.** 4ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2000. 329-344 p.

KELLY, G. A. **A Theory of Personality – The psychology of personal constructs.** New York: Norton, 1963. 189p.

LIMA, S. L. T. Reciclagem e Biodegradação de Plásticos. **Revista Científica do IMAPES.** abril, p. 28-34, 2004.

LOPES, A. C. Os Parâmetros Curriculares nacionais para o Ensino Médio e a Submissão ao Mundo produtivo: O caso do Conceito de Contextualização. **Educ. Soc.** Campinas, v. 23, n. 80, set., p. 386-400, 2002.

LUENGO, J. M.; GARCÍA, B.; SANDOVAL, A.; NAHARRO, G. e OLIVERA, E. R. Bioplastics from microorganisms. **Current Opinion in Microbiology.** n. 6, p. 251-260, 2003.

MCCARTHY, A. Bioplastics for Industry and Medical Devices. **Chemistry & Biology**. v. 10, p. 893-894, October, 2003.

MELO, M. C. C. **Uma Investigação sobre Concepções de Alimentação saudável de alunos do Ensino Fundamental**. Recife, 2005. 146p. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 4ª edição. São Paulo: Hucitec-Abrasco, 1996. 269 p.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 7ª edição. São Paulo: Hucitec-Abrasco, 2000. 269 p.

MINGUET, P. A. et al. **A Construção do Conhecimento na Educação**. Porto Alegre: ArteMed, 1998. 149-173 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Protetores da Vida**. Brasília: PNEA, 2000. 20-22p.

NOVAMONT. Disponível em: <<http://www.novamont.com>> Acesso em 31 mar. 2005.

OLIVEIRA, M. L. **O Trabalho Pedagógico dos Professores do Ensino Fundamental no Ciclo II sobre Educação Ambiental**. Recife, 2005a. 141p. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências), Universidade Federal de Pernambuco.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer Pesquisa Qualitativa**. Recife: Bagaço, 2005. 192 p.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer projetos, relatórios, monografias, dissertações e teses**. Recife: Bagaço, 2003. 174 p.

OLIVEIRA, M. M. **Formação em associativismo e desenvolvimento no Nordeste do Brasil**: a experiência de Camaragibe. Canadá, 1999. 320 f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade de Sherbrooke.

PACHIONE, R. **Industria Ensaia os Primeiros Passos**. Disponível em: <<http://www.plastico.com.br/revista/pm355/biodegradavel1.htm>> Acesso em 04 abr. 2005.

PELCZAR Jr, M. J.; CHAN, E. C. S. e KRIEG, N. R. **Microbiologia**. São Paulo: Makron Books, 1996. 523 p.

PELCZAR, M. J.; ROGER, R. e CHAN, E. C. S. **Microbiologia**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, Vol. II, 1981.1072 p.

REDDY, C.S.K.; GHAI, R. e RASHMI, V.C. K. Polyhydroxyalkanoates: an overview. **Bioresource Technology**. n. 87, p. 137-146, 2003.

ROSA, D. S.; CHUI, Q. S. H; PANTANO FILHO, R. e AGNELLI, J. A. M. Avaliação da Biodegradação de Poli- β -(Hidroxibutirato), Poli- β -(Hidroxibutirato-covalerato) e Poli- ξ -(caprolactona) em Solo Compostado. **Polímeros**. São Carlos, v. 12, n. 4, p. 311-317, oct./dez. 2002.

ROSA, D. S.; FRANCO, B. L. M. e CALIL, M. R. Biodegradabilidade e Propriedades Mecânicas de Novas Misturas Poliméricas. **Polímeros**. São Carlos, v. 11, n. 2, p. 82-88, abr./jun. 2001.

SALEHIZADEH, H. e VAN LOOSDRECHT, M.C.M. Production of polyhydroxyalkanoates by mixed culture: recent trends and biotechnological importance. **Biotechnology Advances**. n. 22, p. 261-279, jan. 2004.

SANTOS, A. S. F.; AGNELLI, J. A. M. e MANRICH, S. Estudo da Influência de Resíduos Catalíticos na Degradação de Plásticos Reciclados (Blenda HDPE/PP e PET) Provenientes de Lixo Urbano. **Polímeros**. São Carlos, v. 9, n. 4, p. 189-194, out./dez. 1999.

SANTOS, A. S. F.; AGNELLI, J. A. M. e MANRICH, S. Tendências e desafios da reciclagem de embalagens plásticas. **Polímeros**. São Carlos, v.14, n. 5, p. 307-312, oct./dec. 2004.

SERAFIM, L. S.; LEMOS, P. C. e REIS, M. A. M. **Produção de Bioplásticos por Culturas Microbianas Mistas**. Disponível em: <<http://dequim.ist.utl.pt/pbio/76/pdf/bioplasticos.pdf>> Acesso em 15 nov. 2004.

SILVA, L.; RODRIGUES, M. F. e GOMEZ, J. G. **Biodiversidade brasileira é fonte de microrganismos produtores de plásticos e elastômeros biodegradáveis**. Disponível em: <<http://www.cienciahoje.com.br/reportagens/biodeversidade/bio15.htm>> Acesso em 21 jan. 2005.

SOUZA, J. P. e LOPES, J. C. Cresce Interesse por Degradáveis. **Revista Plástico Moderno - (seção ecologia)**. São Paulo, p. 15-17, março, 1993.

SQUIO, C. R. e ARAGÃO, G. M. F. Estratégias de cultivo para produção dos plásticos biodegradáveis poli(3-Hidroxibutirato) e poli(3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato) por bactérias. **Química Nova**. São Paulo, v. 27, n. 4, p. 651-622, jul./ago. 2004.

STEVENS, E. S. **Green Plastics** (An Introduction to the New Science of Biodegradable Plastics). Woodstock: Princeton University Press, 2002. 238p.

TAVARES, C. e FREIRE, I. M. "Lugar do lixo é no lixo": Estudo de assimilação da informação. **Ci. Inf**. Brasília, v. 32, n.2, p. 125-135, maio/ago. 2003.

TERRAZAN, E. A. **A inserção da Física moderna e contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau.** Cadernos Catarinenses de Ensino de Física, Florianópolis, v. 9, dez. 1992.

TRABULSI, L. R. **Microbiologia.** 2ª edição. São Paulo: Atheneu, 1998. 386p.

VALPASSOS, M. A. R., CAVALCANTE, E. G. S, CASSIOLATO, A. M. R. e ALVES, M. C. Effects of soil management systems on soil microbial activity, bulk density and chemical properties. **Pesq. Agrop. Bras.** Brasília, v. 36, n. 12, p. 1539-1545, dez. 2001.

VAN VLACK, L. H. **Princípios de Ciência dos Materiais.** São Paulo: Edgar Blücher, 1970. 427 p.

VÍDEO. **É o Lixo.** Duração: 15' 50'', agosto 1997.

ZUANON, A, C, A. E DINIZ, R. E. S. Aulas de biologia e a participação dos alunos: conhecendo como um grupo de estudantes do ensino médio avalia uma experiência. **Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, realizado de 25 a 29 de novembro de 2003 em Bauru - São Paulo.

