



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

HENRI ARAUJO LEBOEUF

**FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA OS ANOS INICIAIS:
UMA EXPERIÊNCIA COM O ENSINO DE CIÊNCIAS**

HENRI ARAUJO LEBOEUF

**FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA OS ANOS INICIAIS:
UMA EXPERIÊNCIA COM O ENSINO DE CIÊNCIAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Londrina.

Orientadora: Profa. Dra. Irinéa de Lourdes Batista

Londrina
2011

Catálogo na Publicação Elaborada pela Patrícia Teixeira – CRB 9/1381

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

L447f Leboeuf, Henri Araujo.
Formação de professores para os anos iniciais: uma experiência com o ensino de ciências. / Henri Araujo Leboeuf. – Londrina, PR, 2011. 169 f. , 30 cm

Orientadora: Dra. Irinéa de Lourdes Batista.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina.

1.Formação de professores. 2.Ensino fundamental – primeiro ciclo. 3.Ciências naturais – ensino de ciências. I. Henri Araujo Leboeuf. II. Universidade Estadual de Londrina. III. Título.

CDD 370.71

HENRI ARAUJO LEBOEUF

**FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA OS ANOS INICIAIS:
UMA EXPERIÊNCIA COM O ENSINO DE CIÊNCIAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Irinéa de Lourdes Batista
UEL – Londrina – PR

Profa. Dra. Evelyse dos Santos Lemos
FIOCRUZ – Rio de Janeiro – RJ

Prof. Dr. Edson Laureto
UEL – Londrina – PR

Londrina, 29 de julho de 2011.

A todos os professores e professoras que,
apesar das circunstâncias, dedicam sua
vida à ensinar e aprender.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, profa. Dra. Irinéa de Lourdes Batista, pelas orientações sempre esclarecedoras e principalmente pela paciência que teve comigo durante o processo do mestrado.

À Fernanda, companheira de muitos anos, por compartilhar comigo a vida e me aturar por tanto tempo.

Ao Arthur, recém-chegado a este planeta, pela alegria do convívio que agora se inicia e pelas lições que ainda vai me ensinar.

Aos meus pais, Claude (in memoriam) e Ana, por me propiciarem esta (boa) vida!

Às minhas alunas e aos meus alunos do curso de Pedagogia, que aceitaram participar do desafio que resultou neste trabalho.

Aos colegas do grupo de pesquisa Ifhiecem, pelas importantes discussões, contribuições e também pela amizade.

Agradecimento especial aos colegas Lucken e Juliana, que gentilmente resolveram questões burocráticas em meu lugar quando não pude estar em Londrina.

À professora Dra. Evelyse do Santos Lemos e ao professor Dr. Edson Laureto, pelas contribuições durante o processo de qualificação.

Gostaria de agradecer também aos amigos evolutivos da Reconsientia, que compreenderam minha ausência em momentos críticos.

Enfim, à todos os amigos, intra e extrafísicos, que de alguma maneira contribuíram para mais este passo em direção ao completismo.

“Educar é mudar o significado da experiência humana”.

(D. BOB GOWIN)

LEBOEUF, Henri Araujo. **Formação de professores para os anos iniciais: uma experiência com o ensino de ciências.** 2011. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

RESUMO

A formação de professores para o ensino de ciências tem recebido inúmeras críticas, em especial sobre o distanciamento entre as abordagens formativas e aquilo que se espera do futuro professor. No caso da formação para o anos iniciais do Ensino Fundamental, levantam-se outras questões, como a pequena ou nenhuma formação na área de conteúdos de ciências e mesmo nas metodologias de ensino de ciências. Em função disso, investiga-se quais as possíveis contribuições de uma abordagem de ensino potencialmente significativa e que integre aspectos conceituais e metodológicos na formação inicial de professores de Ciências dos anos iniciais. Para isso, uma sequência de atividades que integra aspectos conceituais e metodológicos na formação inicial de professores de ciências para os anos iniciais do Ensino Fundamental sobre o tópico “Óptica da Visão” foi desenvolvida e utilizada com futuros professores. A abordagem didática foi fundamentada na teoria da aprendizagem significativa, em especial na sua vertente crítica, nas contribuições de pesquisa em ensino de ciências, sobre as ideias prévias dos alunos sobre o tema tratado e no uso de abordagens histórico-filosóficas no ensino. O instrumento heurístico, conhecido como Diagrama V de Gowin, foi utilizado durante o processo na condição de facilitador da aprendizagem e instrumento de avaliação e coleta de dados. O objetivo foi investigar a influência deste tipo de abordagem na formação de professores, partindo do princípio de que temos que oferecer, durante a formação, aquilo que se exige do professor em exercício. Assim, os alunos teriam oportunidade de, simultaneamente, discutir aspectos ligados ao conteúdo científico, sua história, seu ensino e aprendizagem a partir de uma vivência prática na condição de aluno e de sua discussão na condição de futuro professor. O público investigado foi uma turma de alunos do 5º período do curso de Licenciatura em Pedagogia de uma faculdade privada em Foz do Iguaçu, PR, matriculados regularmente na disciplina “Fundamentos de Ciências e sua Didática I”, ministrada pelo próprio investigador. Foram utilizados um caderno de campo, questionários e o Diagrama V como instrumentos de coleta de dados. A análise qualitativa realizada com um corpus constituído dos registros de 15 alunos da turma permitiu evidenciar a relevância da abordagem para a compreensão de conceitos científicos, da metodologia utilizada, em especial acerca do Diagrama V e possíveis consequências para a futura atuação docente dos alunos envolvidos.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa. Óptica da visão. Formação de professores. Ensino de ciências.

LEBOEUF, Henri Araujo. **Primary teacher education: an experiment in the teaching of science.** 2011. 169 f. Dissertation (Master's in Science Teaching and Mathematical Education) – State University of Londrina; Londrina, 2011.

ABSTRACT

The education of teachers for science teaching has received widespread criticism, particularly on the distance between the training and approaches what is expected of future teachers. In the case of training for the early years of elementary school, it raises other issues, such as little or no training in science content and teaching methods. Because of this, we investigate the possible contributions of a potentially meaningful teaching approach that integrates conceptual and methodological issues in the initial training of science teachers from early years. For this, a sequence of activities that integrates conceptual and methodological issues in the initial training of science teachers for the early years of elementary school on the topic "Optics of Vision" was developed and used with prospective teachers. The didactic approach was based on the theory of meaningful learning, particularly in its critical stance, the contributions of research in science education on students' previous ideas on the subject covered and the use of historical and philosophical approaches to teaching. The heuristic instrument, known as Gowin's V Diagram, was used during the process as a facilitator of learning and assessment tool and data collection. The aim was to investigate the influence of this approach in teacher education, assuming that we have to offer, during training, what is required of practicing teachers. Thus, students have the opportunity to both discuss aspects related to scientific content, its history, its teaching and learning from practical experience in a student status and the discussion of this approach as a future teacher. The public investigated was a class of students in the 5th semester of the Pedagogy degree from a private college in Foz do Iguaçu, PR, regularly enrolled in the course "Foundations of Science and its Teaching I", taught by the investigator. We used a field diary, questionnaires and V Diagrams as instruments of data collection. The qualitative analysis performed with a corpus consisting of the records of 15 students in the class has highlighted the relevance of the approach to the understanding of scientific concepts, the methodology used, especially on the V Diagram and possible future consequences for the educational performance of students involved.

Keywords: Meaningful learning. Optics of vision. Teachers education. Science teaching.

LISTA DE FIGURA

Figura 2.1 – Esquema do modelo triádico de Gowin	36
Figura 2.2 – V de Gowin mostrando elementos epistemológicos que estão envolvidos na construção ou descrição do novo conhecimento	45
Figura 2.3 – Um diagrama V preparado a partir da descrição de um experimento de um livro texto de Biologia	46
Figura 4.1 – A teoria do cone visual de Euclides, na qual o olho emite os raios visuais que atingem o objeto visto (teoria da emissão)	56
Figura 4.2 – Radiação difusa vinda de dois pontos de um objeto luminoso	57
Figura 4.3 – Mistura, dentro do olho, de raios provenientes das extremidades de um objeto visível.....	58
Figura 4.4 – Geometria da visão de acordo com Alhazen	58
Figura 4.5 – A visão segundo Descartes, com a mesma estrutura kepleriana do olho humano.....	63
Figura 5.1 – Diagrama 2 do aluno 2.....	120
Figura 5.2 – Diagrama 4 do aluno 2.....	121
Figura 5.3 – Diagrama 2 do aluno 13.....	123
Figura 5.4 – Diagrama 4 do aluno 13.....	124
Figura 5.5 – Diagrama 5 do aluno 13.....	127
Figura 5.6 – Diagrama 2 do aluno 15.....	128
Figura 5.7 – Diagrama 4 do aluno 15.....	129
Figura 5.8 – Diagrama 5 do aluno 15.....	131
Figura 6.1 – Diagrama V da dissertação.....	147

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 – Síntese das atividades planejadas	83
Quadro 4.2 – Respostas dadas às questões de múltipla escolha (turma inteira)	111
Quadro 5.1 – Respostas dadas às questões de múltipla escolha (15 alunos)	117
Quadro 5.2 – Categorias e unidades de análise do questionário final	134
Quadro 5.3 – Unidades de análise e registros da categoria “conteúdo”	136
Quadro 5.4 – Unidades de análise e registros da categoria “metodologia”	139

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA OS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL	16
2.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	29
2.2.1 O Processo de Ensino e Aprendizagem Baseado na Aprendizagem Significativa	35
2.2.2 Aprendizagem Significativa Crítica	40
2.2.3 Diagrama V.....	43
2.3 O PAPEL DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO	49
2.3.1 A Óptica da Visão: uma Síntese Histórica	53
2.4 IDEIAS SOBRE A ÓPTICA DA VISÃO, SEU ENSINO E APRENDIZAGEM	64
3 ABORDAGEM METODOLÓGICA	70
3.1 O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO E CONSTRUÇÃO DA PROPOSTA	72
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO E SUJEITOS INVESTIGADOS	75
3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	76
4 CONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES	80
4.1 CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES	80
4.2 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA.....	86
4.2.1 Atividade Inicial para a Apresentação do Diagrama V.....	87
4.2.2 Levantamento dos Conhecimentos Prévios dos Alunos.....	89
4.2.3 História da Ciência I – Antiguidade.....	99
4.2.4 Atividade das Sombras.....	102
4.2.5 Atividade da Reflexão da Luz	103
4.2.6 Planejando com o Diagrama V	104
4.2.7 História da Ciência II - Idade Média.....	105
4.2.8 A Refração da Luz e o Funcionamento das Lentes	107
4.2.9 O Funcionamento do Olho Humano	109
4.2.10 A Replicação do Questionário: Avaliação da Aprendizagem.....	110

4.2.11 A Explicitação Teórico-Metodológica do Processo Vivenciado	111
4.2.12 Avaliação Final	111
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	114
5.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO FINAL	115
5.2 ANÁLISE DOS DIAGRAMAS V	119
5.3 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO	134
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	144
REFERÊNCIAS	148
APÊNDICES	154
APÊNDICE A – Questionário inicial	155
APÊNDICE B – Texto síntese sobre o diagrama V	157
APÊNDICE C – Questionário sobre as teorias da visão na antiguidade	160
APÊNDICE D – Atividade: planejando com o diagrama V	161
APÊNDICE E – Texto: o caminho da luz do olho humano	166
APÊNDICE F – Atividade avaliativa final	168
APÊNDICE G – Termo de consentimento livre e esclarecido	169

1 INTRODUÇÃO

No início do curso de mestrado, durante as apresentações dos projetos de pesquisa, um professor provocava os alunos com questões do tipo: Por que você quer investigar este tema? O que motivou sua escolha? Esta provocação, nem sempre bem recebida por quem estava sob holofotes avaliativos, algumas vezes encontrou o silêncio como resposta. Contudo, a reflexão estava posta.

Como toda pesquisa tem um contexto e todo pesquisador uma história, começo esta dissertação com uma breve apresentação dos contextos e motivos que trouxeram este docente-pesquisador à presente investigação.

O interesse em estudar e compreender o Ensino de Ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental e a formação docente para este nível se deu de modo imprevisto, quando ainda estava na graduação, cursando Licenciatura em Física. Naquela época já ministrava aulas de Física para o Ensino Médio e tinha nítida convicção de que a graduação não respondia aos desafios e dificuldades enfrentadas na realidade da sala de aula. Buscava alternativas à prática docente convencional, tais como aulas práticas e também tinha grande interesse nas chamadas concepções alternativas¹ e suas influências no aprendizado da Física. O foco da minha atuação até aquele momento era a Física do Ensino Médio e não me imaginava trabalhando com professores de Ensino Fundamental ou estudantes de Pedagogia.

Durante um dos últimos semestres do curso, quando deveríamos escolher uma disciplina optativa, acabei me matriculando em “Prática de Ensino de Química” quase por falta de opção, pois buscava estudar mais sobre o processo de ensino e aprendizagem e as disciplinas ofertadas naquele semestre eram, em sua maioria, voltadas aos bacharéis. Não pretendia ser professor de Química e deixei isto claro desde o início da disciplina. Apesar disso, a afinidade com o trabalho daquela professora foi grande a ponto de me tornar seu monitor.

O trabalho de monitoria, porém, não foi realizado com a turma de prática de ensino e sim com turmas da disciplina “Fundamentos e Metodologia de Ensino de Ciências Físicas”, do curso de Pedagogia, que também estava a cargo da mesma professora. Assim me iniciei no mundo da Pedagogia e comecei a me

¹ Para uma síntese das pesquisas sobre concepções alternativas ver: Wandersee, Minitzes e Novak (1994).

interessar por ele. No ano seguinte, já aluno de uma especialização em Ensino de Ciências, continuei o trabalho de monitoria de maneira voluntária e em seguida assumi o cargo de professor substituto desta mesma disciplina a qual ministrei durante três semestres com grande satisfação.

Alguns anos depois, morando em outra cidade, assumi novamente disciplinas ligadas ao Ensino de Ciências, desta vez no Curso Normal Superior de uma faculdade privada, curso que foi extinto e deu lugar a um curso de Pedagogia na mesma faculdade, contexto no qual esta pesquisa se realiza. Na condição de docente da disciplina “Fundamentos de Ciências e sua Didática I” e, simultaneamente, investigador desta prática é que a presente dissertação se desenvolve.

Durante estes anos de experiência docente, várias inquietações surgiram acerca da minha prática pedagógica e a responsabilidade em formar professores ficava cada vez mais evidente (e preocupante!). Uma das questões que me chamavam a atenção, dentre muitas outras, era a relação muitas vezes contraditória entre um discurso permeado por ideias chamadas construtivistas e a prática bastante convencional realizada por muitos professores (eu incluso). Muitas teorias eram ensinadas, porém com pouca articulação com própria prática docente do formador, mesmo dentro de um curso de Pedagogia. A preocupação com esta articulação se transformou no foco desta pesquisa.

A partir dessa contextualização pessoal, e despedindo-me da primeira pessoa, inicia-se o presente trabalho de investigação sobre a formação docente para os anos iniciais do Ensino Fundamental. O trabalho investigou as possíveis contribuições de uma abordagem potencialmente significativa para a formação inicial de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Para isso, construímos, implementamos e avaliamos uma sequência de atividades didáticas que, por fugirem do modelo de reprodução e transmissão de conteúdos, possibilitasse a promoção da aprendizagem significativa do professor, tanto das questões conceituais envolvidas como da metodologia de ensino empregada (TRIVELATO, 2003).

A sequência de ensino sobre o tema Óptica da Visão integrou atividades experimentais, história da ciência e conteúdos científicos visando uma aprendizagem significativa do futuro professor e foi desenvolvida em um ambiente de formação inicial de professores para os anos iniciais. Um dos objetivos desta

abordagem é a necessidade de diminuir a dicotomia entre o aprendizado do conteúdo específico *versus* metodologias de ensino.

Para isso fundamentamos o trabalho nas contribuições da teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel (2003), Ausubel; Novak; Hanesian (1980), Moreira (2006a, 2008), Novak; Gowin (1984), Gowin (1981, 2005), especialmente na sua vertente crítica (MOREIRA, 2000; 2010), e também nas contribuições da área de ensino de ciências e das relações entre a História e Filosofia da Ciência no ensino. A abordagem metodológica utilizada foi de cunho qualitativo (BOGDAN; BIKLEN, 1994) utilizando questionários, caderno de campo e o Diagrama V, proposto por Gowin (GOWIN; ALVAREZ, 2005) como instrumentos de coleta de dados.

Passamos, a seguir, à apresentação da estrutura deste trabalho.

Após esta introdução, segue-se, no capítulo 2, a apresentação dos referenciais teóricos subjacentes a esta investigação. Neste capítulo discute-se a questão da formação de professores de ciências para os anos iniciais do Ensino Fundamental. Em seguida são apresentados os fundamentos da teoria da aprendizagem significativa, sua relação com os processos educativos em sala de aula, sua vertente crítica e seus principais instrumentos, em especial o Diagrama V. O papel da História e Filosofia da Ciência no ensino é apresentado, seguido de uma síntese histórica sobre o desenvolvimento das teorias sobre visão desde a Antiguidade até Kepler. Por último, uma revisão da literatura acerca do ensino da óptica da visão, seus problemas e as principais concepções dos estudantes é apresentada.

No Capítulo 3 é discutida a abordagem metodológica utilizada na pesquisa. São apresentados o contexto e a caracterização do público alvo da investigação, os instrumentos de coleta e análise de dados, assim como o delineamento do processo de construção, aplicação e análise da sequência de atividades de ensino.

No Capítulo 4 são apresentados o planejamento e o desenvolvimento da sequência de atividades utilizadas com a turma de alunos em processo de formação docente, bem como a descrição analítica de cada etapa da intervenção.

No Capítulo 5 é feita uma análise a partir dos registros selecionados da produção de 15 alunos da turma do curso de pedagogia, divididos em três

tópicos. No primeiro é feita uma comparação entre os resultados dos questionários inicial e final, no segundo é realizada uma análise do uso de Diagrama V pelos alunos e no terceiro é feita uma análise da avaliação final. O capítulo 6 apresenta as considerações finais do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os fundamentos teóricos que norteiam a construção e análise desta pesquisa. Em primeiro lugar se discute a formação dos professores para os anos iniciais do Ensino Fundamental, seus principais problemas e alguns enfoques para mudança. Em seguida é apresentada a Teoria da Aprendizagem Significativa, sua relação com o processo educativo em sala de aula e sua abordagem crítica. Logo depois é apresentado o Diagrama V, instrumento que será utilizado ao longo desta pesquisa. O papel da História e da Filosofia da Ciência no ensino de ciências é abordado na sequência, juntamente com a apresentação de uma síntese histórica sobre o tema óptica da visão. Por último é apresentada uma revisão sobre o ensino, aprendizagem e as ideias prévias apresentadas por alunos a respeito da óptica da visão.

2.1 A FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA OS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

As críticas à qualidade da Educação Básica e à formação docente são variadas. No caso do ensino de ciências, porém não exclusivamente, as dificuldades incluem o ensino livresco, teórico e abstrato, a passividade dos alunos, o número reduzido de atividades experimentais, a falta de espaço para argumentação, as visões distorcidas da ciência e de seu desenvolvimento, a ausência de discussão histórica, filosófica e ética da ciência e suas relações tecnológicas, sociais e ambientais, a qualidade na formação dos professores, as condições da escola, entre outras (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2004; GIL PEREZ *et al.*, 2001; OSBORNE, 2007). Aqui vamos tratar particularmente daquelas direcionadas ao ensino das ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental².

Ao contrário de outros níveis de ensino posteriores, nos quais a formação do professor de ciências geralmente se dá no âmbito de uma disciplina específica, tal como Física, Química ou Biologia, a formação dos professores para as primeiras séries é realizada nos cursos de Pedagogia, Normal Superior e, ainda em muitos casos, no Curso Normal de Nível Médio. Estes cursos visam à

² No Brasil existem dois níveis educacionais: a Educação Básica e a Educação Superior. A Educação Básica é dividida em Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. O Ensino Fundamental contempla alunos de 6 a 14 anos de idade, sendo os cinco primeiros anos chamados de anos iniciais e os quatro últimos de anos finais.

preparação para o desempenho de uma função mais polivalente, tratando do ensino de várias disciplinas, além da compreensão do desenvolvimento infantil e outros aspectos pedagógicos e educacionais. A resolução 1, de 15 de maio de 2006, do Conselho Nacional de Educação, que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de licenciatura em Pedagogia, aponta que o egresso deste curso deverá estar apto, dentre outros itens, a “ensinar Língua Portuguesa, Matemática, Ciências, História, Geografia, Artes, Educação Física, de forma interdisciplinar e adequada às diferentes fases do desenvolvimento humano” (CONSELHO, 2006, Art. 5º, parágrafo VI). O objetivo expresso nesta resolução é bastante pretensioso e muito difícil de ser alcançado, tendo em vista a amplitude dos conhecimentos exigidos para sua consecução.

A formação inicial deficiente e inadequada é fortemente apontada como um dos fatores dificultadores para o sucesso do ensino de ciências nos anos iniciais. Dentre estas dificuldades, se destacam tanto aspectos ligados ao domínio de conteúdos, ou a sua falta (LONGHINI, 2008), quanto aos aspectos ligados a metodologias, questões de ensino-aprendizagem, e as visões frequentemente distorcidas do trabalho científico e do ensino de ciências (GIL PEREZ *et al.*, 2001). Outras discussões relevantes se referem ao perfil do professor que se quer formar, seus saberes, e sobre os objetivos do ensino de ciências para crianças. No caso dos anos iniciais, os professores não são especialistas em áreas científicas e, segundo Lima e Maués (2006), não precisam ser. Mesmo assim eles podem e devem ensinar Ciências (FUMAGALLI, 1998). Por outro lado, é difícil para um professor ensinar conteúdos que ele desconhece, o que torna a formação dos professores para este nível de ensino mais complexa.

Independentemente às críticas sobre a formação inicial, é consenso que nenhum curso superior, por melhor que seja, dará condições plenas de atuação profissional em qualquer área. A expressão “formação inicial” já nos aponta que deva haver continuidade. Muitos conhecimentos, saberes, competências e aprendizados serão realizados ao longo da atuação profissional. Desta maneira, a formação continuada se torna uma estratégia inevitável.

Os objetivos do ensino de ciências de maneira geral e dos anos iniciais do Ensino Fundamental em particular têm sofrido mudanças ao longo das décadas, sendo influenciado por várias concepções de sociedade e educação. Estes objetivos incluíram, entre outros, transmitir informações atualizadas, formar

pequenos cientistas e vivenciar “o método científico”, pensar lógica e criticamente, analisar implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico e formar para a cidadania, através da ciência para todos, incluindo a construção de uma atitude científica frente ao mundo (KRASILCHIK, 1987).

A importância do ensino de ciências para todos e sua consequente inclusão no currículo da escola básica é consensual. O grande valor dado à ciência no mundo atual bem como seus impactos tecnológicos, sociais e ambientais já seria motivo suficiente para uma análise desse tipo de conhecimento e, “certamente essa seria uma cultura estranha de fato se não quisesse passar para novas gerações seu sistema de pensamento mais proeminente” (MILLAR, 2003, p. 81).

No que diz respeito às séries iniciais do Ensino Fundamental, pelo menos três argumentos básicos, segundo Fumagalli (1998), podem ser apresentados para justificar o ensino de Ciências. O primeiro argumento é o direito das crianças de aprender ciências, pois assim como os adultos, devem ser consideradas hoje, e não no futuro, sujeitos sociais com direito a apropriação da cultura. O segundo é o papel de distribuição social do conhecimento científico atribuído a escola de Ensino Fundamental. Isso significa que a escola não estaria sendo democrática se a interação das crianças com as ciências fosse pequena ou nula. O terceiro argumento diz respeito ao valor social do conhecimento científico. “Poderíamos argumentar que não é necessário ter acesso ao conhecimento científico da realidade para interagir com ela. No entanto, o que tratamos é da qualidade da interação” (*Id. Ibid.*, p. 17).

Vários aspectos são indicados na literatura da área de ensino de ciências sobre as inadequações ou problemas ligados a este nível de ensino. Um deles é o questionamento sobre a capacidade das crianças mais novas de aprender conteúdos científicos. Este questionamento, segundo Fumagalli (1998), se baseia em interpretações equivocadas feitas a partir dos estudos do desenvolvimento infantil e da psicologia genética. Alguns desses estudos legitimaram a ideia de que não seria possível ensinar ciências a crianças que ainda não tivessem construído estruturas formais de pensamento. A mesma autora afirma que esta interpretação ignora o fato de a ciência escolar, veiculada nas escolas, ser distinta da ciência dos cientistas, tendo passado por um processo de transposição didática. Além disso, é possível conseguir que as crianças construam esquemas de conhecimento que permitam a aquisição de uma visão de mundo que supere os limites do seu

conhecimento cotidiano e se aproxime do conhecimento elaborado na comunidade científica.

A ênfase nos conteúdos de matemática e língua materna nos anos iniciais também diminui o tempo dedicado ao ensino de ciências. Algumas crenças, como a ideia de não ser possível aprender ciências sem saber ler e escrever contribui para esta ênfase, mesmo com a publicação de trabalhos como de Kamii e Devries (1991) que, já no final da década de 70, apresentavam a possibilidade de iniciar a construção do conhecimento físico com crianças da pré-escola. Carvalho *et al.* (1998) também apresentam atividades bastante ricas que exploram conhecimento de física nos anos iniciais, e que contribuem inclusive para a construção de vocabulário e expressão dos alunos, mostrando uma importante interação entre conhecimento científico e desenvolvimento da linguagem.

A insegurança dos professores em relação ao conteúdo científico também colabora para torná-lo escasso nas salas de aula. O conhecimento profundo do conteúdo específico é um fator que contribui para o engajamento do professor em atividades inovadoras de ensino, aprendizagem e estratégias de mudanças (TOBIN; ESPINET, 1989 *apud* LORENCINI, 2009b). Porém, o conhecimento do conteúdo não é condição suficiente para a profissionalização do professor, que demanda conhecimentos da área educacional, bem como preocupações metodológicas e a construção do chamado “conhecimento pedagógico do conteúdo” (SHULMAN, 1986).

Tardif (2008), por exemplo, apresenta um modelo tipológico para identificar e classificar os saberes docentes que são mobilizados de maneira complexa e interativa nas situações de ensino. O seu modelo inclui os saberes pessoais dos professores, advindos do ambiente familiar e da vida em geral, os provenientes da formação escolar anterior (escola primária e secundária), os adquiridos na formação profissional para o magistério, os provenientes dos programas e livros didáticos utilizados no trabalho e os saberes provenientes da sua própria experiência na profissão, na sala de aula e na escola.

As lacunas de conteúdo fazem com que, muitas vezes, os professores apresentem mecanismos de segurança, ou modos de ensinar, que envolvem estratégias que proporcionam a sensação de que ensinar ciências pode ser fácil (CARVALHO; GIL-PEREZ, 1995; LIMA; MAUÉS, 2006). Alguns destes mecanismos são: dar menos ênfase a conteúdos ligados a ciências, optar por temas

que dominam mais, seguir o livro didático passo a passo, preferir aulas expositivas ao invés de fomentar o diálogo e o questionamento, não realizar atividades experimentais ou usá-las raramente e apenas para ilustrar a teoria.

A interação entre especialistas nas áreas de conteúdo específico e os professores podem reduzir as lacunas de conteúdo e mesmo de metodologia, como mostra a pesquisa levada a cabo por Longhini (2008) no acompanhamento de professoras durante o planejamento e implementação de atividades de ciências para os anos iniciais. Contudo, não suprem por completo a questão dos conteúdos, costumeiramente negligenciados nos cursos para formação inicial de professores.

Não podemos ser ingênuos a ponto de propor que os cursos de Pedagogia se transformem em cursos de ciências da natureza, pois estes profissionais têm necessidades formativas distintas de um professor de conteúdo específico que atua nos anos posteriores do Ensino Básico. Contudo, é possível propiciar experiências que conduzam a uma interpretação mais adequada tanto de conteúdos científicos quanto do ensino de ciências, já na formação inicial, e que possam ser desenvolvidas gradualmente com uma formação continuada de qualidade.

A formação inicial deficiente é apontada pelos próprios docentes como limitadora da implantação de estratégias diferenciadas de ensino e aprendizagem de ciências, porém, esse problema não atinge apenas os docentes que atuam nos anos iniciais da escolarização e existem vários outros fatores envolvidos. Ramos e Rosa (2008), em um estudo sobre os motivos pelos quais as professoras das séries iniciais não utilizavam atividades experimentais, apresentaram outras justificativas, muitas delas ligadas a uma cultura escolar motivadora da manutenção de posturas tradicionalistas no ensino. Isso inclui a falta de trabalho coletivo, ausência de materiais para as atividades práticas e de tempo disponível para prepará-las e a falta de incentivo por parte de diretores e coordenadores pedagógicos da escola.

As deficiências no entendimento do que é ciência também são bastante citadas na literatura da área. Em um levantamento feito por Gil Perez *et al.* (2001) são apresentadas as principais distorções na visão de ciência e do trabalho científico, bem como suas consequências no ensino de ciências apresentadas em dezenas de artigos. Segundo estes autores a visão deformada mais amplamente observada é a denominada concepção empírico-indutivista e atórica, destacando o

papel “neutro” da observação e experimentação. Outra distorção amplamente identificada é a visão rígida, algorítmica, exata e infalível da ciência, regida por um suposto “método científico” único e composto por etapas seguidas mecanicamente. Em consequência aparece a visão aproblemática, ahistórica e, portanto, dogmática e fechada do trabalho científico. Outras distorções incluem a visão exclusivamente analítica da ciência, a *visão* acumulativa e de crescimento linear do conhecimento científico, a visão individualista e elitista (grandes gênios isolados), e a imagem descontextualizada, socialmente neutra da ciência.

Visões mais adequadas do trabalho científico poderiam contribuir para um ensino menos expositivo e dogmático, trazendo para a sala de aula não apenas os resultados, mas o processo de construção do empreendimento humano chamado ciência. A compreensão mais adequada sobre o ensino da ciência tem relação com a compreensão de ciência.

É importante destacar que estas visões distorcidas do trabalho científico ocorrem com professores de vários níveis de ensino, inclusive universitários, e não apenas nos anos iniciais. Isso indica que mesmo a formação atual em uma área específica da ciência parece não ser suficiente para eliminar este problema.

Outra questão diz respeito às visões simplistas a respeito do ensino e aprendizagem das ciências (e do ensino e aprendizagem em geral). Por exemplo, a grande necessidade, por parte de professores, de ter respostas previamente conhecidas para dar aos alunos indica uma visão de ensino transmissivo, no qual o professor tem como principal papel fornecer respostas corretas prontamente. Esta concepção aumenta a ansiedade e angústia de professores com relação às aulas, já que possuem pouco domínio de conteúdos específicos e, em consequência, diminuem sua disposição em ensinar ciências de maneira geral, ou pelo menos daqueles assuntos com os quais não têm familiaridade.

A reflexão docente a respeito das suas próprias concepções de ensino e aprendizagem aliada à análise crítica do ensino tradicional e dos contextos escolares são necessidades formativas do professor que podem contribuir com sua prática. Estas necessidades, segundo Carvalho e Gil-Pérez (1995), incluem saber preparar atividades capazes de gerar aprendizagem significativa, saber dirigir o trabalho dos alunos e saber avaliar.

Apesar de todos os problemas mencionados, a simples constatação das deficiências do ensino ou dos professores nos anos iniciais veiculadas nas pesquisas começa a ser questionada. É necessário mudar o foco deste tipo de pesquisa que promove o modelo de *déficit* do conhecimento do professor (GOLBY *et al.*, 1995 *apud* LIMA; MAUÉS, 2006) e investigar aquilo que o professor pode fazer, levando a uma expectativa mais realista do ensino de ciências nas séries iniciais. Lima e Maués (2006, p. 166) afirmam que mesmo não tendo um domínio adequado do conteúdo de ciências, os professores podem estabelecer uma mediação de qualidade entre as crianças e os objetos do conhecimento. Para isso, mobilizam saberes de outras áreas para desenvolver atividades relevantes, estimulando a criatividade das crianças, favorecendo sua interação com o mundo, ampliando seus conhecimentos, levantando e confrontando os conhecimentos prévios dos alunos. Isto não significa que os conteúdos devam ser abandonados, mas que a função docente neste nível de ensino não é simplesmente ensinar conceitos, que necessitam de elaboração e reelaboração por parte dos alunos ao longo da sua trajetória escolar, mas a de “um companheiro de viagem, mais experiente nos caminhos, na leitura dos mapas, no registro e na sistematização da experiência vivida” (*Id. Ibid.*, p. 170). Por outro lado, a falta de compreensão dos conteúdos pode limitar qualidade desta mediação, em especial quando sabemos que as ideias de muitos professores, em desacordo com as aceitas cientificamente, podem ser parecidas com as dos alunos, conforme nos apresenta Wandersee, Minitzes e Novak (1994).

Partindo do pressuposto de que ensinar ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental é possível e desejável, é necessário abordar a questão da formação docente frente aos problemas levantados anteriormente.

Carvalho (2004) propõe três grandes critérios estruturantes para o ensino de ciências. O primeiro deles é o conteúdo a ser ensinado, que envolve além da dimensão conceitual, as dimensões procedimentais e atitudinais, incluindo-se aí a discussão dos valores do próprio conteúdo. Este critério abordaria aspectos de uma aculturação científica e não apenas uma acumulação de conteúdos científicos. O segundo critério é a metodologia, que envolveria uma visão de ensino mais próxima dos trabalhos científicos integrando teorias, práticas experimentais e de laboratório e resolução de problemas de maneira mais coesa. Esta visão contribuiria para o desenvolvimento das três dimensões de conteúdo científico, o conceitual, o

procedimental e o atitudinal. O terceiro critério se refere ao papel do professor, suas principais dificuldades e superações necessárias a um engajamento mais consistente em metodologias investigativas, tanto do ponto de vista da aprendizagem do aluno como do próprio ensino, a partir de propostas de reflexão *na e sobre a ação* docente. A estes três critérios apontados por Carvalho (2004), acrescentamos a concepção de aprendizagem adotada e suas influências na prática educativa em geral e na de ensino de ciências em particular. No caso desta investigação, adotamos a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2006a; 2010).

Em relação ao terceiro critério, Carvalho (2004) aponta três condições a serem alcançadas pela formação docente. A primeira é a problematização a respeito da influência no ensino das concepções dos professores sobre ciências, educação e ensino de ciências. Incluímos nesta condição a problematização sobre as concepções dos professores sobre a aprendizagem e suas relações com o ensino e a avaliação. A segunda é o favorecimento da vivência de propostas inovadoras e a reflexão crítica sobre as atividades de sala de aula. A terceira condição seria a diminuição do distanciamento entre as contribuições da pesquisa educacional e sua adoção por meio da introdução dos professores no universo das investigações dos problemas de ensino e aprendizagem de ciências.

Uma das reclamações frequentes dos professores, tanto na formação inicial como em serviço, é a de que são cobrados a realizar um ensino “diferente” e “inovador”, mas nunca tiveram acesso a este ensino na condição de alunos. Isto significa que faltam referências vivenciais de propostas coerentes e bem fundamentadas que se apresentem como alternativa para atuação em sala de aula. A criação de espaços para favorecer criticamente tais vivências para professores dos anos iniciais tanto na formação inicial quanto na continuada parece ser fundamental, pois

não se pode exigir que docentes realizem em suas aulas o que não vêem aplicado na própria formação. Trata-se, pois, de uma questão de coerência entre o que os educadores aprendem (e como aprendem) e o que se lhes pede que ensinem (e como ensinam) em suas aulas, tanto no que se refere a conteúdos quanto a enfoques, métodos, valores e atitudes (REALI; MIZUAMI, 2002, p. 39).

A participação dos professores é indispensável e, como aponta Cachapuz, Praia e Jorge (2004, p. 387), qualquer mudança de perspectiva no ensino de ciências só pode ser levada a cabo se os professores acreditarem que a mudança seja possível e que possam formar uma representação coerente da inovação pretendida. Propostas de mudanças ou inovações, sejam elas pequenas ou mais profundas, devem ter clareza suficiente para que possam ser colocadas em prática. Assim, mudanças propostas por pesquisadores ou pelos próprios professores podem ser experimentadas, sendo aceitas, recusadas ou adaptadas conforme os resultados em cada contexto específico. Além disso, é preciso mais informação e tempo para implementar mudanças que impliquem em assumir mais riscos e inseguranças, mesmo que temporárias (GARCIA, 1999, p. 49).

Com relação à aproximação da pesquisa com a prática docente, Gauthier *et al.* (1998) apresenta e discute três erros que deveriam ser evitados. O primeiro deles é o aplicacionismo, ou seja, a ideia equivocada na qual os professores são aplicadores dos resultados de pesquisa, noção ligada a racionalidade técnica. Os professores devem interagir com os pesquisadores e serem informados das pesquisas, seus resultados, seus processos e também suas limitações e, na medida do possível, fazer parte delas. Com isso ele pode modificar sua visão de ensino e, de acordo com o seu contexto específico, fazer uso das pesquisas da forma que lhe convier. Ou seja, o professor, na condição de profissional da docência, tem autonomia para discernir e decidir o que fazer com os resultados de pesquisa na sua realidade.

O segundo erro é o nihilismo, ideia equivocada, oposta ao aplicacionismo, na qual o ambiente escolar é considerado totalmente imprevisível, a ponto de não ser possível nenhum tipo de aplicação ou generalização de pesquisas da área de ensino. Isso impediria qualquer aproximação entre pesquisa e prática, negando a importância da interação entre pesquisadores e professores.

O terceiro erro contra o qual Gauthier *et al.* (1998) luta é o senso comum, que traz a ideia de que:

Ensinar, como muitos ainda sustentam, exige apenas talento, ou só exige o conhecimento da matéria, ou então é uma questão de experiência, etc. Esses clichês impedem o desenvolvimento da reflexão sobre a profissão; eles prejudicam a constituição de um saber propriamente pedagógico com a ajuda da pesquisa. Eles mantêm a ideia de que a pesquisa no campo do ensino foi, ainda é e sempre será inadequada e inútil para os professores. (GAUTHIER *et al.*, 1998, p. 398)

A pesquisa na área da didática das ciências, como afirma Cachapuz (2008), apresenta no que diz respeito aos professores um modelo dominante de investigação *sobre e para* professores. Este modelo é linear, partindo do princípio de que a teoria precede a prática e deixa os professores com pequeno grau de protagonismo e independência. Outro modelo mais integrador é a investigação “com” e “por” professores. Neste segundo modelo, o protagonismo e o estatuto do professor no processo investigativo apresenta grau mais elevado e mais de acordo com conceitos como o de professor-pesquisador. Neste sentido, a relevância dada ao papel do professor se assenta no reconhecimento de sua função de mediador e também produtor do conhecimento sobre ensino e transformador da prática. Por outro lado, conforme Cachapuz, a consecução de investigações “com” e “por” professores envolve necessariamente maior formação teórica e profissional destes, bem como uma iniciação à investigação.

O papel dos professores nas mudanças no ensino deve ser analisado adequadamente, pois pode estar baseado em perspectivas de formação distintas e até mesmo contraditórias. A reflexão crítica sobre estas perspectivas por parte de professores e formadores é extremamente relevante para se ter uma visão de conjunto acerca da atuação docente. Lorencini Jr. (2009a) discute três destas perspectivas: a da racionalidade acadêmica, a da racionalidade técnica e a da racionalidade prática. Na perspectiva acadêmica, o professor é visto como aquele que domina o conteúdo e, quanto mais souber sobre a sua matéria, melhor professor vai se tornar. O ensino é visto como transmissão e a aprendizagem é vista como acumulação de conteúdos. Assim, a formação prioritária se concentra no conhecimento dos conteúdos e domínio de técnicas didáticas para sua transmissão mais eficaz. Esta perspectiva é bastante encontrada nas universidades.

No enfoque da racionalidade técnica ou instrumental, o professor é visto como um aplicador de técnicas e procedimentos para atingir resultados esperados. Estes procedimentos seriam trazidos por pesquisadores da área, que se

incumbiriam de produzi-los, restando ao professor aplicá-los convenientemente. Esta abordagem se baseia na ideia de ensino como ciência aplicada, com viés notadamente comportamentalista, na qual “a prática profissional consiste na solução instrumental de problemas mediante a aplicação de um conhecimento teórico e técnico, previamente disponível, que procede da pesquisa científica” (CONTRERAS, 2002, p. 90). A perspectiva técnica ignora que diferentes contextos exijam diferentes abordagens, ao tratar de maneira homogênea a situação de ensino. Ignora também as características da realidade escolar como a complexidade, a incerteza, a instabilidade, a singularidade e os conflitos de valores, que exigem a busca de respostas durante o desenvolvimento da ação docente, não sendo passível de ser determinada antecipadamente. Além disso, retira da profissão docente o seu caráter político ao determinar de antemão os fins e os meios para atingi-los. A formação vista como “treinamento” de professores evoca esta concepção tecnicista.

A terceira perspectiva seria a prática, que analisa criticamente e se contrapõe ao enfoque técnico. Essa perspectiva concebe o professor como agente de transformação e o ensino como atividade complexa, contextual e com resultados muitas vezes imprevisíveis. As decisões são tomadas e as escolhas são feitas para enfrentar situações únicas, ambíguas, incertas e conflituosas da sala de aula, tendo pressupostos e consequências éticas e políticas. Nessa abordagem, a formação do professor se baseia na aprendizagem da prática, para a prática e a partir da prática. Algumas expressões comuns a essa perspectiva são a do professor pesquisador, a do professor prático reflexivo e do professor como intelectual crítico e transformador. (LORENCINI JR., 2009a)

A atuação do professor entendida como prático reflexivo não deve ser vista como a mera condição de simplesmente refletir sobre o que faz e como faz. Em tese todos refletem, porém, a proposta é sair da reflexão ocasional e torná-la um hábito ou uma postura de prática reflexiva. Isso significa que “sejam a base de uma análise metódica, regular, instrumentalizada, serena e causadora de efeitos; essa disposição e essa competência, muitas vezes, só podem ser adquiridas por meio de um treinamento intensivo e deliberado” (PERRENOUD, 2002, p. 47).

A reflexão pode ocorrer em vários contextos. Enquanto o professor atua, ele mobiliza conhecimento e saberes na ação. Esse “conhecimento na ação” orienta a atividade humana, fruto da experiência e das reflexões anteriores e é manifestado no saber fazer. A reflexão na ação ou durante o calor da ação ocorre

nos momentos de tomada de decisão frente a urgências ou situações inesperadas no contexto docente em interação com alunos, pais ou colegas. Já a reflexão sobre a ação, ou distante do calor da ação, permite uma perspectiva distanciada onde se reflete sobre o já ocorrido, permitindo tanto uma melhor compreensão e avaliação do contexto e das ações empreendidas, quanto uma prospectiva de eventos futuros. Há também a reflexão sobre a reflexão na ação, condição da qual não apenas se reflete sobre o que se faz, mas sobre o que se refletiu enquanto fazia. Este tipo de reflexão pode incluir o sistema de ação docente e não apenas uma ação em particular, o que implica em refletir sobre sistemas de pensamento mais abrangentes que sustentam a prática (*Id. Ibid.*; SCHÖN, 2000).

Perrenoud (2002, p. 48) aponta 10 motivos pelos quais se deve investir na formação de professores e motivá-los a refletir sobre a sua prática e, ao discutir cada um deles faz uma síntese na qual todos se resumem: a “construção de sentido”, seja do trabalho na escola, seja da própria vida. São eles:

1. Compensar a superficialidade da formação profissional;
2. Favorecer a acumulação de saberes de experiência;
3. Propiciar uma evolução rumo à profissionalização;
4. Preparar para assumir uma responsabilidade política e ética;
5. Permitir enfrentar a crescente complexidade das tarefas;
6. Ajudar a vivenciar um ofício impossível;
7. Oferecer os meios necessários para trabalhar sobre si mesmo;
8. Estimular a enfrentar a irredutível alteridade do aprendiz;
9. Aumentar a cooperação entre os colegas;
10. Aumentar as capacidades de inovação.

Ainda segundo Perrenoud, a formação do professor reflexivo não é simples, exigindo formação intensiva e deliberada para a análise, pois a prática reflexiva, como o próprio nome indica, é conquistada mediante a prática. O passo decisivo ocorre quando

a reflexão transforma-se em um componente duradouro do *habitus* - esta ‘segunda natureza’ responsável pelo fato de que, a partir de certo limite, torne-se impossível não fazer mais perguntas, exceto depois de uma cura de desintoxicação (PERRENOUD, 2002, p. 63)!

O ensino pode ser considerado uma prática social e, nesta concepção, a perspectiva reflexiva deve evitar a chamada “ilusão da reflexão” (ZEICHNER *apud* LORENCINI JR., 2009b). Isso significa evitar que a reflexão seja considerada como um fim em si mesma, ou que seja reduzida simplesmente às questões imediatas da sala de aula. A reflexão passa então a levar em consideração aspectos do contexto social, ético e político, e as relações da sala com a escola e com a sociedade, num processo de reconstrução da prática e transformação social. O processo reflexivo não se resume a uma reflexão individual, mas inclui, sobretudo, o trabalho coletivo, colaborativo e a reflexão com os pares.

Neste sentido, Alarcão (2008) aborda a questão do fascínio inicial pela perspectiva reflexiva e da desilusão ocorrida em seguida, a partir das altas expectativas ligadas a esta proposta. Ela afirma que a compreensão do significado da prática reflexiva não foi aprofundada e se tornou, em muitos cursos para formação docente, apenas um *slogan* da moda, destituído de sentido. É também necessário reconhecer as dificuldades pessoais e institucionais de implementação de propostas sistemáticas, e não apenas pontuais, para formação inicial e continuada de natureza reflexiva. A proposta de Alarcão leva em consideração a escola como espaço de desenvolvimento profissional do professor e amplia a concepção de professor reflexivo em direção ao conceito de escola reflexiva.

[...] se a vida dos professores tem o seu contexto próprio, a escola, esta tem que ser organizada de modo a criar condições de reflexividade individuais e colectivas. Vou ainda mais longe. A escola tem que se pensar a si própria, na sua missão e no modo como se organiza para a cumprir. Tem, também ela, de ser reflexiva (*Id. Ibid.*, p. 44).

Assim, a condição de professor reflexivo, que reflete em situação e constrói conhecimento a partir do pensamento sobre a sua prática, é transponível para a comunidade educativa que é a escola, vista como uma organização que reflete, aprende e se transforma. Isso implica em mudanças profundas na cultura escolar.

Diante do que foi exposto, a formação do professor de ciências para os anos iniciais do Ensino Fundamental, com todos os seus problemas, deve ser encarada como atividade complexa, saindo da lógica de simplesmente ensinar conteúdos aos professores, como se isso fosse suficiente, e evitando também a

postura de considerar os professores como meros aplicadores de métodos ou estratégias elaboradas por especialistas.

Nesse sentido a interação entre especialistas e professores pode ser vantajosa para ambos, quando se assenta em relações horizontais e buscam uma maior integração com a prática docente e seus contextos. Assim, a perspectiva prática na formação docente aliada a investigações “com” e “por” professores pode proporcionar empreendimentos viáveis e duradouros no contínuo aperfeiçoamento do ensino.

2.2 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Qualquer proposta educativa pressupõe uma concepção de aprendizagem que lhe dê suporte. No caso da investigação da proposta de intervenção apresentada neste trabalho, será utilizada a Teoria da Aprendizagem Significativa.

A teoria da aprendizagem significativa foi proposta por David Ausubel na década de sessenta do século passado, e se colocava como alternativa à visão comportamentalista predominante naquela época. Esta perspectiva, de caráter cognitivista, é chamada de clássica por Moreira, o qual aponta desdobramentos posteriores realizados com a contribuição das ideias de outros autores, tais como Joseph Novak, Bob Gowin e o próprio Moreira (2006a).

A aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação, ideia, conceito ou proposição se relaciona com algum conhecimento prévio especificamente relevante e disponível na estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não-literal (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980; AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2006a). Este conhecimento prévio especificamente relevante é chamado de *subsunçor* e serve como ancoradouro para as novas informações ou conhecimentos adquiridos.

Uma interação cognitiva entre a nova informação e os conhecimentos prévios é dita não-arbitrária, ou substantiva, quando não é fragmentada, desordenada ou aleatória, relacionando-se com *subsunçores* “especificamente” relevantes e estáveis. Por não-literal entende-se que um conceito ou proposição pode ser representado por palavras ou expressões sinonímicas, já que existe a construção de significados que podem ser expressos de diferentes

maneiras, ao contrário da forma literal, *ipsis litteris* ou ao pé da letra, na qual proposições podem ser simplesmente memorizadas, sem atribuição de significados.

Este tipo de interação cognitiva entre o conhecimento novo e os *subsunçores* são considerados o núcleo firme da perspectiva proposta por Ausubel (MOREIRA, 2006b). Por este motivo, aquilo que o aprendiz já sabe é considerado o fator isolado mais relevante e influente no processo da aprendizagem significativa, seja facilitando, inibindo ou limitando a aquisição e retenção de novos significados.

A estrutura cognitiva existente – a organização, estabilidade e clareza de conhecimentos de um indivíduo numa determinada altura – considera-se o principal fator a influenciar a aprendizagem e a retenção de novos materiais de instrução potencialmente significativos na mesma área de conhecimentos. As propriedades da estrutura cognitiva relevante determinam quer a clareza e a longevidade dos significados, que surgem à medida que entra novo material no campo cognitivo, quer a natureza do processo interativo que ocorre (AUSUBEL, 2003, p. 62).

Este processo interacional entre os conhecimentos novos e os *subsunçores* contribui para a aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva do aprendiz. O produto deste processo que caracteriza a aprendizagem significativa não resulta apenas em um novo significado, mas inclui também a modificação das ideias prévias que ancoraram o novo conceito. Isso significa que além dos novos conhecimentos adquirirem significados, os conhecimentos prévios se tornam mais elaborados, mais ricos em significados, mais estáveis cognitivamente e mais capazes de facilitar a posterior aprendizagem significativa de outros conhecimentos.

Segundo esta teoria, a aprendizagem significativa diverge da aprendizagem mecânica ou por memorização, na qual as informações pouco interagem com os conhecimentos anteriores ficando armazenadas de maneira arbitrária e literal, tendo como exemplo típico a “decoreba” antes de exames escolares. Entretanto, estes dois tipos de aprendizagem não devem ser interpretados de maneira dicotômica, mas como pólos opostos de um *continuum*. Isso significa dizer que existem diferentes níveis de aprendizagem que podem estar mais próximas de um pólo ou do outro, sendo mais ou menos significativas, mais ou menos mecânicas, de acordo com a quantidade e qualidade das interações cognitivas realizadas.

Nessa perspectiva existem duas condições para a ocorrência da aprendizagem significativa. Uma destas condições é a de que o material a ser aprendido deve ser potencialmente significativo, o que implica dois aspectos. O primeiro deles é que o material de aprendizagem, em si, deve ter um “significado lógico”³, cuja natureza ou estrutura seja suficientemente plausível e não aleatória, situando-se no âmbito da capacidade de aprendizagem geral humana (AUSUBEL, 2003). Os materiais ou conteúdos do currículo escolar em geral, por exemplo, costumam ter significado lógico. O segundo aspecto se refere ao aprendiz, que deve possuir em sua estrutura cognitiva particular *subsunçores* específicos adequados, ou seja, deve dispor de conteúdo relevante e relacionável de maneira substantiva e não literal ao novo material.

No processo significativo de interação cognitiva entre os novos conhecimentos e os prévios, os significados lógicos dos conteúdos se transformam em “significados psicológicos”, particulares de cada indivíduo, já que os conteúdos da estrutura cognitiva e suas relações são invariavelmente idiossincráticos, construídos a partir de histórias de vida e aprendizado distintas. Contudo, a natureza idiossincrática da aprendizagem não exclui a possibilidade de existência de significados sociais compartilhados, suficientemente semelhantes para permitirem uma comunicação e uma compreensão interpessoal (*Id. Ibid.*, 2003).

A segunda condição para a ocorrência da aprendizagem significativa é a disponibilidade pessoal para o aprendizado, ou a predisposição do sujeito para aprender significativamente. Caso não haja a intenção de aprender, ou seja, de relacionar o novo material aos conhecimentos anteriores de maneira substantiva e não arbitrária, não haverá aprendizado significativo. Isto quer dizer que “o verdadeiro aprendizado é causado pela ação do aprendiz, não do professor” (GOWIN, 1981, p. 54). Por isso, mesmo que o material seja potencialmente significativo, ou seja, tenha significado lógico e o aprendiz tenha *subsunçores* adequados disponíveis, a aprendizagem pode não ser significativa. O aprendiz pode optar por utilizar um “mecanismo de aprendizagem mecânica”, memorizando as novas informações de maneira arbitrária e literal. Vale lembrar aqui que esta predisposição é um

³ A palavra “lógica” não é utilizada aqui no sentido atribuído pela Filosofia. “Para ser ‘logicamente’ significativo, o material de aprendizagem não necessita de ser logicamente válido nem empiricamente verdadeiro, desde que seja sensível, plausível, e não aleatório” (AUSUBEL, 2003, p. 101).

compromisso afetivo no sentido de querer e não no sentido de gostar (MOREIRA, 2008, p. 20).

A aprendizagem significativa exige que os aprendizes manifestem um “mecanismo de aprendizagem significativa”. Ausubel (2003) apresenta quatro critérios que indicam quando o estudante assumiu uma responsabilidade adequada pela própria aprendizagem:

1. Quando aceita a tarefa de aprender ativamente, procurando compreender o material de instrução que lhe ensinam;
2. Quando tenta, de maneira genuína, integrá-los aos conhecimentos que já possui;
3. Quando não evita o esforço por novas aprendizagens, muitas vezes difíceis, e não exige que o professor faça tudo por ele;
4. Quando decide fazer as perguntas necessárias sobre o que não compreende.

Estas condições apontam que, além de idiossincrática, a aprendizagem significativa é necessariamente ativa, pois é o aprendiz quem decide em que tipo de mecanismo de aprendizagem irá se engajar (significativa ou mecânica) e qual nível de esforço empregará na construção de novos significados.

Ausubel (2003) apresenta três tipos básicos de aprendizagem significativa: a *representacional*, a *conceitual* e a *proposicional*. A aprendizagem representacional é o tipo mais fundamental, da qual dependem os outros, e se refere à aprendizagem dos significados de símbolos individuais (palavras, símbolos algébricos e químicos, figuras, entre outros), ou seja, o que estes representam. A aprendizagem conceitual vai além da simples representação ou rotulação, pois implica na compreensão do conceito em si, ou seja, as ideias unitárias genéricas ou categóricas. Isto significa aprender os atributos de critério envolvidos tanto na identificação quanto na distinção dos conceitos. A aprendizagem proposicional refere-se aos significados de ideias expressas por grupos de palavras combinados em proposições ou frases. As palavras se combinam de tal forma (geralmente em uma frase) que a nova ideia resultante é mais do que a soma dos significados das palavras individuais componentes (*Id. Ibid.*).

A assimilação de conceitos pode ocorrer de diferentes formas, dependendo da relação das novas informações com a estrutura cognitiva, que é organizada de maneira hierárquica. Além disso, depende das variáveis desta estrutura cognitiva, tais como a disponibilidade, estabilidade, longevidade e clareza das ideias ancoradas e respectiva capacidade de discriminação tanto das novas ideias quanto das ideias já ancoradas e relevantes (*Id. Ibid.*, p. 93).

Uma das três formas hierárquicas de relacionar novas informações com ideias já existentes na estrutura cognitiva é chamada de “aprendizagem subordinada” ou simplesmente “subsunção”. Nesta modalidade o novo material potencialmente significativo é ancorado à ideias relevantes mais gerais e inclusivas da estrutura cognitiva do aprendiz, podendo ser “derivativa” ou “correlativa”. Na subsunção derivativa entende-se o novo material como um exemplar específico ou ilustrativo de um conceito ou proposição geral anteriormente aprendido. Na subsunção correlativa, o novo material é uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de conceitos ou proposições anteriormente aprendidos, porém, seu significado não está implícito e não pode ser adequadamente representado pelos subsunçores. Esse processo de subsunção é considerado o tipo mais frequente e comum de aprendizagem significativa de novos materiais (*Id. Ibid.*; MOREIRA, 2006).

A segunda forma é conhecida como “aprendizagem superordenada” ou “subordinante”, na qual, ao contrário da subordinada, o indivíduo apreende uma nova proposição mais inclusiva, que pode subordinar várias ideias preexistentes e estabelecidas, porém menos gerais e inclusivas.

A terceira forma é a “aprendizagem combinatória”, quando a nova proposição não gera uma relação nem subordinada nem subordinante com ideias relevantes particulares. Ao invés disso, consistem em relações com “um vasto conjunto anterior de conteúdo geralmente relevante na estrutura cognitiva, em virtude da *congruência geral* dos mesmos em relação a tal conteúdo como um todo” (AUSUBEL, 2003, p. 95).

Durante a assimilação de conceitos, ocorrem dois processos cognitivos dinâmicos denominados “diferenciação progressiva” e “reconciliação integrativa”. O primeiro está associado principalmente à aprendizagem significativa subordinada, na qual os *subsunçores* vão ficando progressivamente mais diferenciados e mais ricos na medida em que interagem com os novos

conhecimentos menos gerais e inclusivos. O segundo, mais ligado a aprendizagem superordenada e combinatória, diz respeito à combinação ou recombinação de elementos pré-existentes na estrutura cognitiva, dando origem a organizações e reorganizações de significados.

No processo dinâmico da cognição, não há como realizar, de maneira totalmente independente a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, pois “à medida que aprende, o sujeito vai, progressivamente, diferenciando sua estrutura cognitiva, mas, ao mesmo tempo, tem que ir reconciliando diferenças reais ou aparentes e fazendo superordenações” (MOREIRA, 2008, p. 35). Assim, a organização do conteúdo cognitivo, numa determinada área de conhecimentos, tende a ser cada vez mais dinamicamente hierarquizada na mente de quem aprende. Nesta hierarquia, os conceitos ou ideias mais gerais e inclusivas ficam no topo da estrutura, abrangendo proposições, conceitos e dados menos inclusivos e mais diferenciados (*Id.*, 2006a).

A aprendizagem significativa, como já abordada, implica na relação não arbitrária e não literal entre conhecimentos novos e prévios. Porém, aprendizagem significativa não implica necessariamente em aprendizagem correta. Podemos aprender significativamente conceitos, ideias e proposições equivocadas, desde que sejam relacionadas e contribuam para a atribuição de significados na mente de quem aprende. Além disso, a estabilidade dos conceitos na estrutura cognitiva do aprendiz depende do uso que se faz destes conceitos e da lógica do aprendiz.

Muitos destes conhecimentos, incorretos do ponto de vista científico ou mesmo da ciência escolar, podem estar disponíveis, estáveis e substantivamente relacionados dentro da estrutura cognitiva. Isso poderia explicar a resistência à modificação das chamadas concepções prévias ou alternativas trazidas pelos alunos, quando estes são submetidos a abordagens instrucionais convencionais, conforme relatado fartamente na literatura de ensino de ciências (WANDERSEE; MINTZES; NOVAK, 1994). Segundo Novak (2002), uma das possibilidades de explicação dessa resistência é a de que as ideias anteriores, chamadas de concepções alternativas, tenham sido aprendidas significativamente, podendo ser retidas por longo prazo, e as novas ideias, apresentadas pela ciência escolar, são aprendidas mecanicamente, servindo apenas para fornecer respostas “corretas” em provas, sendo em seguida rapidamente esquecidas.

2.2.10 Processo de Ensino e de Aprendizagem Baseado na Aprendizagem Significativa

A partir dos elementos expostos anteriormente, a aprendizagem pode ser entendida como uma reorganização de significados, por meio da interação substantiva e não arbitrária entre conhecimentos novos e prévios. Assim, o processo educativo, abordado de maneira ampla, é aquele no qual buscamos ativamente a mudança do significado da experiência (NOVAK; GOWIN, 1984). A educação, de maneira geral, é concebida como um evento social no qual significados são compartilhados. É exatamente a capacidade dos indivíduos de compartilhar significados que torna possível a ocorrência de um evento educativo (GOWIN, 1981).

Numa abordagem humanista, Joseph Novak, baseando-se nas ideias de Ausubel, propõe uma educação que integre de maneira construtiva os pensamentos, os sentimentos e as ações visando ao engrandecimento humano (MOREIRA, 2006a; NOVAK, 2010). Isso implica no aumento progressivo da autonomia do aprendiz em decidir o próprio destino e da sua capacidade de aprender a aprender. Segundo Gowin (1981), na medida em que as pessoas vão se tornando cada vez mais responsáveis e aptas a controlar os eventos educativos, a educação vai se tornando autoeducação. E essa seria sua finalidade.

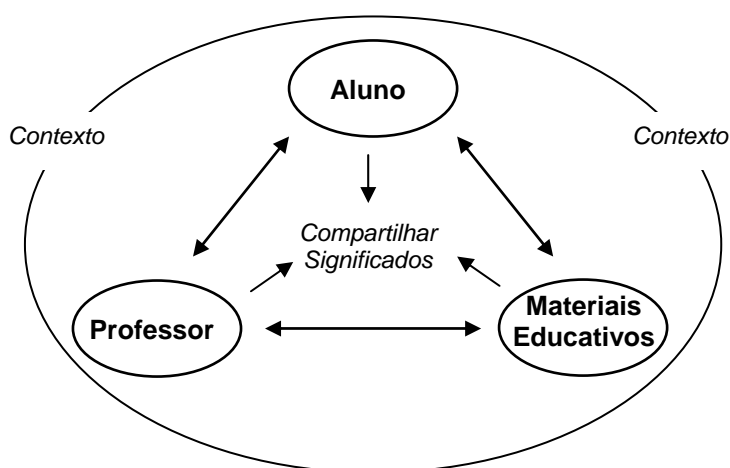
Neste sentido, a educação deveria levar a uma mudança construtiva das habilidades das pessoas no enfrentamento das experiências. Este engrandecimento humano por meio do conhecimento é derivado de uma aprendizagem significativa, que daria ao aprendiz um maior domínio e controle sobre o próprio aprendizado. No sentido oposto, a aprendizagem essencialmente mecânica, ainda predominante nas escolas, além de não contribuir em nada para tal engrandecimento, costuma ser responsável por fazer com que muitas pessoas se tornem temerosas diante de determinadas áreas do conhecimento (NOVAK, 2010). Muitos alunos também podem se sentir confortáveis com a aprendizagem mecânica dos conteúdos escolares, pois isso pode propiciar uma sensação (aparente) de que aprenderam. Além disso, a aprendizagem mecânica costuma trazer resultados positivos em avaliações mais mnemônicas, ainda bastante comuns nas escolas.

Num contexto mais específico, tal como o escolar, o evento educativo pode ser definido como aquele no qual professor e aluno negociam

significados com o propósito de compartilhá-los, a partir do material curricular. Assim, o papel do professor é o de mediador desta negociação, já que conhece em maior profundidade a temática a ser aprendida. Este modelo triádico envolvendo a interação entre o aluno, o professor e os materiais educativos do currículo dentro de um contexto foi proposto por Gowin (1981), e revela uma perspectiva interacionista social da aprendizagem significativa que, segundo Moreira (2006b), apresenta uma visão basicamente Vygotskiana. A Figura 2.1 tenta retratar esquematicamente o modelo de ensino de Gowin.

Dentro da interação triádica podem ocorrer relações diádicas, tais como aquelas entre professor-materiais educativos, professor-aluno, aluno-aluno e aluno-materiais educativos. Estas relações podem ser educativas, quando são estabelecidas de maneira a tomar lugar na relação triádica, ou degenerativas, quando se tornam tão autocontidas que interferem negativamente na concretização da relação triádica (MOREIRA, 2006a, p. 163; GOWIN, 1981, p. 74).

Figura 2.1 – Esquema do modelo triádico de Gowin



Fonte: Moreira (2006a, p. 163)

A relação diádica professor-materiais educativos, por exemplo, se torna educativa quando é feita em função do aprendizado dos alunos, na adaptação ou reconstrução destes materiais com o propósito de facilitar o compartilhamento de significados. Por outro lado pode se tornar degenerativa, quando é realizada exclusivamente entre o professor e o conhecimento, excluindo o aluno do processo. Gowin (1981, p. 74) oferece alguns exemplos deste último caso, como: didatismo,

especialismo autoritário, dar instruções sem que ninguém as receba, a *prima donna* (tão brilhante que ninguém entende a performance), o obscurantista (cujos caminhos para o significado são tão tediosos e tortuosos que ninguém consegue seguir), o “demônio do detalhe” (quando as notas de rodapé e as nuances são tão complicadas, complexas e insignificantes que a mensagem central é perdida).

Com o estabelecimento destas interações educativas, “o ensino é consumado quando o significado do material que o estudante capta é o significado (ou conjunto de significados) que o professor intenciona que o material tenha para o estudante” (GOWIN, 1981, p. 81).

No que diz respeito à organização dos conteúdos de ensino, Ausubel apresenta alguns princípios facilitadores da aprendizagem significativa. São eles: a diferenciação progressiva⁴, a reconciliação integrativa, a organização sequencial e a consolidação (MOREIRA, 2000; AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2008).

No princípio da diferenciação progressiva os conceitos mais gerais e inclusivos devem ser apresentados primeiro, e progressivamente diferenciados, através de informações, dados ou conceitos mais pormenorizados e específicos. Parte-se do pressuposto de que é menos difícil aprender os aspectos diferenciados de um todo, anteriormente aprendido e mais inclusivo, do que formular o todo inclusivo a partir das partes diferenciadas anteriormente. Se o processo de aquisição e organização do conhecimento na estrutura cognitiva do aprendiz estiver, naturalmente, em conformidade com a diferenciação progressiva, é razoável supor que a aprendizagem seja melhorada se os professores ordenarem os conteúdos, intencionalmente, seguindo linhas semelhantes (AUSUBEL, 2003, p. 166).

No princípio da reconciliação integrativa, deve ser feito um esforço, de maneira explícita, para explorar as relações entre ideias relacionadas, apontando diferenças e similaridades, reconciliando inconsistências e discrepâncias reais ou aparentes e para combinar ou integrar ideias semelhantes que sejam relacionáveis umas as outras (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2008).

A organização sequencial dos conteúdos parte do princípio de que cada passo alcançado na aprendizagem pode servir de base apropriada para a ancoragem de aprendizagens subsequentes. Assim, o conteúdo deve ser

⁴ A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são apresentadas por Ausubel, tanto como processos do funcionamento cognitivo na aprendizagem significativa, quanto na condição de princípios programáticos facilitadores da mesma.

organizado de maneira tão coerente quanto possível com as relações de dependência naturalmente existentes entre os tópicos de estudo (MOREIRA, 2000). Além disso, esta organização envolve a análise lógica das tarefas, a diferenciação progressiva, as ideias já estáveis na estrutura cognitiva, a reconciliação integrativa e as hierarquias de aprendizagem (AUSUBEL, 2003, p. 172).

O princípio da organização seqüencial pressupõe o princípio da consolidação, ou seja, a insistência no domínio que está sendo estudado, antes de introduzir novos conhecimentos. Este princípio é uma decorrência natural da premissa de que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem posterior (MOREIRA, 2000).

Quando se detecta a ausência de *subsunçores* adequados, ou seja, de conhecimentos especificamente relevantes que possam ancorar a nova aprendizagem, pode-se optar pela adoção dos organizadores prévios, uma estratégia proposta por Ausubel para facilitar a aprendizagem significativa. Os organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem, em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade, para servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deveria saber para que o material se torne potencialmente significativo. Outra possibilidade é utilizá-lo para mostrar a relacionabilidade, não percebida pelo aprendiz, entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio (*Id. Ibid.*).

Dois recursos muito utilizados na perspectiva da aprendizagem significativa são a construção dos mapas conceituais, criados por Joseph Novak nos anos setenta, e dos Diagramas V, criados por Bob Gowin na mesma década. Os mapas conceituais são diagramas bidimensionais que representam a estrutura conceitual de determinada área de conhecimento, enfatizando os conceitos, as relações entre os conceitos e as hierarquias. Podem ser usados como recursos instrucionais, de avaliação e como auxiliares na organização curricular. Nos últimos anos, os mapas conceituais também têm sido utilizados em estratégias de aprendizagem colaborativa, com o aprimoramento das tecnologias de informação e comunicação e do uso do software CMapTools⁵. O Diagrama V é um instrumento de análise da estrutura do processo de produção do conhecimento que, pelo fato de ser utilizado na presente investigação, será mais bem detalhado a frente.

⁵ O software CMapTools é disponibilizado gratuitamente no site: <http://cmap.ihmc.us>

Cabe ressaltar um aspecto bastante relevante que se infere a partir do processo da aprendizagem significativa e que tem sérias implicações para o ensino: a “progressividade” da aprendizagem. Isso significa que a aprendizagem leva tempo, num processo de estruturação e reestruturação cognitiva contínua e não linear. Por isso, não se pode esperar que os alunos compreendam campos complexos de conhecimentos, contendo intrincadas relações entre conceitos de maneira significativa, se não propiciarmos condições adequadas para este aprendizado. Essas condições, além do que já foi exposto até aqui, incluem o tempo necessário à assimilação dos conceitos. A compreensão desse aspecto evidencia uma fragilidade em alguns currículos escolares abarrotados de tópicos a serem “ensinados” em curtos períodos de tempo, juntamente com a pressão em “cumprir todo o conteúdo”, objetivando tão somente “passar em provas”.

A análise da teoria da aprendizagem significativa pode nos fazer refletir sobre até que ponto o *modus operandi* das escolas incentiva os alunos a desenvolverem e fortalecerem o mecanismo de aprendizagem mecânica. Os alunos podem aprender, depois de reiteradas experiências escolares, que alguns professores valorizam mais as respostas literais, em conformidade com os livros, do que respostas substantivamente corretas mas apresentadas de maneira não literal. Outra razão, apontada por Ausubel (2003), é o nível de ansiedade elevada de muitos alunos e o fato de fracassarem repetidas vezes em determinadas disciplinas, o que por si só já evidencia um ensino inadequado. Assim, os alunos são levados a uma falta de confiança na capacidade de aprender significativamente e a acreditarem que não existe alternativa à memorização.

O processo de ensino e aprendizagem baseado nos pressupostos da aprendizagem significativa, implica na busca de estratégias que promovam a adoção e a consolidação de mecanismos de aprendizagem significativa por parte de alunos e professores. Isso requer uma análise crítica das práticas pedagógicas usualmente adotadas nas escolas e nos remete a uma aprendizagem que, além de significativa, deve ser crítica. Esta postura crítica envolve a tomada de decisão, consciente, sobre o que ensinar e como, levando em consideração porque e para quem ensinar, e com que tempo.

2.2.2 A Aprendizagem Significativa Crítica

Moreira (2000, 2010), inspirando-se em Postman e Weingartner (1969), propõe o conceito da aprendizagem significativa crítica, ou subversiva, como uma estratégia necessária para sobreviver na sociedade contemporânea. Segundo estes autores, a escola se ocuparia em ensinar conceitos fora de foco, tais como: o conceito de verdade absoluta fixa e imutável, o conceito de certeza, de entidade isolada, de estados de coisas fixas, de causalidade simples, única e mecânica, diferenças dicotômicas do tipo bom/ruim, certo/errado, sim/não, e o conceito de que o conhecimento é transmitido desde uma autoridade e não deve ser questionado. O autor afirma que estas ideias, escritas há mais de 40 anos, ainda são atuais nas escolas e que deste tipo de educação “resultariam personalidades passivas, aquiescentes, dogmáticas, intolerantes, autoritárias, inflexíveis e conservadoras que resistiriam à mudança para manter intacta a ilusão da certeza” (MOREIRA, 2000, p. 2).

Moreira afirma que, além de não ajudar os alunos a construir significados para os conceitos de relatividade, probabilidade, incerteza, sistema, função, assimetria, causalidade múltipla, graus de diferença, modelos, a educação acrescentou novos conceitos fora de foco. Estes novos conceitos são a idolatria tecnológica, a ideia de quanto mais informação melhor, de consumidor cômico de seus direitos (quanto mais consumir melhor, mesmo objetos desnecessários), a globalização econômica como algo necessário e bom, e a ideia de que “o mercado dá conta”, mesmo transformando a educação em mercadoria.

A aprendizagem significativa crítica é uma perspectiva antropológica que “permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela” e assim, “não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias” (*Id. Ibid.*, p. 5-6). É a partir deste tipo de aprendizagem que poderíamos:

[...] lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manejar a informação sem sentir-se impotente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo. Por meio dela, poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a ideia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca o captamos diretamente (*Id. Ibid.*, p. 6)

Moreira (2010) propõe onze princípios facilitadores da aprendizagem significativa crítica, que seriam viáveis para adoção e ao mesmo tempo críticas com relação ao que ocorre comumente nas salas de aula. São eles, sinteticamente:

1. Princípio do conhecimento prévio. Consonante às ideias de Ausubel e de maneira coerente com qualquer teoria construtivista de aprendizagem ou desenvolvimento cognitivo (Id. Ibid.), parte-se do pressuposto de que aprendemos a partir do que já sabemos. Ter aprendido significativamente é pré-requisito para ser crítico daquilo que aprendeu.
2. Princípio da interação social e do questionamento, ou seja, ensinar e aprender perguntas ao invés de respostas, pois o conhecimento nasce dos questionamentos e não da aceitação de verdades impostas. Além disso, é na interação social que pode ocorrer a negociação de significados.
3. Princípio da não centralidade do livro texto, ou da diversidade de materiais instrucionais como o uso de documentos, artigos e outros materiais educativos, permitindo a contraposição de autores, ideologias e pontos de vista distintos.
4. Princípio do aprendiz como perceptor-representador, que se contrapõe à ideia de aprendiz como mero receptor passivo, evidenciando seu caráter ativo de perceber o mundo e decidir representá-lo em sua mente, baseando-se na experiência passada.
5. Princípio do conhecimento como linguagem, ou seja, a compreensão de que a linguagem não apenas expressa o pensamento, mas está totalmente implicada em qualquer tentativa de perceber a realidade e construir o conhecimento.
6. Princípio da consciência semântica, ou seja, de que o significado está nas pessoas e não nas palavras. As palavras não são as coisas, representam as coisas.

7. Princípio da aprendizagem pelo erro⁶, que reconhece e evidencia o erro como componente natural e pedagogicamente relevante para uma aprendizagem construtiva e não dogmática.
8. Princípio da desaprendizagem, que pressupõe que o conhecimento prévio pode, em certos casos, se constituir em barreira, impedindo ou limitando os novos aprendizados. A desaprendizagem é entendida como “esquecimento seletivo”, ou a não utilização daquele conhecimento (ou subsunçor) que impeça o sujeito de captar os significados compartilhados a respeito do novo conhecimento.“ Aprender a desaprender, é aprender a distinguir entre o relevante e o irrelevante no conhecimento prévio e libertar-se do irrelevante, i.e., desaprendê-lo” (MOREIRA, 2000, p. 13).
9. Princípio da incerteza do conhecimento chama atenção para o fato de que “nossa visão de mundo é construída primordialmente com as definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos” (Id. Ibid., p. 14). Este princípio não deve ser confundido com indiferença ao conhecimento, ou que qualquer conhecimento vale, mas põe em relevo o fato de que o conhecimento é construído e, portanto depende de como foi construído e pode estar errado.
10. Princípio da não utilização do quadro-de-giz, da participação ativa do aluno, da diversidade de estratégias de ensino. O quadro negro, ou lousa, é usado como símbolo do ensino transmissivo e a sua substituição por quadros digitais ou apresentações do tipo PowerPoint não costuma modificar este tipo de abordagem.
11. Princípio do abandono da narrativa, ou seja, de deixar o aluno falar. Ao propor este princípio, Moreira baseia-se nas ideias de Finkel (2000), o qual propõe o conceito de aula como narrativa, ou seja, o professor passa a maior parte do tempo narrando os conteúdos para os alunos. Este modelo, largamente utilizado em sala de aula e considerado natural por pais, alunos e professores,

⁶ Moreira (2000, p. 11) faz uma clara distinção entre os conceitos de aprendizagem pelo erro e o de aprendizagem por ensaio-e-erro.

é considerado um meio ineficaz para estimular a compreensão por não contribuir para a negociação de significados. A metáfora usada aqui é a de “dar aula com a boca fechada” (MOREIRA, 2010).

A implementação destes princípios de ensino e aprendizagem depende de um meio social e educativo que os favoreçam, o que inclui um contexto, um currículo e uma avaliação coerentes com os mesmos. A observação desses princípios tem claras consequências para a prática pedagógica, conforme argumentado por Moreira (2000), e também podem contribuir para a discussão dos valores cognitivos e sociais associados à Educação Científica por parte dos professores de Ciências (SALVI; BATISTA, 2008). Esta abordagem traz também a discussão acerca da relevância do que se ensina e aprende dentro e fora da escola.

2.2.3 O Diagrama V

O Diagrama V, também conhecido como v heurístico, v epistemológico ou v de Gowin, foi criado na década de setenta por D. Bob Gowin e utilizado inicialmente para ajudar seus alunos de pós-graduação na leitura e interpretação de artigos científicos. Esta estratégia parte do pressuposto de que o conhecimento é construído, e não descoberto, e, portanto tem uma estrutura.

A análise da estrutura do conhecimento de um dado domínio é valorizada por Gowin, por permitir a compreensão da construção do conhecimento. Isto significa conhecer como as diversas partes de um assunto se relacionam com sua estrutura como um todo, e como algumas partes do conhecimento governam ou controlam outras partes. Esta estrutura pode ser desvelada pelo uso do Diagrama V, que derivou de um método analítico chamado de método das cinco questões (GOWIN, 1981, p. 88), que poderiam fornecer um melhor entendimento da pesquisa ao estudante:

1. Qual é a questão-foco, ou a pergunta básica do trabalho? Esta questão é aquela que direciona o trabalho de investigação e aponta o que deve ser procurado. Pode ser uma ou mais questões.

2. Quais são os conceitos-chave? Estes são os conceitos ou a estrutura conceitual de determinada área que são necessários à compreensão da investigação.
3. Quais métodos serão usados para responder a questão-foco? Esta questão se refere ao encaminhamento metodológico e à coleta e análise dos dados.
4. Quais são as afirmações (asserções) de conhecimento produzidas pelo trabalho? Estas são as afirmações dadas pelo pesquisador como respostas válidas às questões-foco da investigação.
5. Quais são as asserções de valor realizadas pelo trabalho? Estas são as asserções, explícitas ou implicadas, acerca do julgamento de valor da investigação e das respostas encontradas.

O Diagrama V, cujo nome deriva do seu formato, é uma maneira estruturada e visual de relacionar os aspectos metodológicos de uma atividade com seus aspectos conceituais e teóricos subjacentes. Nela, questões podem ser perguntadas e respondidas em qualquer ordem e todas devem ser usadas, pois em conjunto elas estabelecem a coerência na estrutura do conhecimento. A Figura 2.2 apresenta os 12 componentes desta estrutura.

A “questão foco”, que aparece no meio do Diagrama V, deve ser respondida com base em um *evento*, que aparece no vértice do “V”. No seu lado esquerdo aparecem os aspectos teórico-conceituais, como a visão de mundo subjacente ao trabalho, sua filosofia, teorias, princípios, constructos e conceitos. Do lado direito do v aparecem as questões metodológicas, como os registros, a transformação dos registros em dados, as asserções de conhecimento e de valor. O pressuposto fundamental que sustenta a construção do Diagrama V é que o conhecimento não é absoluto, mas é dependente dos conceitos, teorias e metodologias com as quais vemos o mundo (GOWIN; ALVAREZ, 2005).

A interação entre os dois lados do Diagrama deve ser ressaltada em sua construção, seja ele utilizado na leitura de um artigo, livro, atividade experimental ou outro evento educativo em geral. A Figura 2.3 apresenta um exemplo de Diagrama V construído a partir da análise de um experimento em um livro de Biologia.

Figura 2.2 – V de Gowin mostrando elementos epistemológicos que estão envolvidos na construção ou descrição do novo conhecimento (GOWIN; ALVAREZ, 2005, p. 36).

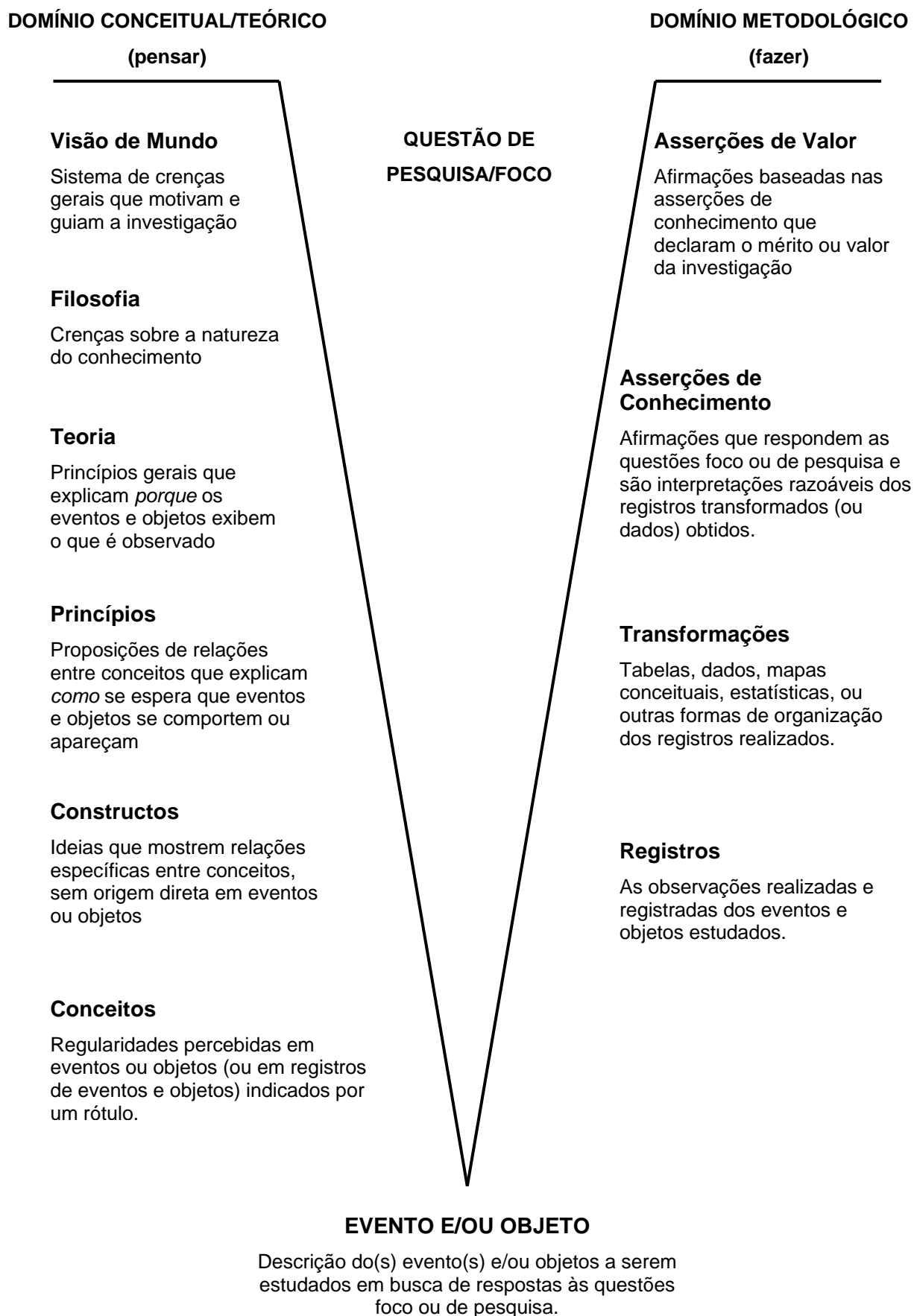
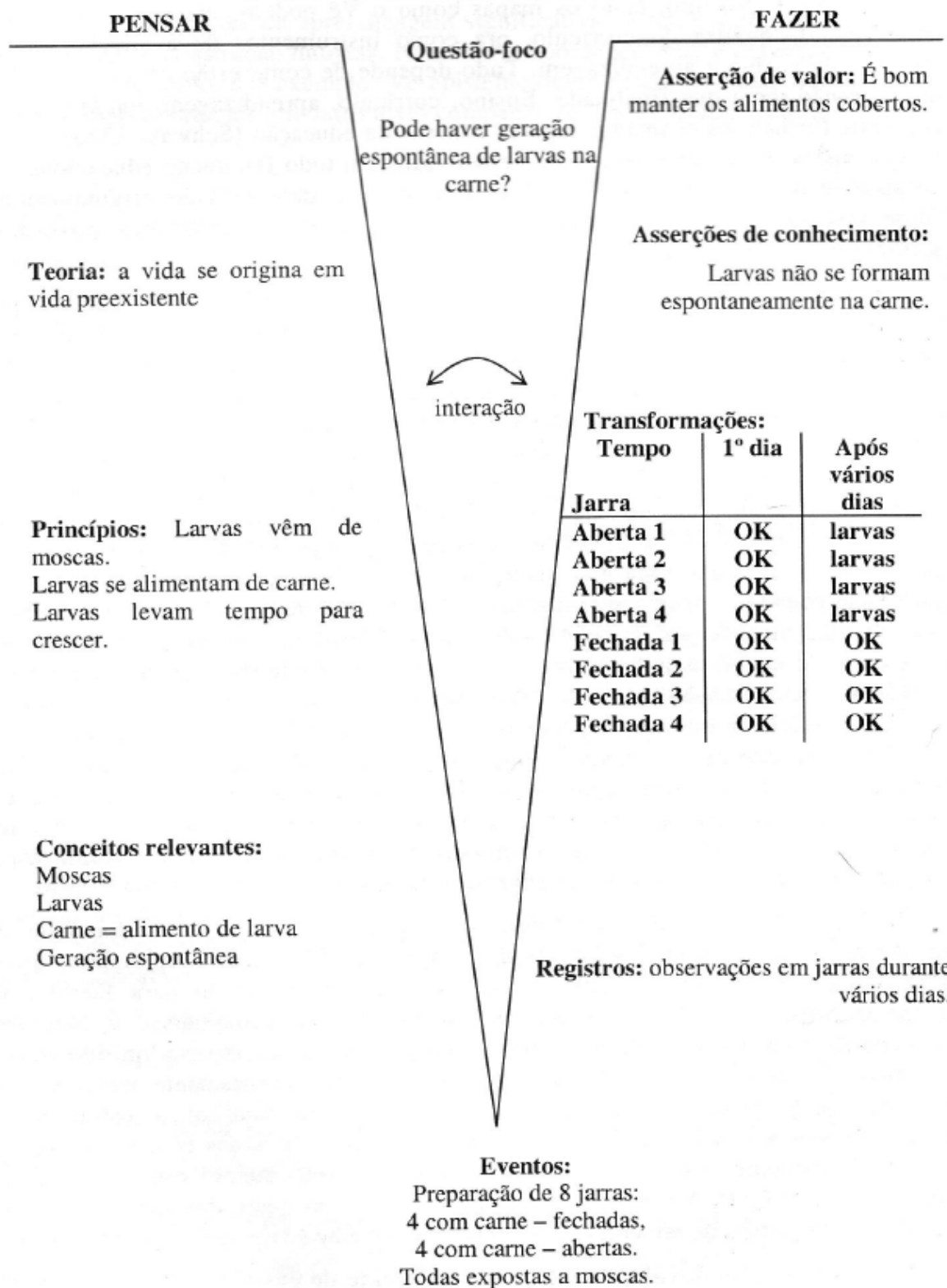


Figura 2.3 – Um Diagrama V preparado a partir da descrição de um experimento de um livro texto de Biologia. Esse tipo de análise ajuda o aluno a focalizar cuidadosamente em detalhes relevantes de um experimento. (NOVAK, 1988, apud MOREIRA, 2006a)



O Diagrama V não deve ser respondido com se fosse um questionário, mas construído e analisado com idas e vindas por todos os tópicos, conferindo coerência ao diagrama e suas inter-relações esclarecedoras da estrutura do conhecimento. Segundo Moreira (2006a) o Diagrama V pode ser usado como recurso útil no ensino, na aprendizagem e na avaliação. Ele pode ser utilizado como ferramenta de análise de artigos, atividades práticas, planejamentos e investigações diversas (GOWIN; ALVAREZ, 2005).

Os 12 elementos presentes no Diagrama se integram e interagem para auxiliar e ampliar a compreensão da estrutura do conhecimento envolvida em determinada investigação. A *questão foco* ou *questão de pesquisa* direciona a pesquisa e, segundo Gowin e Alvarez (2005, p. 50) tem duas funções: aumentar a precisão, delimitando o objeto de estudo e alargar a visão, deixando os detalhes mais claros.

As questões são respondidas a partir de um *evento*, que é algo que pode ser planejado, acontece, pode acontecer ou está no campo das possibilidades de ocorrência (GOWIN; ALVAREZ, 2005, p. 57). Isso significa dizer que qualquer investigação tem suporte no desenrolar de acontecimentos ou objetos do mundo.

A “visão de mundo” é o que motiva alguém a agir, a construir questões e a buscar respostas. É uma constelação de crenças e valores que moldam a maneira como vemos os eventos e objetos no mundo, com o que nos importamos e o que escolhemos aprender (NOVAK, 2010, p. 95). Ela é formada ao longo da vida e das experiências e é influenciada pela cultura, religião, família e relações pessoais.

O elemento “filosofia” indica as crenças sobre a natureza do conhecimento acerca do evento em estudo. A “teoria” apresenta um conjunto de fundamentos que objetivam explicar, elucidar e interpretar os eventos, ou, nas palavras de Gowin e Alvarez, “uma boa teoria nos fornece respostas que explicam” (2005, p. 52).

Os “princípios” são proposições de relações entre conceitos que explicam *como* se espera que eventos e objetos se comportem ou apareçam. Já os *constructos* são ideias que representam regularidades não diretamente observáveis e podem conectar dois ou mais conceitos de maneira arbitrária. O *status* de uma palavra pode se transformar, ao longo de uma pesquisa, de um constructo fértil em um conceito definido (GOWIN; ALVAREZ, 2005, p. 55).

Os “conceitos” são elementos centrais na estrutura do conhecimento, pois as pessoas pensam com conceitos (GOWIN, 1981, p. 29; GOWIN; ALVAREZ, 2005, p. 56). Eles são definidos como regularidades ou padrões percebidos em eventos ou objetos e são representados por um signo ou símbolo (usualmente uma palavra).

No lado direito do Diagrama V, os “registros” são os instrumentos utilizados para monitorar o que acontece nos eventos sob estudo. Eles podem variar desde simples descrições de observações até registros realizados por instrumentos complexos. É importante destacar que os registros que escolhemos fazer dependem das questões que esperamos responder e de todos os elementos do lado esquerdo do Diagrama V (NOVAK, 2010, p. 100). Além disso, o valor do conhecimento em construção perde o sentido caso os eventos, os registros e os conceitos não estejam conectados uns aos outros (GOWIN; ALVAREZ, 2005, p. 59).

Os registros efetuados devem ser transformados visando à sua análise e interpretação. Estas “transformações” envolvem a tarefa de “fazer julgamentos factuais” na tentativa de compreender o que está acontecendo e, durante esta fase, estamos reunindo “tanto pensamentos quanto dados” (*Id. Ibid.*, p. 59). Algumas transformações de registros comumente usadas são as tabelas, quadros, gráficos, estatísticas, mapas conceituais e agrupamentos diversos. Assim como os registros, as suas transformações também são guiadas pelos conceitos, princípios e teorias que temos, além de serem determinadas pelas questões que buscamos responder.

As “asserções de conhecimento” são respostas às questões postas inicialmente e que aparecem no meio do v. Cada asserção de conhecimento deve ser claramente explicada e fundamentada nas razões que sustentam as interpretações realizadas durante o processo investigativo. Durante esta fase, as questões de pesquisa, os eventos, os conceitos, os registros e as transformações precisam ser revisitados e as ideias e os fatos devem ser reconciliados com base nos instrumentos e resultados. Um aspecto importante que pode surgir das asserções de conhecimento é a formulação de novas questões foco que induzem a novas direções de pesquisa a partir daquilo que foi construído e em direção ao que ainda pode ser conhecido e entendido (*Id. Ibid.*, 2005, p. 60).

As “asserções de valor” são sentenças baseadas nas asserções de conhecimento que declaram o valor ou o mérito do estudo. Este importante aspecto

de qualquer investigação é derivado tanto das intenções iniciais quanto da avaliação final dos resultados. Segundo Gowin, as asserções de valor são respostas às questões de valor, e o vasto campo das questões de valor pode ser suficientemente sintetizado em apenas 5 tipos (GOWIN, 1981; GOWIN; ALVAREZ, 2005):

1. Questão de valor instrumental: X é bom para Y? Por exemplo, “Os mapas conceituais são bons para representar o conhecimento?”.
2. Questão de valor intrínseco: X é bom em si mesmo? Por exemplo, “A Ciência é suficientemente boa em si mesma?”.
3. Questão de valor comparativa: X é melhor que Y? Por exemplo, “A Ciência é melhor que a Filosofia?”
4. Questão de valor de decisão: X está correto? Devemos escolher X? Por exemplo, “Devemos escolher o Diagrama V?” “A análise do V para todos os produtos de pesquisa é correta?”.
5. Questão de valor ideal: X é tão bom quanto pode ser, ou poderia ser idealmente melhor? Por exemplo, “O v de Gowin é tão bom quanto poderia ser? Podemos fazê-lo melhor?”.

Uma grande variedade de asserções de valor está implicada na maioria dos eventos de interesse humano. Os conflitos de valor são comuns e a clarificação ou esclarecimento dos significados dos valores entrelaçados em quaisquer eventos é algo bom em si mesmo (*Id. Ibid.*, p. 61).

2.3 O PAPEL DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO

A construção ou reconstrução do conhecimento ocorre no nível psicológico, na mente do aprendiz, mas também no nível do desenvolvimento histórico das ideias em geral e das ideias científicas em particular. Assim como podemos ignorar a construção psicológica do conhecimento, atribuindo significados ingênuos e simplistas ao processo de aprendizagem, podemos cometer o mesmo erro ao abordar o processo de construção das ideias científicas. Neste sentido, uma melhor compreensão histórica e filosófica do desenvolvimento científico pode contribuir para uma aprendizagem mais significativa e menos mecânica de conteúdos científicos.

O ensino de ciências comumente ministrado nas escolas está muito mais voltado para os produtos ou resultados científicos, tais como teorias já fundamentadas, leis e modelos abstratos, do que para o processo científico, ou seja, a maneira como o conhecimento é construído, fundamentado e justificado. A inserção de elementos de História e Filosofia da Ciência têm sido apontada como estratégia relevante para o entendimento mais adequado do processo científico e seus consequentes resultados.

Parte-se do princípio de que ensinar ciências inclui ensinar *sobre* ciências. Isso significa valorizar sua dimensão processual além da dimensão conceitual, pois não se pode mais aceitar a transmissão de uma ciência fechada, isenta de valores, composta por conteúdos prontos e acabados, para as próximas gerações (CARVALHO, 2004).

Matthews (1995), por exemplo, cita possíveis contribuições do uso da História e Filosofia da Ciência para o ensino de ciências tais como:

- Pode servir para motivar e atrair alunos;
- Humaniza a ciência, ao evidenciar seus contextos sociais e históricos;
- Promove uma melhor compreensão dos conceitos científicos ao traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento;
- Evidencia o valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais da história da ciência;
- Demonstra que o pensamento científico atual está sujeito a transformações, ou seja, que a ciência é mutável e instável.
- Opõe-se a ideologias científicistas;
- Permite uma compreensão mais profícua da metodologia científica e seus padrões de mudança.

Do ponto de vista da qualificação da formação para a docência, a abordagem histórico-filosófica pode servir como instrumento poderoso para a transformação da prática docente colaborando com a construção do conhecimento docente e escolar (BATISTA, 2009). Por outro lado, para que a sua aplicação em sala de aula atinja resultados satisfatórios, a inserção de enfoques, elementos e

materiais didáticos com fundamentação histórico-filosófica devem sofrer adaptações pedagógicas de caráter programático, didático e metodológico (BATISTA, 2005).

Alguns argumentos são apresentados por Batista (2009), para justificar a contribuição de abordagens histórico-filosóficas para o desenvolvimento dos saberes docentes. Um deles é o de que o conhecimento sobre o desenvolvimento histórico da ciência contribui para a compreensão de conceitos, teorias e explicações científicas, levando à transformação do pensamento de senso comum em justificativas científico-epistêmicas. Além disso, a argumentação proveniente desta abordagem pode favorecer a racionalidade do trabalho docente. Outro argumento é a exigência de um posicionamento epistemológico, para que o professor possa pensar criticamente, diante de debates e impasses relativos a concepções filosóficas da ciência. O uso da história e filosofia da ciência pode contribuir para abordagens interdisciplinares e também para debates sobre valores cognitivos na ciência (BATISTA, 2009; SALVI; BATISTA, 2008).

Outro aspecto relevante é a influência dos conhecimentos da História e Filosofia da Ciência para a construção dos saberes docentes, cuja articulação pode trazer benefícios para uma melhor preparação epistemológica e metodológica dos professores de ciências (BATISTA; ARAMAN, 2010). Martins (2007) afirma que, devido suas implicações teóricas e práticas, a História e Filosofia da Ciência surgem como uma necessidade formativa do professor, na medida em que pode contribuir para evitar as visões distorcidas sobre o fazer científico. Isso permitiria uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem, além de proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula.

Apesar das várias vantagens atribuídas ao seu uso no ensino e na formação dos professores, é lícito questionar o motivo pelo qual abordagens histórico-filosóficas praticamente não serem contempladas nas salas de aula e nos livros didáticos de ciências, em qualquer nível de ensino. A resposta, segundo Martins (2007) é simples: não é fácil fazer. Mathews (1995) afirma que a conversão de projetos curriculares que envolvam abordagens histórico-filosóficas em realidade de sala de aula requer novas orientações para a prática da avaliação, novos materiais didáticos e, acima de tudo, cursos adequados para formação docente.

A abordagem histórico-filosófica do ensino de ciências evidentemente acarreta implicações para a formação docente, carente desta

fundamentação. Muitos cursos de licenciatura nas áreas científicas apresentam em seu currículo uma disciplina de “História da Ciência” ou “Evolução das Ideias” apenas de maneira acessória ou complementar, geralmente desarticulada com as demais disciplinas. No caso dos currículos dos cursos de Pedagogia e formação de professores para os anos iniciais, esta abordagem simplesmente não existe.

Por este motivo, poucos professores estariam habilitados a investigar e implementar atividades fundamentadas na história e filosofia das ciências no ensino escolar. Uma formação, inicial ou em serviço, que propicie abordagens com este enfoque

[...] tem que levar em conta que se trata de conhecimentos novos para os professores (saberes disciplinares e procedimentais); que esse enfoque necessita de mudanças nos estilos e métodos de avaliação; que tem que ser relevante para os alunos e que algumas dificuldades institucionais irão aparecer, como acontece para qualquer outra abordagem diferente da tradicional. (BATISTA, 2007, p. 255-256).

Além disso, conforme nos alerta Peduzzi (2001), a contribuição da história junto ao ensino não deve ser superestimada, para não tornar o ensino escravo da história. A concepção de que este tipo de abordagem seja a solução para os problemas do ensino de ciências é ingênua e também deve ser evitada. Suas contribuições devem ser analisadas criticamente.

Sem dúvida que a história da ciência pode desempenhar um papel positivo no ensino. Pode contribuir para uma concepção menos dogmática da ciência e dos métodos científicos e agir como um antídoto relativamente à ortodoxia e a um entusiasmo sem sentido crítico pela ciência. Mas nem todo o ensino de história da ciência desempenhará esse papel e com certeza que não o fará automaticamente. A história da ciência pode, de igual modo, ser utilizada para apoiar dogmas e fortalecer a autoridade científica. (KRAGH, 2001, p. 42)

Pelas advertências acima podemos concluir que o uso da história depende tanto do conhecimento histórico relevante quanto da intencionalidade de quem ensina. Seguindo estas recomendações trataremos de evitar, neste estudo, as abordagens históricas simplistas e ingênuas. Não é excessivo lembrar que estamos tratando da formação de professores para o ensino de ciências, e não para o ensino de história da ciência, o que exigiria outro tipo de formação.

Em pesquisa recente (ARAMAN, 2006), o uso de uma abordagem histórica, associada à Teoria da Aprendizagem Significativa, mostrou bons resultados quando aplicada ao ensino de um tópico de ciências (arco-íris) para crianças dos anos iniciais. Em outro estudo (NASCIMENTO, 2007) são mostradas evidências favoráveis à utilização da História da Ciência e do V de Gowin visando à aprendizagem significativa de conteúdos biológicos aplicada na formação inicial de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Concordamos com Peduzzi (2001) quando afirma que é a pesquisa em condições reais de sala de aula e com materiais históricos apropriados e de boa qualidade que poderá referendar ou refutar as diversas afirmações relativas ao uso da História e Filosofia da Ciência no ensino, presentes na literatura. Desse modo realizamos uma síntese do desenvolvimento histórico da óptica da visão construída para os objetivos desta pesquisa, que apresentamos a seguir.

2.3.1 A Óptica da Visão: uma Síntese Histórica

Nesta seção apresentamos uma síntese histórica sobre a óptica da visão, salientando aspectos da compreensão da luz e dos processos ópticos envolvidos no olho humano. Esta síntese se inicia na Antiguidade, pois os desenvolvimentos posteriores foram em grande medida derivados das ideias expostas neste período, passa pela Idade Média e termina no século XVII com a explicação de Kepler sobre a formação da imagem na retina.

A elaboração desta síntese foi necessária devido à ausência de material, em língua portuguesa, adequado aos nossos propósitos. Esta síntese foi construída com objetivos didáticos a partir de fontes secundárias e, apesar de não poder ser considerada um trabalho de pesquisa em História, alguns cuidados historiográficos foram observados. O primeiro desses cuidados foi escolher obras de referência de reconhecidos historiadores da ciência que estudaram o tema da óptica da visão, em especial Lindberg (1980, 1981) e Tossato (2005, 2007). Também foi utilizado o livro de Ronchi (1957), indicada como obra clássica nesta área pelos primeiros autores.

Tentamos evitar também alguns problemas historiográficos, apontados por Martins (2005), que podem contribuir para visões distorcidas do processo de construção científica. Tais problemas incluem o uso ideológico da

História da Ciência (de forma nacionalista, política ou religiosa), a apresentação de alguns indivíduos como gênios que tiraram suas ideias e contribuições do nada em contraponto com outros considerados imbecis (aqueles contrários as ideias dos “gênios”), e também uma História da Ciência anacrônica, ou seja, aquela analisada segundo uma perspectiva de conhecimento atual. Assim, tentamos mostrar nesta síntese a contribuição de vários pensadores ao longo dos séculos, com suas perspectivas, argumentos e refutações.

Teorias da visão na Antiguidade

Os fenômenos ópticos atraíram a atenção da humanidade desde os primórdios da história humana. No mundo grego, são encontradas discussões sobre a luz e os processos visuais entre os mais antigos textos filosóficos existentes. Espelhos e lentes datadas de 1500 a.C. foram achados em várias partes do mundo. (LINDBERG, 1981).

Na Antiguidade, a cegueira e as doenças da visão estimularam o pensamento médico sobre o tema e deram origem ao que se chama hoje de oftalmologia. O interesse dos filósofos em questões epistemológicas e psicológicas os levou a examinar o sentido da visão, considerado o mais nobre do ser humano, e analisar seu funcionamento em termos físicos. A preocupação dos artistas com a cenografia e dos astrônomos com observações celestiais cada vez mais acuradas induziram os matemáticos a formular uma teoria matemática da perspectiva (*Id. Ibid.*).

Três abordagens, ou tradições gerais, parecem contemplar a magnitude da óptica grega: a tradição médica, preocupada primariamente com a anatomia e fisiologia do olho e o tratamento das doenças; a tradição física ou filosófica, preocupada com a causalidade física; e a tradição matemática, direcionada principalmente para a explicação geométrica da percepção do espaço (LINDBERG, 1980). Os estudos posteriores realizados na Idade Média e Renascença foram amplamente influenciados por estas tradições antigas.

Uma premissa comum às teorias da visão na Antiguidade era a de que deveria haver algum tipo de contato entre o objeto da visão e o órgão visual para que esse objeto pudesse estimular ou influenciar o poder visual e ser percebido. Parecem ter existido três interpretações de como este contato poderia ser

estabelecido. O objeto poderia enviar sua imagem ou raios para o olho, o olho poderia enviar um raio ou uma espécie de “poder” para o objeto, ou o contato poderia ser estabelecido através do meio que interviria entre o objeto e o olho, por exemplo, o ar.

A primeira destas alternativas pode ser chamada de teoria “intromissiva” da visão, já que a radiação entraria nos olhos do observador. Foi desenvolvida pelos atomistas, que argumentavam que filmes finos de átomos partiriam dos objetos visíveis em todas as direções e entrariam no olho. Para Epicuro (341-271 a.C.), os objetos não diminuiriam de tamanho ao emitir estes átomos porque eram substituídos por outras partículas. Já Lucrecio (século I a.C.) comparava estes filmes finos (*eidola* em Grego, *simulacra* em Latim) com a pele de uma cobra ou de uma cigarra. Estes *eidola* eram considerados como um conjunto coerente de átomos, capazes de comunicar ao observador todas as qualidades visíveis dos objetos dos quais eles emanaram. Receber uma série de tais imagens significaria ganhar uma impressão visual do próprio objeto.

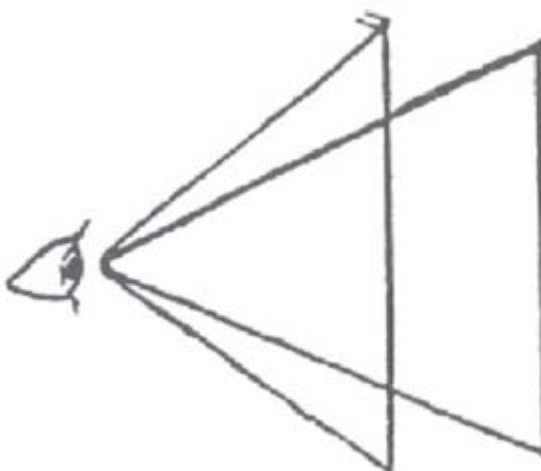
A segunda alternativa, em contraponto com a primeira, pode ser chamada de teoria “emissiva” da visão, já que a radiação seria emitida pelo olho, que “sentiria” o objeto visível. Esta teoria, proposta por Euclides (século III a.C.) e desenvolvida posteriormente pelo matemático e astrônomo Ptolomeu (90-168 d.C.), afirmava que a radiação era emitida do olho do observador num formato de cone e seguia em linha reta. Quando encontrava algum objeto, este era percebido, e esta percepção, de alguma maneira inexplicada, retornava e era comunicada ao órgão da visão.

Existiam algumas dificuldades tanto na alternativa atomista quanto na teoria emissiva euclidiana. Contra a primeira poderiam ser feitas perguntas do tipo: como seria possível encolher suficientemente os *eidola* de grandes objetos a ponto de entrar no olho do observador? Como as *eidola* seriam capazes de passar uma pela outra, sem interferência, quando as linhas de visão de dois observadores se cruzassem? Contra a segunda poderia ser argumentada a dificuldade de supor que um raio saindo dos olhos pudesse alcançar objetos tão distantes como as estrelas fixas e num intervalo de tempo imperceptível.

Na terceira alternativa, proposta por Aristóteles (384-322 a.C.), os objetos enviariam suas qualidades através do meio transparente (usualmente o ar), produzindo mudanças no mesmo. Estas mudanças de cor, por exemplo, eram

percebidas pelo olho. Esta alternativa poderia ser chamada de teoria mediadora da visão. O médico Galeno (129-199 d.C.) sustentava uma teoria mediadora diferente, na qual o espírito visual descia do cérebro através do nervo óptico até os olhos, e emergia por uma curta distância transformando o ar, agora perceptivo, em uma extensão do nervo óptico e num instrumento da alma. A principal diferença entre estas teorias se refere ao papel passivo do olho para Aristóteles e ativo para Galeno.

Figura 4.1 – A teoria do cone visual de Euclides, na qual o olho emite os raios visuais que atingem o objeto visto (teoria da emissão). O olho é o ápice do cone visual e o objeto visto é a sua base. (TOSSATO, 2005, p. 423)



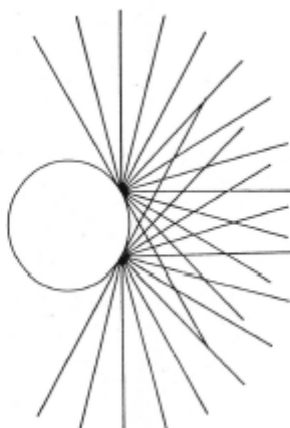
Como apresentado no início deste texto, as teorias da visão na Antiguidade foram guiadas por objetivos e critérios distintos. A teoria de Euclides, por exemplo, oferece uma explicação geométrica para a percepção do espaço, a localização dos objetos no campo visual e o tamanho e forma aparentes dos objetos em relação com a linha de visão através do cone visual. Portanto deve ser avaliada por critérios matemáticos e não físicos. As teorias atomísticas e de Aristóteles propõem explicações causais em termos de como as qualidades dos objetos são percebidas pelo olho, e não tinham pretensões matemáticas. Já a teoria de Galeno pretendia satisfazer critérios anatômicos e fisiológicos, para resolver necessidades médicas.

Teoria visual no islã medieval

Muitas das realizações gregas na área da óptica foram traduzidas para o árabe durante o século IX e quase imediatamente as várias tradições gregas foram reproduzidas em solo islâmico. Os argumentos gregos foram refinados e articulados, mas as linhas centrais permaneceram as mesmas (LINDBERG, 1980, p. 342; TOSSATO, 2005, p. 426)

Al Kindi, por exemplo, desenvolveu e defendeu a teoria emissiva e matemática de Euclides e Ptolomeu, enquanto Hunain ibn Ishaq adotou e disseminou a teoria de Galeno, e Avicena sustentou uma completa e elaborada defesa de Aristóteles.

Figura 4.2 – Radiação difusa vinda de dois pontos de um objeto luminoso (LINDBERG, 1980, p. 346)



No século XI, Ibn al-Haytham (Alhazen) formulou uma teoria intromissiva que visava satisfazer simultaneamente critérios físicos, matemáticos e fisiológicos. Um de seus argumentos a favor da teoria intromissiva é o fato de uma pessoa sentir dor quando olha para o Sol. Este argumento também serviu de base para admitir que os raios solares fossem constituídos de algo capaz de causar dor, ou seja, fosse algum agente físico (RONCHI, 1991). Admitiu as ideias de Galeno quanto à anatomia e formação de imagens no cristalino. Concordava também com Al-kindi de que cada ponto do objeto visível irradia em todas as direções (Figura 4.2), então cada ponto do olho pode ser afetado pela luz e cor emitida por cada ponto do objeto. Como isso poderia causar uma confusão total (Figura 4.3), propôs

que apenas os raios que chegam perpendiculares à superfície convexa do olho seriam capazes de formar imagens. Os raios não-perpendiculares seriam enfraquecidos pela refração. Esta suposição implica em uma pirâmide ou cone com o objeto ou campo visual na base e o centro do olho no vértice (Figura 4.4), o que se adequava a critérios geométricos como os de Euclides. Admitia a correspondência ponto a ponto do objeto visível e sua imagem no olho (respeitando a perpendicularidade).

A principal crítica à sua teoria residia na falta de justificativa para ignorar a percepção visual dos raios refratados, ou seja, por qual razão a radiação não perpendicular seria totalmente incapaz de estimular o poder visual.

Apesar de persistirem algumas dificuldades, Alhazen foi capaz de explicar os principais fatos da percepção visual, com uma teoria compreensível, que integrava e satisfazia os critérios das tradições matemáticas, físicas e médicas. Ele criou uma nova tradição óptica e estabeleceu os objetivos e critérios que prevaleceriam (não sem rivais) até Kepler e depois. Embora contivesse materiais tradicionais em todas as partes da teoria, o resultado foi uma criação nova (LINDBERG, 1980, p. 349).

Figura 4.3 – Mistura, dentro do olho, de raios provenientes das extremidades de um objeto

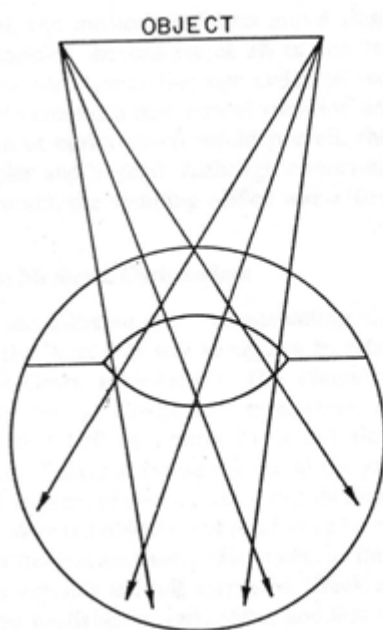
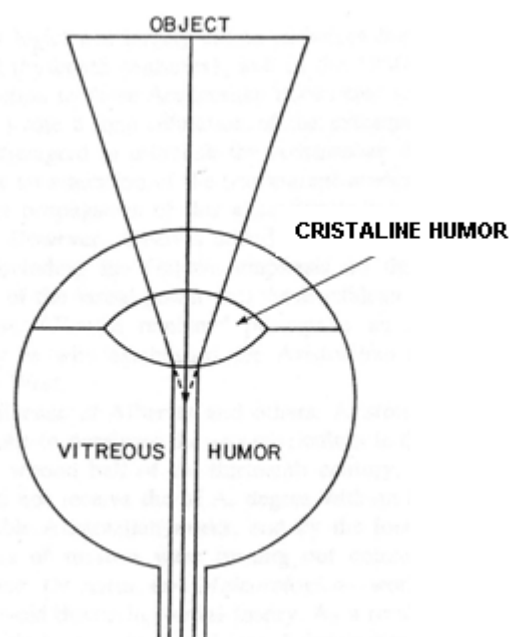


Figura 4.4 – Geometria da visão de acordo com Alhazen (LINDBERG, 1980, p. 348).



Teorias visuais na cristandade medieval

A teoria platônica da visão dominou o cenário ocidental até o século XIII. A ideia do fogo visual (acoplado com a iluminação externa e a luz ou fogo vindos do objeto) foi reforçada por Santo Agostinho, que também ensinava a teoria emissiva (*Id. Ibid.*, p. 349).

Nos séculos XII e XIII os trabalhos gregos e árabes se tornaram disponíveis no ocidente através de traduções. A grande variedade de ideias e diferentes conclusões sobre a visão deixaram para os estudiosos a tarefa de escolher, entender e reconciliar os vários elementos desta herança da óptica. As figuras chave deste processo foram Albertus Magnus (professor de Tomás de Aquino) e Roger Bacon.

Albertus Magnus foi o primeiro grande expositor ocidental de todo o *corpus* aristotélico. Refutou a teoria emissiva e tentou estabelecer a doutrina Aristotélica da visão causada pela alteração do meio transparente. Adicionou também a ênfase de Galeno sobre o cristalino como sede da visão e o cone visual de Euclides. Sob sua influência e de outros, a filosofia aristotélica em geral passou a dominar o currículo de artes da universidade medieval. Como resultado, a teoria da visão aristotélica ganhou uma posição dominante (*Id. Ibid.*).

Roger Bacon adotou e difundiu as ideias de Alhazen e o escopo da *Perspectiva*. Estava convencido de que havia uma unidade de todos os conhecimentos e uma concordância fundamental entre os sábios antigos. Segundo Lindberg, esta concordância exigiu algumas argumentações ingênuas. Dois pontos de conflito na sua tentativa de integração das ideias foram a natureza física da radiação responsável pela visão e a direção de propagação. O procedimento de Bacon foi sobrepor as diferenças, como se cada pensador tivesse parte da compreensão. (*Id. Ibid.*, p. 352-53)

Depois de Roger Bacon, os principais nomes para a história da óptica foram John Pechan e Vitélio. Seus trabalhos não foram importantes por inovações técnicas ou por novas posturas filosóficas, mas por transmitirem a óptica de Alhazen e Roger Bacon (TOSSATO, 2005, p. 434). A óptica foi incluída nos currículos universitários europeus por influência dos dois. Nos séculos XV e XVI a *Perspectiva* se tornou assunto das *lectures* em várias universidades, aumentando o número de pessoas interessadas no assunto.

A importância dos divulgadores da ciência na história da ciência foi salientada por Kragh (2001, p. 90) que afirma que as descobertas científicas por si só não são suficientes para o seu crescimento, pois raramente elas atuam instantaneamente. Por isso haveria boas razões para valorizar a difusão das ideias.

O esforço medieval para estabelecer uma teoria da visão acabou indeciso. Muitos aristotélicos não se renderam a abordagem perspectivista e a combateram. Muitos dos problemas só foram resolvidos no início do século XVII por Kepler, que adotou quase inteiramente a estrutura perspectivista e construiu uma teoria intromissiva da visão a partir da análise puntiforme dos objetos visíveis. Segundo Lindberb, as ideias de Kepler podem ser consideradas o auge dos desenvolvimentos da óptica medieval.

A natureza da propagação da luz e cor

A distinção entre luz e cor era universal no pensamento óptico antigo. A luz era usualmente associada com o fogo ou com a luminosidade de objetos incandescentes como o sol. A cor era associada com a qualidade dos objetos não-luminosos que os fazem ser visíveis. Esta concepção (apesar de refinada e desenvolvida) tem origem na definição aristotélica de luz.

A distinção aristotélica entre a luz (qualidade do transparente) e cor (qualidade dos corpos opacos) foi aceita por Avicena que, por sua vez, categorizou a luz em três tipos: *Lux*, *lumen* e *radius*. *Lux* era o brilho observado no fogo ou no sol. Qualidade luminosa de objetos incandescentes pelo qual são percebidos. *Lumen* era o brilho vindo dos corpos luminosos, que caem nos não-luminosos, permitindo ou causando a visão destes (efeito da lux no meio circundante aos objetos). *Radius* era uma espécie de raio ou radiância “que aparece ao redor dos corpos. Como se algo emanasse deles” (AVICENA, apud LINDBERG, 1980, p. 356).

Apesar da distinção entre *lux* e *lumem* ser bastante clara, as traduções latinas geraram algumas obscuridades a respeito. Alhazen também distinguia entre a luz “essencial” dos corpos luminosos e a luz “acidental” dos corpos opacos iluminados por outra fonte. A questão da visão *através do meio* e da visão *no meio* causava problemas, assim como o cruzamento das *species* nas linhas de visão. Averroes propôs uma distinção entre existência corpórea e existência

espiritual da luz e cor para sanar o problema da possível interferência dos raios que se cruzam, porém não explicou bem a ideia de existência intermediária.

William de Ockham adotou a ideia de ação à distância, dispensando qualquer tipo de intermediário entre o objeto e o órgão da visão. O objeto poderia imprimir suas qualidades no olho sem afetar o meio. Para defender sua proposta, argumentou que não havia nenhum tipo de evidência experimental para a existência das *species*. Portanto, bastava a existência do objeto e do poder visual.

A abordagem matemática (geométrica) para a luz e sua propagação na Idade Média se aproxima muito da forma usada hoje. O raio de luz visto como um segmento de reta e a propagação retilínea da luz eram usados desde Euclides. As leis da reflexão eram completamente conhecidas e a refração era estudada, porém sem sua formulação quantitativa, elaborada posteriormente por Descartes e Snell.

Não foi desenvolvida uma teoria das lentes. A refração foi analisada em interfaces simples e as propriedades da focalização foram entendidas, mas não foi além disso. Não eram os princípios dos instrumentos ópticos que os medievais buscavam, mas o entendimento das leis da natureza, aplicadas a casos gerais. A óptica medieval não era uma instância da ciência aplicada, mas da filosofia natural. (*Id. Ibid.*, p. 362)

Kepler e a óptica do século XVII

Johannes Kepler (1571-1630) foi um importante astrônomo e matemático do século XVII. Apesar de ser mais conhecido por suas leis do movimento planetário, foi um personagem central no desenvolvimento da óptica geométrica e no entendimento da formação das imagens no olho humano.

Para Kepler, a demarcação da área do estudo da óptica implicava no entendimento do funcionamento do olho humano, não apenas quanto a sua descrição anatômica, mas, principalmente na compreensão das funções dos componentes do olho. Kepler salienta três aspectos básicos: o primeiro deles é o estudo da natureza da luz e das sombras que se apresentam à visão. O segundo é o estudo da refração e de suas causas. O terceiro é o estudo do funcionamento do olho humano enquanto instrumento que forma as imagens do objeto visto. (TOSSATO, 2007)

Em seus estudos sobre a visão, Kepler se baseou nos trabalhos anatômicos do médico suíço Félix Plater (1536–1614), para o qual o principal componente do olho no ato da visão é a retina, responsável pela formação das imagens dos objetos. Esta atribuição rompia com a tradição galênica, seguida por Alhazen e Vitélio, na qual o cristalino é o responsável pela sensação visual. Kepler considerou mais lógica a proposição de Plater, pois o nervo óptico não se conecta ao cristalino, mas à retina (*Id. Ibid.*).

Para Kepler, a imagem é um efeito, ou representação refratada do objeto iluminado pela luz, o que deixa de lado a necessidade dos “espíritos visuais” para explicar a visão, pois eles não são considerados corpos ópticos. Nesta interpretação, a imagem formada na retina não é considerada o objeto em si, mas sua representação, não é a cópia fiel da coisa vista, mas a maneira pela qual vemos o objeto.

Na explicação kepleriana, o processo óptico é formado pela luz que conduz instantaneamente⁷ a imagem do objeto visto até as partes anatômicas do olho (córnea, cristalino, etc.), ocorrendo então os processos de refração até retina. A imagem, ou “pintura” como se referia Kepler, é somente uma representação realizada pela ação imaterial da luz. Kepler demarca aí o campo de atuação da óptica: o que ocorre depois da formação da imagem na retina é assunto físico ou psicológico, não pertencendo aos estudos da óptica.

Após ter estipulado que a visão se forma na retina, Kepler procura explicar o processo das inversões das imagens na óptica. Para isso ele considera o olho como um mecanismo análogo a uma câmara escura, que se compõe de uma caixa ou quarto fechado, contendo uma tela em uma de suas paredes e um pequeno orifício na parede oposta. Os raios do Sol ou de um corpo que emite luz entram pela abertura e a imagem se forma invertida na tela.

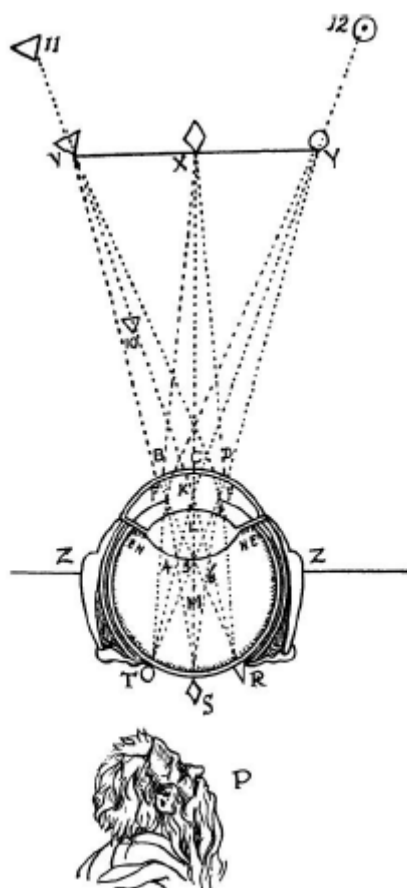
Outra questão importante está relacionada aos cones que formam o raio visual. Kepler concordava com a ideia de que cada ponto de um objeto emite ou reflete a luz em todas as direções, assim o cone tinha seu vértice num ponto do objeto e sua base no cristalino. Em seguida, os raios refratados formavam um segundo cone, interno ao olho, com a mesma base (cristalino) e cujo vértice está na retina, onde se forma a pintura ou imagem deste ponto. Essa concepção de duplo

⁷ Hoje sabemos que a luz não se propaga instantaneamente, mas com uma velocidade muito alta (300.000 km/s).

cone produz uma ruptura com a tradição euclidiana (seguida por Ptolomeu, al-Kind, Alhazen, Bacon entre outros) que admitia o cone visual formado pelo olho como o seu vértice e o objeto como sua base. Cada ponto do objeto forma um cone duplo até chegar à retina, portanto são infinitos os cones que formam a imagem, já que são infinitos os pontos do objeto iluminado.

Esta explicação também resolve o problema dos raios refratados que, na visão de Alhazen, seriam enfraquecidos, sendo a visão formada apenas pelos raios perpendiculares ao cristalino. Kepler mostra que todos os raios que chegam ao cristalino participam da formação da imagem na retina e não apenas os perpendiculares.

Figura 4.5 – A visão segundo Descartes, com a mesma estrutura kepleriana do olho humano. (LINDBERG, 1980, p. 355)



Kepler não apresentou nenhum desenho ou esquema sobre o processo de refração no cristalino e na retina. Porém, felizmente temos uma figura

dada por Descartes, publicada em seu livro *Dioptrique* em 1637, que representa fielmente as ideias de Kepler (Figura 4.5)

A principal contribuição de Kepler para a óptica foi unir anatomia com a geometria, ou seja, fornecer para os estudos anatômicos sobre o olho uma descrição suficiente e adequada para que, por meio dessa descrição, seja possível entender o mecanismo da visão e, a partir disso, elaborar conhecimentos ópticos (TOSSATO, 2007, p. 488-489).

2.4 IDEIAS SOBRE A ÓPTICA DA VISÃO, SEU ENSINO E APRENDIZAGEM

O simples ato de olhar em direção a um objeto e enxergá-lo envolve múltiplos processos, geralmente inconscientes ao observador. As pessoas estão tão familiarizadas com o fato de “ver as coisas”, que é necessário um esforço de imaginação para reconhecer que a visão é um produto de complexas interações entre a luz e os objetos e entre a luz e o sistema visual do olho humano (BRAVO; PESA; POZO, 2009).

Tomemos como exemplo a visão de um livro, um objeto opaco e não luminoso, exposto à nossa frente. Em primeiro lugar é necessária uma fonte emissora de luz, comumente branca, em direção ao livro, o que significa compreender a luz como entidade que se propaga no espaço com determinada velocidade. Essa luz interage com a superfície do livro, de maneira que parte dela sofre reflexão difusa e seletiva, e parte é absorvida pelo livro. Esta interação depende tanto do espectro luminoso que alcança o livro quanto da estrutura físico-química da superfície desse último, fatores que estabelecem quais faixas do espectro serão refletidas e quais serão absorvidas. Esta interação compreende o conceito físico de cor, relacionado às características espectrais da luz emitida e refletida. Uma parcela da luz difundida pelo livro alcança o sistema visual do observador, entrando pela pupila e atravessando o interior do globo ocular (um sistema refrator) até alcançar a retina, onde forma uma imagem real do livro. Na retina essa luz é absorvida por células fotossensíveis, nas quais sua energia é transformada em pulsos elétricos e enviada ao cérebro. Nesse ponto do processo entram em cena complexos mecanismos físico-químicos, biológicos, neurológicos e cognitivos que nos permitem finalmente “ver” o livro (*Id. Ibid.*).

A análise restrita ao aspecto óptico do exemplo citado, ou seja, até a formação da imagem na retina, já implica na compreensão de uma série de fenômenos físicos relacionados à propagação e composição da luz, à interação da luz com a matéria (reflexão, refração e absorção) e à formação de imagens, além de alguns aspectos básicos da anatomia do olho. A complexidade conceitual deste tema indica a necessidade de tratarmos o seu ensino com atenção, justificando um estudo mais acurado dos aspectos ligados a sua aprendizagem significativa.

Galili e Hazan (2000) destacam alguns pressupostos relativos a este conteúdo, que causam obstáculos a sua compreensão. Um deles é o fato de os parâmetros físicos associados com a luz, tais como sua velocidade de propagação, seu comprimento de onda, sua natureza discreta ou mesmo ondulatória, estarem muito afastados da experiência sensorial cotidiana dos indivíduos. Ao acender uma lâmpada, por exemplo, tem-se a impressão que o ambiente fica “iluminado” instantaneamente. Além disso, em óptica, o observador é parte inerente do sistema óptico e nada indica o seu verdadeiro papel no processo da visão, que ocorre de maneira não consciente.

Partimos do pressuposto de que o conhecimento das ideias dos aprendizes favorece a preparação e seleção de atividades, sejam elas pensadas a partir do uso de textos, experimentos ou mesmo apresentações expositivas, que sejam potencialmente significativas e aptas a ajudá-los a reorganizar suas ideias em direção a modelos universais e consensuais da Ciência. Como já dissemos, Ausubel (2003) e Ausubel; Novak; Hanesian (1980) consideram o conhecimento prévio do aprendiz o fator isolado mais importante para a aprendizagem significativa, já que ela se dá com a interação cognitiva, não literal e não arbitrária, entre o que o aluno já sabe e o novo conhecimento.

Para isso, é importante conhecer a literatura a respeito das ideias dos alunos sobre os tópicos de estudo, bem como os modelos explicativos utilizados pelos estudantes e os tipos de raciocínio envolvidos (PESA; CUDMANI; BRAVO, 1995). Este conhecimento não dispensa o professor de avaliar as ideias trazidas pelos seus próprios alunos, mas pode auxiliá-lo nesta avaliação. Porém, segundo Gircoreano e Pacca (2001), isso não é suficiente para que haja uma aprendizagem significativa e cientificamente correta por parte alunos. É necessário o apoio de uma concepção de aprendizagem adequadamente utilizada e concretizada nas atividades didáticas e de uma conduta apropriada do professor na sua interação com os

alunos. Além disso, como nos alerta Lemos (2005), não podemos identificar diretamente os conhecimentos prévios dos alunos como sinônimos de concepções alternativas.

A partir dessas considerações, selecionamos algumas contribuições na área de pesquisa de Ensino de ciências trazidas pela literatura, para o caso específico da óptica da visão, analisando-as segundo o referencial da aprendizagem significativa.

Uma das primeiras perguntas que podemos fazer é: como podemos enxergar os objetos? A concepção dominante em crianças, segundo Guesne (1989), é a de que não é necessário nenhum mediador entre o objeto e o olho. A luz é importante, porém sua função é iluminar os objetos para que possamos vê-los, ao modo de um “banho geral” que rodeia os objetos e o observador, não necessariamente alcançando o olho. Nesse contexto, a luz costuma ser identificada com sua fonte (lâmpada, sol), com seu efeito (mais claro em uma região iluminada do que na sombra) ou como um estado (a luz é um brilho, alguns dias são mais claros que outros), contrapondo-se à ideia cientificamente aceita de luz como algo localizado entre a fonte e seus efeitos (*Id. Ibid.*, p. 32).

A ideia do banho de luz também é apontada por Gircoreano e Pacca (2001, p. 31), na qual a luz é entendida como um ente estático e sem movimento, opondo-se ao modelo de propagação. Outra concepção comum é a de “raio visual”, que sairia dos olhos e proporcionaria a visualização dos objetos, conferindo ao olho um papel ativo no processo da visão. Estas ideias indicam um relacionamento intrincado entre o processo da visão e o da luz, não sendo possível compreender o primeiro sem o segundo.

Galili e Hazan (2000) também apontam a concepção comum entre os estudantes de uma visão “espontânea”, ou seja, a visão ocorreria naturalmente como resultado da presença dos olhos apenas, sem nenhuma referência aos objetos observados ou mesmo a uma conexão entre os olhos e objetos. Assim, bastaria abrir os olhos para “ver”.

O conceito de cor também é bastante relatado, e está associado largamente entre os aprendizes como sendo uma característica do objeto (o objeto é azul, vermelho, etc.) ao invés de um produto da interação luz-objeto, como é entendido cientificamente pela óptica (BRAVO; PESA, 2005; BRAVO; ROCHA,

2008; GIRCOREANO; PACCA, 2001; GUESNE, 1989; GALILI; HAZAN, 2000; MELCHIOR; PACCA, 2004).

Algumas críticas ao ensino da óptica da visão estão ligadas exatamente à forma como ela é apresentada tradicionalmente nos cursos e livros didáticos, não levando em consideração as ideias dos aprendizes. Muitos cursos de óptica e luz dão por suposto que os alunos já entendem a ideia de que a luz viaja desde o objeto até o olho e partem para explicações geométricas e abstratas acerca de objetos ópticos como espelhos e lentes (GIRCOREANO; PACCA, 2001). O ensino fortemente baseado em simbolismos gráficos, segundo Galili e Hazan (2000), oferece obstáculos à compreensão dos fenômenos ópticos, pois as convenções adotadas são geralmente presumidas de maneira tácita (ex.: diagramas com raios “principais”, deixando de lado detalhes “irrelevantes”) e a sua interpretação por parte dos alunos costuma ser idiossincrática. Além disso, costumam tratar de maneira segmentada e desarticulada os fenômenos relacionados à interação da luz com a matéria (absorção, refração e reflexão), sem a atenção efetiva para a natureza da luz e o processo da visão (GIRCOREANO; PACCA, 2001).

O conceito de reflexão difusa, por exemplo, é tratado de maneira muito secundária em comparação ao tratamento da reflexão e formação de imagens em espelhos, quando, segundo Guesne (1989, p. 46), é considerado um pré-requisito fundamental para a compreensão do processo da visão de objetos ordinários, ou seja, aqueles que não emitem luz própria. O reconhecimento da reflexão difusa é uma dificuldade mesmo para estudantes de Física, segundo a pesquisa realizada por Pesa, Cudmani e Bravo (1995), que afirmam ainda que as dificuldades a respeito das noções básicas de óptica elementar são geralmente subestimadas, apesar de serem encontradas inclusive em alguns docentes de nível superior.

Outro aspecto importante se refere ao fato da aprendizagem dos modelos científicos da visão, da luz e da cor, não implicarem na mesma complexidade conceitual para quem aprende. Segundo Bravo e Rocha (2008), a compreensão do modelo proposto para interpretar e perceber a cor é mais difícil quando comparado ao modelo explicativo da visão. Isso se deve a sua maior complexidade, pois, do ponto de vista científico a cor é concebida como um fenômeno de percepção visual, que depende das características espectrais da luz que ilumina o objeto, da composição química do pigmento que este possui, das

características da luz refletida e absorvida e do sistema visual do observador. Este modelo, quando contrastado com a ideia usual dos estudantes, a de que a cor é simplesmente uma característica do objeto, o torna bastante contra-intuitivo.

Importa estabelecer, segundo a teoria da aprendizagem significativa, esses níveis de complexidade conceitual, tanto da perspectiva lógica da estruturação do conteúdo específico em si, quanto da perspectiva psicológica da sua construção na mente do aprendiz. No processo do entendimento da óptica da visão, o empenho para traçar estratégias de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa deve envolver o reconhecimento da hierarquização e das relações entre os conceitos e proposições desse tema em particular, associados aos possíveis *subsunçores* do aprendiz, inclusive àqueles que poderiam servir de obstáculos à construção do conhecimento científico escolar. Todo este processo de idas e vindas próprio da reorganização dos significados ocorre de maneira progressiva e não linear, ou seja, não acontece rapidamente, do dia para a noite.

Bravo, Pesa e Pozo (2009) analisam essa mudança gradual do aprendizado da visão, identificando sua progressividade, desde modos mais intuitivos até aqueles coerentes com os modelos científicos, passando por modos intermediários de aprendizagem. Analisam também os modos de raciocínio e trazem evidências de que a mudança no conhecimento dos alunos não é apenas conceitual, mas também é ontológica e epistemológica. Do ponto de vista conceitual os fenômenos inicialmente são descritos em termos de propriedades e mudanças observáveis e passam posteriormente a serem compreendidos como um sistema cujas partes interagem e se relacionam, ou seja, passam de fatos ou dados para interações. Do ponto de vista ontológico, o entendimento inicial do mundo se dá em termos de estados desconectados entre si e passa a ser entendido em termos de complexas relações entre as partes do sistema, isto é, passam de estados para sistemas. Já do ponto de vista epistemológico inicialmente o conhecimento da realidade é obtido pela observação direta, tal qual a percebemos, e posteriormente é concebida como sendo composta de modelos que permitem interpretar a realidade e que os modelos não são a realidade. Assim saímos de um realismo ingênuo para uma visão construtivista.

A análise feita por estes pesquisadores indica que o aprendizado significativo dos conceitos científicos e sobre a forma científica de compreensão do mundo é um processo gradual, e não uma mudança repentina ou revolucionária, que

implica a construção de modos de raciocínio cada vez mais complexos e coerentes com os da ciência (*Id. Ibid.*).

O paralelismo entre os modelos historicamente construídos e algumas concepções dos aprendizes sobre a luz e a visão também podem ser ressaltados, com implicações para o ensino desses assuntos, já que os processos cognitivos individuais e o desenvolvimento conceitual podem lançar luz um sobre o outro (DANON; CUDMANI, 1993). O estudo da evolução destes modelos e obstáculos enfrentados até alcançarem os modelos científicos aceitos atualmente pode ajudar na compreensão dos mesmos pelos alunos.

Especificamente sobre a óptica e a visão, Galili e Hazan (2001) apontam que a sua história de 2500 anos é extremamente rica e representativa do progresso científico em geral. Ela contribuiria, em um ensino baseado na história e filosofia da ciência, para uma melhor visão dos estudantes sobre vários aspectos da natureza da ciência e suas características, por meio do conhecimento da ascensão e queda de concepções e teorias científicas, ao longo de suas adoções, refinamentos e substituições. Nessa pesquisa, esses autores afirmam conseguir esse efeito sem comprometer o conhecimento disciplinar do conteúdo.

3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Este capítulo apresenta os pressupostos metodológicos da pesquisa, a caracterização do público investigado, os instrumentos de coleta e análise de dados, bem como o delineamento do processo de construção, desenvolvimento e análise da proposta didática realizada.

A pesquisa foi realizada com professores em formação inicial para o exercício da docência nas séries iniciais do Ensino Fundamental, na cidade de Foz do Iguaçu, PR, e se constitui na análise da construção, desenvolvimento e avaliação de uma sequência de ensino que integrou aspectos conceituais e metodológicos no ensino de um tópico de ciências direcionado à formação docente.

A intenção inicial era a aplicação das atividades com professores em serviço, durante um curso de extensão. Entretanto, não houve alunos inscritos no curso. Optamos então por aplicar a intervenção em uma turma regular de um curso de Pedagogia. Esta opção tornou a tarefa mais complexa, pois o número de alunos era consideravelmente maior e as discussões metodológicas seriam realizadas com alunos com pouca ou nenhuma experiência docente. Por outro lado, a investigação proporcionou um enfrentamento das condições, nem sempre adequadas, da formação inicial, de suas características e problemas.

A presente investigação está inserida na perspectiva qualitativa, de cunho interpretativo, cujas principais características, segundo Bogdan e Biklen (1994), são:

1. A fonte primária de dados é o ambiente natural e o investigador é o seu instrumento principal. No caso desta pesquisa o ambiente é uma disciplina regular de um curso superior de Pedagogia, no qual o professor é o próprio investigador;
2. A investigação e os dados recolhidos são primordialmente descritivos, visando à compreensão detalhada do fenômeno investigado;
3. O interesse investigativo se vincula mais à compreensão do processo do que simplesmente aos resultados ou produtos;
4. Os dados tendem a ser analisados de maneira indutiva, ou seja, o objetivo não é confirmar hipóteses construídas previamente, mas,

ao contrário, as abstrações são construídas na medida em que os dados são recolhidos e vão se agrupando;

5. A atribuição de significados tanto por parte dos sujeitos investigados quanto do investigador é de vital importância, o que “reflete uma espécie de diálogo entre os investigadores e os respectivos sujeitos, dado estes não serem abordados por aqueles de uma forma neutra” (Id. Ibid., p. 51).

Tendo em vista a temática da formação docente para o ensino de ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental e os pressupostos abordados, seguem a questão central da pesquisa: Quais as possíveis contribuições de uma abordagem de ensino potencialmente significativa e que integre aspectos conceituais e metodológicos na formação inicial de professores de Ciências dos anos iniciais?

Face a esta questão central surgem suas derivações pertinentes a esta investigação:

1. Como elaborar e desenvolver uma sequência de ensino para formação inicial de professores dos anos iniciais em ciências que integre atividades experimentais, investigativas, elementos de história da ciência e conteúdos científicos na abordagem da aprendizagem significativa?
2. Quais as implicações desta abordagem integradora no que diz respeito ao entendimento do desenvolvimento científico e do Ensino de Ciências por parte dos professores?
3. Quais as contribuições desse tipo de abordagem para elaboração de programas para formação docente para os anos iniciais do Ensino Fundamental?

A partir de tais questões apresentamos o objetivo geral a ser abordado nesta pesquisa: Investigar a contribuição de uma abordagem potencialmente significativa para a formação inicial de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental em Ciências.

Para a consecução deste objetivo seguiremos os seguintes passos:

1. Investigar a construção de uma sequência didática que integre História da Ciência, atividades investigativas e experimentais, baseada nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa voltada a professores em formação inicial para anos iniciais;
2. Desenvolver esta sequência didática com alunos regularmente matriculados no curso de Pedagogia;
3. Avaliar a utilização do v epistemológico de Gowin na condição de instrumento metodológico de pesquisa e, simultaneamente, como instrumento de aprendizado e avaliação;
4. Investigar as possíveis influências de uma sequência didática com estas características na formação de professores de Ciências para os anos iniciais do Ensino Fundamental, a partir da análise dos diagramas V e demais produções escritas realizadas pelos alunos.

Com estas questões e objetivos em mente, gostaríamos de contribuir para o debate relativo ao favorecimento da vivência de propostas inovadoras por parte dos professores, bem como a discussão crítica das mesmas, o aumento do nível de alfabetização científica dos professores dos anos iniciais e a aproximação das pesquisas sobre Ensino de ciências e a prática de ensino. Além disso, pretende-se contribuir para a elaboração de programas para formação docente com maior integração teórico-metodológica.

3.1 O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO E CONSTRUÇÃO DA PROPOSTA

O primeiro passo para a consecução dos objetivos propostos foi a escolha de um tema científico de interesse para o currículo escolar e que possibilitasse o acesso à literatura pertinente de pesquisas sobre o seu ensino e sobre seu desenvolvimento histórico. O tema escolhido foi a “Óptica da Visão Humana”. O segundo passo foi a construção de uma sequência de atividades didáticas relativas a este tema, que teve como base a teoria da aprendizagem significativa. Em seguida foi realizada a aplicação desta sequência didática para uma turma de professores em formação inicial dentro de um curso de Pedagogia.

A sequência didática foi proposta com o intuito de criar ambiente de aprendizagem potencialmente rico em significados, no qual os professores em formação pudessem vivenciar uma proposta teoricamente bem fundamentada para a aprendizagem de um tópico de ciências. Esperava-se que o futuro professor se colocasse primordialmente como aprendiz, no intuito de se sentir no processo de aprendizado significativo e de vivenciá-lo de maneira crítica. Neste sentido, não é propósito apontar como ele deverá ensinar a seus alunos, mas permitir que vivencie o processo e possa ser capaz de se colocar no lugar do aluno. Por essa razão a sequência não foi pensada para seus futuros alunos do Ensino Fundamental, mas para ele, professor em formação. Nessa fase, a preocupação dos futuros professores é, como esperado, prioritariamente com o seu aprendizado.

Em seguida, na parte final da sequência didática, os pressupostos teórico-metodológicos subjacentes à construção e aplicação da mesma são explicitados e debatidos. Nessa fase, o futuro professor se coloca como docente em formação contínua, ao analisar criticamente as abordagens e aproveitar-se delas da maneira que lhe convier, sendo capaz de incorporar estes pressupostos, ou parte deles, na construção de suas próprias atividades. Esperava-se, com isso, promover uma reorganização, mesmo que inicial, dos pressupostos desses professores que estivessem relacionados ao ensino e aprendizagem de ciências, pois “educar é mudar o significado da experiência humana” (GOWIN, 1981, p. 39). Ao longo da aplicação da primeira parte da sequência didática os pressupostos foram sendo apresentados aos poucos para justificar as atividades propostas, porém sua sistematização foi feita na fase final do curso.

A investigação sobre o tema e a sua implementação didática, alicerçada nos conceitos da teoria da aprendizagem significativa, foi realizada a partir de duas vertentes complementares. Em primeiro lugar foi feita uma revisão bibliográfica na área de pesquisa em ensino de ciências sobre o ensino e a aprendizagem da óptica, em especial quando relacionada ao processo da visão. Nesta revisão, já apresentada no capítulo anterior, foram encontradas as principais concepções alternativas presentes em estudantes de vários níveis e modificações ocorridas durante a aprendizagem, críticas às formas tradicionais de ensino e propostas para superação dos principais problemas encontrados. Em segundo lugar foi realizada a busca pela evolução histórica da compreensão humana relativa ao tema e a construção de uma síntese histórica com base nas referências utilizadas. A

interlocução entre as ideias dos alunos e os modelos históricos, bem como o uso de abordagens histórico-filosóficas no ensino deste tema também foram encontrados.

A partir deste levantamento, foi elaborada uma proposta de intervenção, baseando-se nos pressupostos da aprendizagem significativa, já discutidos anteriormente. Foi dada grande importância para a discussão das ideias prévias dos alunos e sua progressiva reorganização, além do uso de atividades práticas e discussão da história da ciência.

As pesquisas relacionadas às concepções alternativas nos foram bastante úteis não só na construção das atividades, mas também na interpretação das ideias apresentadas pelos futuros professores. Wandersee, Minitzes e Novak (1994, p. 195), com base em um grande número de pesquisas ao redor do mundo, apresentam uma síntese das principais características destas concepções:

1. Os aprendizes chegam à instrução formal de ciência com um conjunto de diversas concepções alternativas sobre os objetos e eventos do mundo natural;
2. As concepções alternativas que os aprendizes carregam atravessam as fronteiras de idade, de habilidades, de gênero e de cultura;
3. Concepções alternativas são tenazes e resistentes à extinção ou à modificação pelas estratégias convencionais de ensino;
4. Concepções alternativas frequentemente têm paralelos com explicações relativas aos fenômenos naturais oferecidas por cientistas e filósofos de gerações passadas;
5. Concepções alternativas têm suas origens numa variedade de experiências pessoais, incluindo percepções e observações diretas, aspectos da cultura e da linguagem, assim como explicações de professores e materiais instrucionais;
6. Professores podem compartilhar das mesmas concepções alternativas dos seus alunos;
7. O conhecimento prévio dos aprendizes interage com o conhecimento apresentado na instrução formal, levando a uma diversidade de resultados de aprendizagem que não foram pretendidos.

Estas sete afirmações, tomadas em conjunto, estão em consonância com os fundamentos da aprendizagem significativa e apontam para a contribuição de uma abordagem histórico-filosófica para o ensino de ciências. Os detalhes da elaboração e aplicação da proposta serão expostos no Capítulo 4 desta dissertação.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO E SUJEITOS INVESTIGADOS

As atividades foram realizadas com uma turma da disciplina “Fundamentos de Ciências e sua Didática I”, do 5º período do curso de Pedagogia de uma faculdade privada na cidade de Foz do Iguaçu e com a carga horária de 40 horas aula⁸. A turma contava com pouco mais de 50 alunos e sempre havia algumas faltas em todas as aulas. A disciplina foi ministrada as quartas-feiras, no período noturno, nos dois últimos horários (20h45min às 22h15min), durante o 1º semestre de 2010. Apesar de cada encontro durar oficialmente uma hora e meia, na prática isso não ocorria, devido ao fato dos alunos nunca conseguirem ficar após as 22h. O curso foi ministrado pelo próprio pesquisador.

Na cidade de Foz do Iguaçu existem mais três cursos de Pedagogia em outras faculdades privadas e um curso em universidade pública estadual. Poucos alunos tentaram vestibular na universidade pública, a maioria se direcionou diretamente para a faculdade privada, não levando em consideração sequer a possibilidade de passar no vestibular.

A turma era composta predominantemente por alunos trabalhadores (apenas 12% dos alunos não trabalhavam) e por mulheres, contando com apenas seis homens. A faixa etária variava entre 19 e 47 anos de idade (média = 29 anos) e aproximadamente metade dos alunos da turma tinha filhos no período de aplicação das atividades.

Cerca de 50% dos alunos tinham alguma experiência docente, variando de seis meses a 12 anos (média = 3,6 anos). Esta experiência era predominantemente na educação infantil. Os outros 50% não tinham experiência alguma ou apenas em estágios supervisionados obrigatórios, que estavam iniciando no ano da aplicação desta proposta.

⁸ A hora-aula do período noturno desta faculdade correspondia à 45 minutos.

A maioria dos alunos interrompeu os seus estudos em algum momento da trajetória escolar, variando de um a 22 anos fora da escola. Apenas 26% dos alunos saíram diretamente do Ensino Médio para o superior. Vários foram os motivos alegados para a interrupção dos estudos, sendo os mais citados o casamento, gravidez e necessidade de cuidar dos filhos, a falta de dinheiro e a falta de motivação e interesse pelos estudos.

Ao serem questionados sobre o motivo da escolha pela Pedagogia, 52% dos alunos responderam que se identificavam com a área, gostavam da profissão ou gostavam de crianças. Vários alunos já haviam feito o curso de magistério em nível médio (24%) e queriam complementar seus estudos, inclusive para subir na carreira docente. Alguns afirmaram que a escolha foi financeira (16%), pois era o curso mais barato⁹ e caberia no orçamento doméstico. Três alunos afirmaram que cursavam Pedagogia porque não conseguiram fazer o curso que pretendiam, seja porque não abriram turmas ou por serem muito caros.

A maioria dos alunos, 66%, disse ter a intenção de seguir a carreira docente e 18% disseram que não pretendiam. Os outros ainda não haviam se decidido ou não sabiam responder. As razões alegadas para não seguir a carreira docente incluíam a falta de valorização e reconhecimento profissional e os baixos salários, a vontade de fazer outro curso em área distinta e a intenção de trabalhar como pedagoga, porém fora da sala de aula (orientação psicopedagógica ou gestão escolar).

3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Os instrumentos utilizados na coleta de dados foram questionários, Diagramas V, e registros feitos pelo pesquisador em um caderno de campo. Os alunos foram esclarecidos no início da disciplina a respeito da proposta didática que seria adotada e concordaram com a mesma. Também assinaram um termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice G) sobre a possibilidade de utilização dos registros para fins de pesquisa.

⁹ Devido à concorrência com outras instituições privadas, o valor da mensalidade do curso de Pedagogia foi diminuído e, em contrapartida, o número de alunos por turma aumentou (algumas turmas passavam de 70 alunos). Isso dificultava bastante o trabalho docente com as turmas.

Um questionário inicial foi aplicado com o objetivo de levantar e discutir as ideias prévias dos alunos sobre o tema a ser aprendido e possibilitar o encaminhamento das atividades didáticas posteriores. O mesmo questionário foi aplicado ao final da sequência de atividades com o intuito de investigar as mudanças na compreensão do tema ocorridas no processo. A elaboração das perguntas foi feita com base no levantamento bibliográfico sobre as principais concepções alternativas e formas de compreensão da óptica da visão e possíveis relações com modelos explicativos históricos.

O caderno de campo foi adotado para registro de ocorrências, falas ou percepções que chamaram a atenção do docente-pesquisador durante a aplicação das atividades com os alunos, servindo de base para reflexões, direcionamentos e readequações pertinentes no processo didático-pedagógico. As anotações eram feitas no caderno após o término de cada encontro com a turma.

O Diagrama V foi utilizado simultaneamente como instrumento de coleta e análise de dados e no processo metodológico de aprendizagem e avaliação dos alunos. Na condição de instrumento de aprendizagem, o diagrama foi utilizado para explorar as várias facetas do conhecimento a partir dos elementos presentes nos dois lados do V. Ao utilizar o Diagrama como instrumento de registro e sistematização do conhecimento durante as atividades nas quais ele era requerido, os alunos eram encorajados a avaliar seus vários componentes e suas inter-relações, na tentativa de compreender a construção do conhecimento como um todo. Segundo Gowin e Alvarez (2005, p. 79), o uso do v deve ajudar os estudantes a perceber que operamos dentro de uma epistemologia construtivista ao gerar asserções sobre como vemos o mundo funcionar, e não dentro de uma epistemologia empiricista ou positivista que visa a provar alguma verdade sobre como o mundo funciona.

Alguns elementos do lado esquerdo do diagrama, tais como visão de mundo, filosofia e constructos, foram deixados em segundo plano nesta pesquisa devido a sua complexidade para uma primeira abordagem. Estes elementos foram apresentados aos alunos, porém sua inserção nos diagramas era optativa. Åhlberg (2006) afirma que alunos e professores com os quais trabalhou apresentam grande dificuldade em relatar, por exemplo, sua visão de mundo, e questiona o uso desta expressão por parte de Gowin quando comparada a outros usos apresentados na literatura científica sobre o tema. Apesar das dificuldades encontradas, este autor

continuou usando o Diagrama V em suas pesquisas e práticas educacionais - com algumas adaptações¹⁰ - por considerar a ideia principal bastante enriquecedora e poderosa. Åhlberg também afirma que o Diagrama V é uma das raras ferramentas educacionais e de pesquisa em educação que promovem o pensamento sobre os valores.

Na pesquisa qualitativa é muito frequente a análise de produções textuais, seja elas transcrições de entrevistas, relatos, anotações, depoimentos e textos diversos a partir de várias abordagens. Estas análises podem ser realizadas a partir de documentos previamente existentes, produzidos espontaneamente na realidade ou a partir de documentos suscitados pelas necessidades do estudo ou produzidos especificamente no âmbito da pesquisa em desenvolvimento (BARDIN, 2010). Nesta pesquisa utilizamos as produções textuais dos alunos registradas ao longo das atividades desenvolvidas no curso.

O conjunto dos documentos ou produções textuais utilizados como matéria-prima e submetidos à análise é denominado *corpus* da análise. Segundo Bardin (2010, p. 122), a constituição do *corpus* implica, muitas vezes, em escolhas, seleções e regras, tais como a pertinência do material segundo os objetivos da pesquisa, sua representatividade no universo investigado, sua homogeneidade em caso de comparações diversas e a exaustividade. Nesta investigação, o *corpus* de análise foi escolhido a partir dos dados coletados de 15 dentre os 52 alunos da turma. O critério de escolha foi a presença dos alunos nas aulas, ou seja, aqueles alunos que apresentaram menor número de faltas, tendo participado das principais atividades.

A análise dos dados se deu em três partes. Na primeira delas foram analisadas as respostas aos questionários inicial e final visando principalmente uma comparação entre as ideias sobre a óptica da visão apresentadas pelos alunos antes e depois da sequência didática, ou seja, foi voltada principalmente para o conhecimento do conteúdo científico abordado.

A segunda parte da análise foi realizada a partir dos Diagramas V construídos pelos alunos nas diversas atividades. Esta análise foi realizada com base nos próprios elementos do Diagrama, com o objetivo de avaliar se este

¹⁰ A adaptação realizada por Åhlberg, chamada de *Improved Vee Heuristics*, traz adequações principalmente no lado esquerdo do v e pode ser encontrada em seu site: <http://www.mv.helsinki.fi/home/maahlber/index.htm>

instrumento possibilita ao aluno uma boa expressão daquilo que fez e se permite avaliar o nível de compreensão dos mesmos sobre cada atividade em particular e também a respeito da compreensão do próprio instrumento.

A terceira parte da análise foi realizada a partir das respostas fornecidas na atividade avaliativa final. As respostas foram categorizadas em temas pertinentes à metodologia e ao conteúdo abordado no curso segundo suas relações com a formação docente. As categorias e unidades de análise das mesmas foram construídas segundo algumas indicações da análise de conteúdo temática que, segundo Bardin (2010, p. 199) é rápida e eficaz quando aplicada a discursos diretos e simples. Estas categorias temáticas são construídas a partir dos objetivos e pressupostos teóricos da pesquisa e analisadas segundo unidades que surgem a partir do processo analítico. Os resultados desta análise são apresentados no Capítulo 5.

4 CONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

Neste capítulo é apresentado o processo de construção da proposta didática e seu desenvolvimento ao longo do semestre no qual que foi aplicada. As premissas utilizadas no seu planejamento são apresentadas, seguidas de uma síntese das atividades e da descrição analítica do seu desenvolvimento junto aos alunos.

4.1 CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES

A relação entre a natureza do conhecimento do aprendiz e do conhecimento a ser ensinado deve ser considerada na organização de um material de ensino potencialmente significativo (LEMOS, 2006). Para tanto, na construção da proposta, focalizamos dois aspectos essenciais que podem contribuir para a elaboração de atividades didáticas potencialmente significativas e também para a interpretação dos resultados da sua aplicação em sala de aula. Um destes aspectos se refere à análise da literatura sobre o ensino e aprendizagem deste tema, sobre as ideias prévias ou alternativas detectadas, os principais problemas e dificuldades encontradas, bem como indicações de soluções apontadas. O segundo aspecto se refere à evolução histórica do tópico em questão, que, como já foi discutido, pode auxiliar na compreensão dos conceitos relativos ao conteúdo a ser ensinado e também na compreensão do desenvolvimento científico. Estes dois aspectos foram integrados aos princípios da aprendizagem significativa crítica (MOREIRA, 2010), que foi utilizada como referência tanto no planejamento das atividades como no seu desenvolvimento junto aos alunos.

A complexidade dos processos educativos, segundo Zabala (2008), faz com que dificilmente se possa prever antecipadamente o que ocorrerá em sala de aula. Por esse motivo, o planejamento deve ser suficientemente bem elaborado e simultaneamente flexível e livre de rigidez na sua aplicação, contando com meios e estratégias que possam atender às diferentes demandas que aparecerão no transcurso do processo de ensino e aprendizagem.

Tendo em vista o caráter contextual e idiossincrático da aprendizagem significativa, inexistente sequência ideal de ensino. Ao invés disso, poderíamos dizer que existem propostas, estratégias ou sequências de ensino mais

ou menos adequadas para a aprendizagem de determinado conteúdo por um grupo particular. Além disso, para sermos coerentes com os princípios da Aprendizagem Significativa, em especial a Crítica, não podemos pretender um controle sobre as diversas e complexas variáveis e suas interações em situação de ensino e, portanto, concordamos com Lemos quando afirma que “o ensino é apenas um meio pelo qual a aprendizagem significativa do aluno é favorecida” (2006, p. 64).

Numa concepção construtivista, a prática educativa deve envolver a reflexão a respeito de muitas variáveis tais como: a função social do ensino; os conteúdos, sua tipologia e sua organização didática; as relações interativas em sala de aula (papéis do professor e alunos); a organização social da classe; os materiais curriculares e outros recursos didáticos; a avaliação (ZABALA, 2008). Estas variáveis são contempladas pela teoria da aprendizagem significativa.

A escolha dos conteúdos levou em consideração o tempo disponível, o nível de ensino no qual as futuras professoras irão atuar e o potencial formativo relativo às discussões teórico-metodológicas envolvidas. Como já dissemos, o curso não se destina a formar um especialista em alguma área científica, mas proporcionar a vivência de uma sequência de atividades que contribua para a compreensão do ensino de ciências no nível fundamental e também de alguns conceitos da ciência escolar. Esta escolha, além de limitar as atividades a apenas um tema (óptica da visão), envolveu também um recorte deste tema, pois não seria possível tratar todos os aspectos envolvidos na óptica da visão no tempo disponível, 40 horas-aula. Além disso, não gostaríamos de sobrecarregar os alunos com uma grande quantidade de conceitos novos em curto intervalo de tempo, conduta contraditória à postura construtivista da aprendizagem significativa e crítica que adotamos. Por esses motivos priorizaram-se os conceitos relacionados com a interação luz-objeto-olho e o modelo para formação da imagem na retina, porém, a questão da visão das cores não pode ser incluída no planejamento.

Optamos por uma abordagem mais conceitual e qualitativa na compreensão dos fenômenos envolvidos na óptica da visão, em detrimento de análises quantitativas desnecessárias para os objetivos propostos, tais como equações de refração e distância focal e regras geométricas para construção de imagens formadas pelas lentes ou espelhos.

Outra questão relevante no planejamento, tanto na elaboração dos materiais quanto nas prioridades de seleção e tempo dedicado a cada conteúdo, foi

a observação das indicações oferecidas pelas pesquisas sobre o ensino da óptica apresentadas no Capítulo 2. Isso significa dar maior importância àqueles conceitos centrais e fenômenos potencialmente mais relevantes à compreensão do tema, atentar para as ideias que os alunos trazem e relacioná-las com o desenvolvimento histórico dos conteúdos.

Parte do material didático foi elaborado por nós, como por exemplo, os textos sobre a história da ciência, apresentados no Capítulo 2, e parte foi adaptada de outros materiais disponíveis, como no caso do texto sobre o funcionamento do olho humano (Apêndice E). Obviamente não encontramos nenhum material, livro ou sequência de atividades prontos para o uso, que atendesse aos nossos propósitos e tampouco gostaríamos de enquadrar a proposta em algum material já disponível, pois “são necessários materiais que estejam a serviço de nossas propostas didáticas e não o contrário” (ZABALA, 2008, p. 175). Além disso, visamos atender ao princípio da não centralidade do livro texto, ou da diversidade de materiais instrucionais apontada pela vertente crítica da aprendizagem significativa.

A organização social da classe, ora em pequenos grupos, ora no grande grupo e também em atividades individuais, foi elaborada de modo a estabelecer variados tipos de relações interativas na sala de aula, tanto entre os alunos quanto entre professor e alunos, visando principalmente contribuir para a participação ativa de todos os envolvidos. Esta organização pretendeu facilitar e incentivar a negociação de significados, no sentido atribuído por Gowin (1981). Para isso optou-se pela utilização de estratégias de ensino diversificadas, tais como desafios experimentais, explorações práticas, experimentos demonstrativos, leitura e discussão de textos, aulas expositivo-dialogadas, construção de diagramas V, explicitação das próprias ideias e confronto com as ideias científicas, entre outras. Os princípios da não utilização do quadro de giz e do abandono da narrativa foram considerados no planejamento desta organização.

A sequência foi planejada de maneira que os conceitos fossem apresentados e aprofundados de maneira recorrente e inter-relacionada, visando aplicar os princípios da diferenciação progressiva, da reconciliação integrativa, da organização sequencial e da consolidação, conforme apresentados por Ausubel (2003). Os princípios da Aprendizagem Significativa Crítica, propostos por Moreira (2000, 2010) atravessam todas as atividades.

Portanto, a partir dos estudos sobre a aprendizagem significativa, as pesquisas sobre o ensino da óptica, as concepções alternativas e sobre a história do desenvolvimento das ideias sobre a óptica da visão, elaboramos a sequência de atividades que seriam realizadas com os alunos e sintetizadas no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Síntese das atividades planejadas

Atividade 1	Apresentação da proposta; Apresentação e construção do Diagrama V a partir de atividade prática sobre comparação de pesos.
Atividade 2	Levantamento da ideias prévias dos alunos sobre a óptica da visão com o uso de questionário e discussão
Atividade 3	Óptica da Visão na Antiguidade; Comparação das ideias históricas com as ideias dos alunos;
Atividade 4	Atividade Experimental: Fazendo sombras iguais com figuras diferentes; Discussão sobre a formação das sombras, propagação da luz, fontes de luz; Construção de um Diagrama V da atividade
Atividade 5	Interação da luz com a matéria: Reflexão e absorção da luz; reflexão difusa e especular com utilização de demonstrações experimentais com espelhos e fontes de luz
Atividade 6	Planejando com o v: Avaliação a partir da construção de um planejamento de aula sobre sombras utilizando o Diagrama V.
Atividade 7	A óptica da visão na Idade Média; apresentação com <i>Powerpoint</i> e texto entregue aos alunos; discussão das várias ideias apresentadas.
Atividade 8	Lentes e refração da luz: atividades práticas sobre refração e formação de imagens em lentes.
Atividade 9	O Olho Humano; funcionamento do olho humano e aspectos históricos sobre a explicação kepleriana da visão.
Atividade 10	Avaliação: Replicação do questionário aplicado na atividade 2
Atividade 11	Explicitação teórico-metodológica do processo vivenciado
Atividade 12	Avaliação do processo vivenciado; análise crítica.

Em seu conjunto, as atividades planejadas têm como objetivo geral, do ponto de vista do conteúdo de ciências, a compreensão dos conceitos básicos relacionados ao processo óptico da visão humana. Do ponto de vista metodológico, o objetivo foi vivenciar várias estratégias instrucionais articuladas com a finalidade de facilitar a aprendizagem significativa dos conceitos e processos relativos à óptica da visão e também relativos à própria teoria da aprendizagem significativa.

O primeiro item do planejamento (atividade 1) foi a proposição das linhas gerais da intervenção didática aos alunos, seguida da apresentação do Diagrama V e de uma atividade prática sobre comparação de pesos para a construção deste diagrama pelos alunos. A atividade prática escolhida não tem relação com o conteúdo da sequência didática e objetivava a compreensão do Diagrama V, instrumento que seria utilizado em outras atividades.

A atividade seguinte se refere ao levantamento e discussão das ideias prévias dos alunos. Este momento é considerado de grande importância, pois ajudaria a estruturar as ações seguintes, constituindo um ponto de partida para a construção das novas ideias. O questionário também foi feito com o propósito de problematizar a forma de entendimento dos alunos sobre o tema e ao mesmo tempo servir de avaliação diagnóstica inicial dos conceitos relevantes.

A atividade 3 se constituiu na leitura e discussão de um texto sobre as ideias da Antiguidade a respeito da visão e sua comparação com as ideias dos alunos. O objetivo, além de introduzir o processo histórico de desenvolvimento dos modelos da visão, foi o de gerar uma argumentação em torno do posicionamento dos alunos com relação ao que pensavam em comparação com as ideias antigas.

A atividade 4 teve como objetivo a introdução dos conceitos de propagação retilínea da luz e das sombras. A estratégia didática foi a proposição de um desafio experimental no qual os alunos deveriam propor maneiras de formar sombras iguais com objetos diferentes e explicar como fizeram e porque os efeitos desejados foram alcançados. O registro das atividades seria feito no Diagrama V. Nesta atividade era esperado que os alunos compreendessem que a luz se propaga em linha reta e que o tamanho e a forma das sombras dependem deste princípio.

Na atividade 5 são tratadas as interações da luz com a matéria, com especial atenção a reflexão da luz, principalmente a difusa. Este ponto foi considerado essencial, pois uma das principais críticas ao ensino tradicional da óptica apontado pela literatura, como já comentado anteriormente, é a grande

atenção dada a reflexão especular em detrimento da reflexão difusa, elemento responsável pela visão da maior parte dos objetos cotidianos. A estratégia foi apresentar e discutir os temas com base em demonstrações experimentais e situações cotidianas. Para as demonstrações são utilizadas lanternas, espelhos, caneta laser e variados objetos opacos. A partir desta atividade os alunos deveriam diferenciar a reflexão especular da difusa, reconhecendo as características de ambas.

A atividade 6, de caráter avaliativo, foi a construção de um planejamento de aula sobre sombras utilizando o Diagrama V, visando a ampliação do escopo de utilização do diagrama e também compreensão das facetas do conhecimento envolvidas na elaboração de uma situação de ensino. O planejamento deveria ser feito individualmente e direcionado a alunos dos anos iniciais.

Na atividade 7 foi retomada a discussão histórica avançando para as ideias da visão na Idade Média. O objetivo é discutir a diversidade de ideias e personagens envolvidos na construção e debate dos modelos da visão, bem como as dificuldades encontradas para sua explicação.

A atividade 8 envolveu uma série de experimentos e discussões sobre a refração da luz e o funcionamento das lentes convergentes com o objetivo de fomentar a compreensão da formação da imagem ponto a ponto, criando subsídios para entendimento posterior do funcionamento do olho humano e a formação da imagem na retina. A abordagem didática se dá com a exploração de lupas por parte dos alunos e de experimentos demonstrativos sobre refração (usando perfis de lentes) e formação de imagens nas lentes convergentes. Esta atividade também conta com a elaboração de um Diagrama V. Nesta atividade os alunos deveriam caracterizar a convergência da luz que atravessa uma lente a partir da refração e de que maneira esta convergência propiciaria a formação de imagens.

Na atividade 9 a discussão principal se refere ao funcionamento do olho humano juntamente com a abordagem histórica kepleriana sobre a formação da imagem na retina. É fornecido um texto sobre as partes do olho e suas funções (Apêndice E) e as discussões sobre formação de imagem são retomadas para comparação com o sistema óptico da visão humana. Alguns experimentos são realizados para discussão de fenômenos como os da abertura da pupila e da acomodação do cristalino.

A atividade 10 é a replicação do questionário aplicado no início das atividades (Apêndice A), visando comparar as ideias dos alunos sobre a óptica da visão no início e no final do desenvolvimento das atividades.

A atividade 11 envolve a explicitação dos fundamentos teórico-metodológicos subjacentes à construção e aplicação da sequência didática e sua análise e discussão por parte dos alunos. Nesta atividade, os conceitos de aprendizagem significativa são trazidos e debatidos a luz da sequência de atividades vivenciada pelos alunos. A ideia central nesta atividade é a de que os alunos consigam relacionar os princípios da aprendizagem significativa com o processo vivenciado por eles durante o semestre, permitindo uma análise crítica deste processo.

Em seguida, na atividade 12, foi programada uma avaliação do entendimento dos alunos sobre o processo vivenciado por eles em um contexto construtivista. A descrição pormenorizada da aplicação da sequência de atividades será tratada na seção seguinte.

4.2 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA

Nesta seção são descritas e analisadas todas as atividades realizadas ao longo do desenvolvimento da proposta didática com alunos da disciplina “Fundamentos de Ciências e sua Didática I”, do 5º período do curso de Pedagogia. Esta descrição é apresentada na ordem cronológica dos acontecimentos e está integrada e permeada com as reflexões, análises e interpretações do investigador e simultaneamente docente da turma, realizadas durante o processo.

Esta forma de apresentação foi escolhida visando permitir ao leitor uma perspectiva mais próxima do processo de tomada de decisões e reflexões que fizeram parte da aplicação da proposta, bem como das dúvidas surgidas no curso desta investigação.

A atividade 2, relativa ao levantamento das ideias prévias dos alunos, foi particularmente pormenorizada nesta seção, incluindo a análise das respostas dadas ao questionário por toda a turma. Os registros dos alunos para as outras atividades, tais como os Diagramas V e a avaliação feita ao final, serão analisados no Capítulo 5, a partir do *corpus* selecionado das produções de 15 alunos, conforme indicado no capítulo 3, que trata da abordagem metodológica.

4.2.1 Atividade Inicial para a Apresentação do Diagrama V

No primeiro dia da aula, foi feita a proposta de implementação das atividades. A ideia de experimentar criticamente uma sequência de atividades e sua posterior explicitação metodológica foi bem aceita pela turma. Isso significava que a turma iria experimentar, na condição de alunos críticos e futuros professores, uma série de atividades envolvendo o tema proposto, avaliando sua própria aprendizagem e também o potencial da proposta em termos didático-pedagógicos.

A primeira atividade foi relacionada à apresentação e construção do Diagrama V, ferramenta que seria utilizada outras vezes ao longo do processo. No início desta atividade foi realizada uma contextualização do surgimento do Diagrama V a partir dos trabalhos de Bob Gowin e do método das 5 perguntas. Um exemplo pronto do diagrama foi distribuído em seguida para a turma e discutido em todos os seus itens. Durante a discussão do exemplo, várias dúvidas surgiram e foram sendo dirimidas. O caráter construtivo do diagrama, em oposição a um questionário a ser preenchido com respostas pré-estabelecidas, foi especialmente abordado, com o objetivo de estabelecer a base epistemológica construtivista na qual a abordagem didática estaria sustentada.

Após esta discussão, foi proposto um experimento sobre comparação de pesos para que os alunos construíssem por si mesmos um Diagrama V. Este experimento foi realizado com o objetivo de proporcionar uma primeira vivência da construção do V e, por este motivo, não tinha relação com o tema da óptica da visão. A tarefa era construir um Diagrama V da atividade experimental proposta visando uma melhor compreensão prática do uso deste instrumento. A atividade consistiu na apresentação de dois objetos - uma chumbada de pescaria e uma placa de madeira -, seguida das seguintes questões: Qual dos dois objetos é mais pesado? e Quantas vezes mais pesado?.

Os alunos não dispunham inicialmente de nenhum aparelho de medida e utilizaram as próprias mãos para fazer uma estimativa comparativa dos pesos dos objetos. Após passar pelas mãos de todos os alunos a resposta à primeira questão foi bastante consensual: “o chumbo é mais pesado do que a madeira”. Apenas dois alunos tiveram a impressão de que o peso era o mesmo para os dois objetos. Já para a segunda pergunta, as respostas foram bastante diferentes, indo desde “tem o mesmo peso” até “oito vezes mais pesado”.

Após uma discussão sobre a validade das respostas, os dois objetos foram pendurados, um de cada vez, em uma tira de elástico. O comprimento do elástico ficou maior quando a placa de madeira foi pendurada, causando uma grande surpresa nos alunos. Com isso foi desencadeada nova discussão para tentar compreender a discrepância entre o que os alunos haviam percebido com as mãos (chumbo mais pesado) e o que tinham observado com o elástico, que indicava a placa de madeira mais pesada.

A discussão girou em torno da diferença entre a grandeza peso dos objetos e a pressão que eles exerciam nas mãos dos alunos e da confiabilidade da nossa sensação a respeito do peso de objetos. Porém, o que mais chamou a atenção foi a agitação e ansiedade demonstrada por vários alunos, ao perceberem que estavam “errados”. Como a turma era grande, muitos alunos já estavam construindo o Diagrama V enquanto outros ainda estavam lidando com a chumbada e a placa de madeira. Por isso, quando os objetos foram pendurados no elástico, muitos ficaram desconcertados por ter que refazer o V, pois já haviam preenchido a asserção de conhecimento com a resposta errada para a questão foco. Isso gerou certo descontentamento nos alunos, o que obrigou a retomar várias vezes o pressuposto de que estávamos ali para construir o conhecimento com a ajuda do diagrama e não para simplesmente preenchê-lo de maneira “correta”. Além disso, discutimos a questão da ansiedade em ter uma resposta certa e rápida para as atividades.

O fato de o experimento escolhido ter gerado um conflito entre o que os alunos percebiam e o resultado apresentado com o elástico foi inicialmente percebido como um problema. De início, ponderamos ser equivocada a escolha deste experimento em particular, pois parecia que ele havia desviado o foco da atividade, que era o de ter uma primeira experiência com o Diagrama V. Ao invés disso, boa parte das dúvidas e discussões girou em torno de qual seria a resposta certa a ser colocada no diagrama e na tentativa de diminuir a ansiedade da turma com as conclusões supostamente equivocadas.

Em uma reflexão posterior a esta aula, vimos que de fato não houve nenhum desvio, mas que a ansiedade dos alunos poderia ser um indício da forma como eles tradicionalmente encaravam as tarefas escolares e de como lidavam com o erro. Dentro de uma postura construtivista devemos considerar que “o erro de um aluno quase sempre expressa seu pensamento, que tem por base outro sistema de

referência, para ele bastante coerente” (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 32). Porém, esse papel atribuído ao erro pelas abordagens construtivistas pareceu estar longe de ser assimilado nas vivências de sala de aula destes alunos. Vários outros episódios ocorridos nas atividades subsequentes corroboraram esta reflexão.

Outra reflexão se refere ao papel positivo do conflito em uma abordagem de ensino construtivista, que abdica da pretensão de controle total das atividades, que deveriam correr de maneira supostamente tranquila e linear. Segundo Zabala (2008, p. 85) devemos aproveitar os conflitos surgidos de pontos de vista contrários ou que surjam em dinâmicas de aula para promover o debate e a reflexão sobre os valores envolvidos. Isso contribuiria enormemente para a aprendizagem, principalmente de conteúdos atitudinais¹¹. Do ponto de vista da aprendizagem significativa, o conflito pode contribuir para o processo de negociação de significados entre os envolvidos, permitindo a troca de pontos de vista e o compartilhamento de significados.

Com toda a discussão, vários alunos não conseguiram entregar o Diagrama V até o final da aula, terminando em casa e trazendo na semana seguinte, quando a discussão sobre a sua construção foi retomada.

4.2.2 Levantamento dos Conhecimentos Prévios dos Alunos

Após a discussão sobre o Diagrama V, o tema central da sequência de atividades foi iniciado. Nesse segundo encontro foi abordada a importância de conhecermos as ideias que os alunos já tinham a respeito do tema. O conhecimento das ideias prévias tinha uma dupla função. A primeira delas é ajudar o professor na tomada de decisões concernentes ao processo de ensino e aprendizagem daquele conteúdo para aquela turma em particular, orientando as atividades posteriores. A segunda função é auxiliar os alunos a tomar consciência das próprias ideias e da sua modificação ao longo da aprendizagem, contribuindo também para discussões mais ricas e permitindo a comparação das suas ideias com o conhecimento científico a respeito do tema. Com essa intenção explicitada, um questionário com perguntas a respeito do tema da óptica da visão foi distribuído à turma.

¹¹ De acordo com Coll (*apud* ZABALA, 2008) os conteúdos da aprendizagem podem ser classificados em três tipos: os *conceituais* (fatos, conceitos, princípios), relacionados ao saber, os *procedimentais* (procedimentos, técnicas, métodos), relacionados ao saber fazer, e os *atitudinais* (valores, atitudes e normas), relacionados ao saber ser.

O questionário (Apêndice A) foi composto por seis perguntas abertas, construídas de maneira ampla o suficiente para tentar não induzir previamente as respostas, permitindo que os alunos escrevessem o que pensavam. As perguntas foram formuladas levando-se em conta as possíveis concepções alternativas, levantadas na revisão bibliográfica sobre o tema, e também suas relações com a História da Ciência. O questionário também se prestou à problematização do entendimento sobre a visão, pois ele deveria ser respondido a partir da visão obtida de um objeto colocado sobre uma mesa disposta na frente da turma. O objeto, escolhido por uma aluna, foi um capacete de motociclista. As seis questões foram as seguintes:

1. Descreva, com o máximo de detalhes, como é possível que você enxergue o objeto exposto na mesa, a partir da posição em que você se encontra.
2. Você consegue enxergar todo o objeto da posição em que você se encontra? Explique.
3. Se apagarmos completamente a luz, inclusive a que entra pelas janelas, você continuaria enxergando este objeto? Explique.
4. Se fosse colocado algum outro objeto entre os seus olhos e o objeto inicial, você continuaria enxergando este objeto? Explique.
5. O que é luz para você?
6. Como você acha que funciona o seu olho?

As quatro primeiras perguntas estavam diretamente relacionadas com a observação do objeto (capacete), enquanto as duas últimas questionavam a respeito da ideia que os alunos tinham sobre o que era a luz e sobre o funcionamento do olho humano.

A orientação fornecida para a realização da atividade era a de que as respostas deveriam conter o máximo de detalhes e espelhassem o que realmente cada um pensava, sem se importar com o fato de estarem certas ou erradas. Os alunos também foram orientados a utilizar desenhos ou esquemas para representar o seu raciocínio caso sentissem necessidade.

Apesar da orientação dada no início da aula, foram ouvidas durante a aplicação do questionário algumas frases do tipo “Este questionário é muito difícil”

e “Como vou responder isso?”. Novamente as recomendações foram feitas para que o objetivo da atividade ficasse claro e, ao que pareceu, alguns alunos não se sentiram à vontade com a tarefa de responder perguntas “antes de a matéria ser ensinada”.

Após uma primeira leitura nas respostas dadas pelos alunos, foi observado que, ao contrário do solicitado, boa parte das perguntas foi respondida com frases curtas e, muitas vezes, vagas. Algumas hipóteses surgiram desta reflexão inicial. Uma delas poderia estar relacionada ao próprio questionário, pois as perguntas amplas podem ter induzido à respostas vagas. Outra hipótese seria o hábito ou costume dos alunos em responder questionários no ambiente escolar apenas para “ganhar nota” ou para “se livrar da tarefa”, o que contribuiria para uma falta de engajamento na atividade. Poderia estar ligada também a falta de interesse pelo assunto ou devido ao horário da aula (última da noite), que fazia com que alguns alunos se apressassem para sair.

Com base neste resultado resolvemos retomar a discussão na aula seguinte, ponderando as respostas dadas e também entregar mais duas questões (Apêndice A), desta vez objetivas, com o intuito de contribuir com identificação das ideias prévias dos alunos. Entretanto, antes de descrever esse próximo passo, vamos analisar as respostas dadas ao questionário.

Nesta análise o *corpus* utilizado envolveu os questionários respondidos por todos os alunos presentes. O código utilizado foi TG, significando turma geral, seguida do número correspondente à ordem alfabética dos nomes dos alunos, por exemplo, TG23 significa turma geral, aluno 23.

A primeira questão solicitava que cada um descrevesse, com o máximo de detalhes, como era possível enxergar o objeto exposto na mesa, a partir da posição em que ele se encontra na sala. O seu propósito era investigar como os alunos explicariam o fato, aparentemente trivial, de ver um objeto a sua frente. A resposta esperada, do ponto de vista da ciência, seria a de que a luz refletida pelo objeto entraria nos nossos olhos e uma imagem seria formada na retina.

Parte das respostas demonstrou o não entendimento da pergunta, pois ao invés de explicar como era possível ver o capacete, este foi apenas descrito, como mostram as frases abaixo:

“Na posição em que estou consigo ver que se trata de um capacete de cor preta e viseira transparente com detalhes brancos” (TG30).

“Aparentemente o objeto se posiciona redondo, meio oval, com a viseira virada para a parede e cores cinza, preta e detalhe que o motorista perceba quando está andando na via” (TG27).

Outras respostas mostraram a preocupação com o posicionamento do objeto em relação ao observador, seu tamanho, a distância na qual se encontra e pelo fato de não haver ninguém na frente. Porém, não falam na necessidade da luz para enxergá-lo:

“Acredito que eu posso enxergar o objeto pelo fato do mesmo ser de um tamanho razoável (médio) e a distância entre eu e o objeto não ser tão longa, desta forma o objeto não fica tão pequeno” (TG12).

“É possível enxergar o objeto que está na mesma posição que a minha, porque o objeto se encontra na minha frente, e com isso os nossos olhos vão diretamente ao objeto mais perto de você” (TG38).

“Primeiro ele se encontra em cima de uma mesa estando a mesma no palco. Segundo estou na frente do objeto tendo apenas uma aluna na minha frente, sendo o objeto de um tamanho grande da distância de onde me encontro” (TG29).

“O objeto que está em cima da mesa é um capacete, eu só consigo enxergá-lo porque ele está em cima da mesa, porque estou sentada. Se o objeto estivesse no chão, eu não enxergaria do lugar onde estou” (TG5).

Alguns alunos apontam para a importância do olho para enxergar o objeto, enquanto outros identificam a luz como componente importante do processo da visão. Porém, nenhum aluno apresenta qualquer modelo explicativo que relacione os elementos luz, olho e objeto:

“Eu vejo o objeto (capacete) através da luz que está bem clara no ambiente em que eu me encontro. Estou tendo uma visão clara do que estou vendo” (TG9).

“É possível pelo simples fato dele ser algo grande e ter uma boa claridade” (TG34).

“Consigo enxergar o objeto porque ele está bem visível, e tenho uma boa visão, também porque tem luz e facilita a visão” (TG17).

“Consigo enxergar o objeto devido ao globo ocular que possuo e detenho uma boa visão. Também porque há luz na sala, o que facilita para o mesmo ser visto” (TG31).

“Vai depender da posição em que eu estou, da claridade e dos meus olhos” (TG43).

Podemos perceber nos relatos acima que a luz é descrita como uma “claridade” que “facilita” a visão. O fato de ter “boa visão” também é valorizado, mas não há nenhuma menção a interação da luz com o olho ou da luz com o objeto.

A reflexão da luz é citada por apenas uma aluna, sendo esta a única referência a algum tipo de interação luz-objeto encontrada em todos os questionários. Além disso, ela aponta a luz como elemento necessário e não apenas facilitador da visão:

“Para ser possível enxergar, necessariamente precisa ter luz, para ter uma boa visão não pode ter problema no olho. A luz reflete no objeto e onde há luz, há possibilidade de visão” (TG13).

A visão também é citada como algo que alcança o objeto:

“É possível, devido aos meus olhos estarem ao alcance de visão do objeto” (TG44).

Esta aluna também justifica o fato de não ver a parte de trás do capacete com o mesmo argumento, ou seja, a “*visão alcança somente e parte da frente e não as partes laterais e de trás*” (TG44). A aluna não esclarece o significado da expressão “alcance da visão”.

A segunda questão perguntava se era possível enxergar todo o objeto. O seu objetivo era possibilitar que o aluno justificasse o motivo pelo qual não via o lado oposto do objeto, mas apenas a parte que estava a sua frente. A maioria dos alunos afirmou não ser possível ver o outro lado, sem justificar o fato. Outros justificaram apenas utilizando o argumento de que a sua posição não permitia ver do outro lado. Alguns chegaram a afirmar que viam todo o objeto, sem se dar conta de que não viam o lado oposto, escrevendo apenas que não havia ninguém na frente para atrapalhar a visão total do objeto. Não houve nenhuma referência a ideia de que a luz refletida do outro lado do objeto não se propagava em direção aos olhos e, por este motivo, não poderíamos enxergá-lo, conforme seria adequado.

A terceira questão indagava se o objeto continuaria a ser visto caso todas as luzes fossem apagadas, inclusive as do lado de fora da sala. O objetivo era investigar o papel atribuído à luz na visão dos objetos. Para esta questão tivemos basicamente 4 grupos de respostas. Um grupo afirmou que não é possível enxergar sem luz, pois ela é necessária à visão:

“Não. Porque não consigo ter a percepção da luz, e tudo está escuro” (TG36).

Apesar de identificar a luz como essencial à visão, alguns alunos categorizados neste grupo afirmaram que, apesar de não poderem enxergar de fato o objeto, poderiam imaginá-lo, já que haviam registrado o mesmo na mente ou cérebro, como podemos perceber pelas afirmações abaixo:

“Não enxergaria o objeto em si, mas como ele está registrado em minha mente imagino ele ali” (TG30).

“Enxergaria na memória, lembraria do objeto, mas o objeto propriamente dito não enxergaria pois precisaria da luz” (TG43).

“De certa forma sim e de certa forma não, porque eu continuaria enxergando na cabeça, no meu cérebro, pois antes quando a luz estava ligada já o vi e guardei a imagem na minha mente. Mas de certa forma não enxergaria, por que não estaria vendo de fato com luz e com os olhos abertos” (TG31).

Seguindo esta mesma linha de raciocínio na qual o cérebro registra a imagem do objeto, porém com resposta oposta, o segundo grupo afirmou que poderia ver o objeto mesmo sem luz:

“Sim, pois ele já está gravado na mente” (TG37).

“Sim, porque o objeto já foi processado em nosso cérebro quando foi enxergado pela primeira vez” (TG44).

“Sim, porque quando se apaga completamente a luz, o cérebro passa um controle para que os olhos, a imagem do objeto já está projetada no cérebro e é capaz de enxergar sim” (TG45).

A última afirmação sugere a existência de um mecanismo cerebral que nos permitiria enxergar no escuro, após já ter enxergado o objeto pela primeira

vez. Estas ideias nos pareceram inusitadas e não foram encontradas na literatura consultada sobre o tema.

Outro grupo afirmou que poderia não enxergar no início, mas com o tempo a visão se acostumaria com o escuro e passaríamos a ver:

“Logo que a luz for apagada, não será possível ver, mas ao passar do tempo a nossa visão irá se adaptar a escuridão, e será possível identificar o que é e a posição que se encontra o objeto” (TG1).

“Não no momento que a luz se apagar, mais com o passar de alguns minutos será possível enxergá-lo” (TG8).

A experiência comum de entrar na sala de um cinema sem enxergar nada e aos poucos começar a ver os objetos foi um dos casos comentados. Porém ninguém soube explicar o que significava “se acostumar” com o escuro ou descrever qualquer mecanismo que justificasse este fato.

O quarto grupo afirmou ser possível ver o capacete devido aos adesivos que estavam colocados nele:

“Sim, pois este objeto possui adesivos refletivos, já para que este objeto possa ser notado no escuro” (TG12).

“Sim, porque nele existem detalhes prata que refletem no escuro” (TG4).

“Não totalmente, Pois em sua maioria ele é escuro com a falta de luz. Enxergaria somente um adesivo fosforescente que se encontra do lado o qual visualizo” (TG40).

Nas três sentenças acima é possível perceber o conhecimento cotidiano a respeito dos adesivos refletores colocados nos capacetes que “refletem no escuro”. Apesar disso, não se dão conta da impossibilidade de reflexão sem luz, pois tais adesivos são feitos para refletir a luz proveniente dos faróis dos automóveis e não seriam vistos caso não houvesse luz incidindo sobre eles.

Em alguns casos a justificativa para não ver o capacete é o fato de ele ser escuro, permitindo inferir que poderia ser visto se fosse mais claro: “Não, pelo fato dele ser algo escuro também” (TG34).

A quarta questão dizia respeito à possibilidade de enxergar o capacete caso fosse colocado outro objeto entre ele e seus olhos. O objetivo foi investigar quais explicações os alunos dariam para o fato de um objeto obstruir a

visão de outro e em que condições isso se daria. Neste caso a maior parte dos alunos respondeu que a possibilidade de enxergar dependeria das características do objeto colocado a sua frente, como o fato de ser transparente ou não. O tamanho do objeto foi apontado como tendo maior influência, em especial se fosse maior do que o capacete: “Se o objeto fosse menor que o capacete, sim, mas sendo maior iria tapar todo o meu campo de visão” (TG52).

Muitas respostas afirmavam apenas que “depende do tamanho”, sem nenhuma outra explicação. Outras, como a resposta acima, afirmavam que o objeto deveria ser maior do que o capacete, ignorando que um objeto menor pode impedir a visão de um objeto maior, dependendo da posição relativa dos mesmos e do olho. Apenas duas alunas fazem alguma menção sobre a posição relativa dos objetos:

“Dependeria da distância que estes objetos estariam posicionados e também do tamanho do objeto que seria colocado a frente do objeto inicial” (TG12).

“Se eu colocar um objeto menor que meu estojo conseguirei enxergá-lo, agora se colocar perto dos meus olhos eu não consigo” (TG38).

A resposta do aluno TG38 também evidencia que ele realizou algumas experiências para poder fazer sua afirmação, comparando o objeto com seu estojo e provavelmente colocando-o próximo aos olhos. Isso indica uma predisposição deste aluno a exploração do tema, em oposição a postura mais comum de apenas responder ao que foi pedido.

Um pequeno grupo recorreu à mesma ideia apresentada na questão anterior, se referindo ao registro na mente para explicar a visão do objeto, como demonstram as respostas abaixo:

“Sim, porque o objeto já foi projetado no cérebro e na memória, sem contar que o objeto colocado à frente pode ser transparente” (TG44).

“Sim, pois o objeto continuaria focado em minha mente, não importando que aparecesse outro objeto” (TG21).

Como dissemos anteriormente, no encontro seguinte foram entregues mais duas questões (retiradas de Harres,1993), desta vez objetivas, com

a intenção de esclarecer melhor os conhecimentos prévios dos alunos a respeito do tema, especificamente com relação ao que ocorre entre o objeto e o olho quando vemos alguma coisa. As duas questões (Apêndice A) são:

1. Uma aluna, Elisa, e seu professor discutem o que segue:

Prof.: *Explique como você vê o livro.*

Elisa: *Sinais nervosos vão desde meus olhos até meu cérebro.*

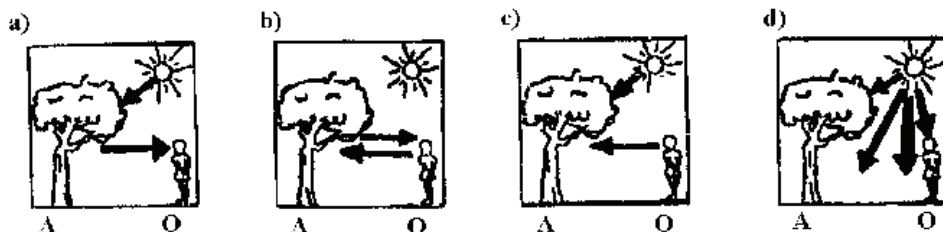
Prof.: *Sim, isto acontece entre os olhos e seu cérebro. Mas existe uma certa distância entre o livro e seus olhos. O que acontece entre eles?"*

Com qual das alternativas seguintes você responderia à pergunta do professor?

- Raios vão dos meus olhos até o livro de modo que assim posso vê-lo.
- Não acontece nada, o livro está iluminado e isto basta para que eu possa vê-lo.
- A luz do ambiente refletida no livro chega até os meus olhos.
- Os olhos emitem raios que retomam ao cérebro trazendo a informação da imagem.
- Outra resposta: _____



2. As figuras abaixo representam uma fonte de luz S (Sol), um objeto A (árvore) e um observador O (menino). Qual das alternativas abaixo melhor representa o modo pelo qual podemos enxergar um objeto? Justifique a sua escolha.



Na primeira questão, a resposta correta (letra c), que afirmava que a luz ambiente refletida no livro chega até os olhos, foi marcada apenas por cinco pessoas. Já a resposta mais marcada (letra D, 37 pessoas) afirmava que os olhos emitem raios que retornam ao cérebro trazendo a informação da imagem.

A segunda questão tratava do mesmo tema, porém as respostas estavam em forma de figuras, com setas representando a luz. A figura correta (letra a), que indicava a luz vinda do sol sendo refletida pela árvore em direção ao observador, não foi marcada por nenhum aluno. A figura que mostrava a luz saindo do observador e voltando a ele (letra b) foi a mais marcada (22 pessoas), seguida da figura que mostrava a luz saindo do observador e do sol ao mesmo tempo (letra c, 16 pessoas). A figura que mostrava a luz apenas sendo emitida pelo Sol em direção

ao ambiente (letra d) foi marcada por sete pessoas. As respostas à segunda questão apresentam coerência com as da primeira, pois as respostas mais marcadas foram aquelas que mostravam a luz saindo do observador.

Após a entrega destas questões pelos alunos, discutiu-se com a turma as ideias referentes às explicações fornecidas por eles. A impressão de que as respostas foram vagas no questionário inicial foi levantada na discussão, porém os alunos não conseguiram explicar verbalmente muito além daquilo que já haviam escrito, evidenciando que o conhecimento que tinham do assunto era mesmo limitado.

Durante essa discussão com a turma, a luz era sempre tratada como um estado ou efeito, do tipo claridade, ou relacionado à fonte (sol, lâmpada), ideias que corroboram os resultados publicados por Guesne (1989) e apresentados no Capítulo 2. Alguns alunos usaram expressões como raio de luz e uma aluna chegou a falar sobre “enxergar em cone”, porém sem conseguir definir o que seria este cone e qual a sua relação com a visão.

A certa altura do debate alguns alunos começaram a se incomodar com o fato de o professor não fornecer as respostas corretas, mas, ao contrário, instigar para que debatessem e argumentassem com relação ao que pensavam. Isto remete à argumentação de Moreira (2010) de que a aprendizagem, além de ser significativa, deve ser crítica. Os princípios da interação social e do questionamento e da incerteza do conhecimento entraram em cena aqui. Discutir as próprias ideias pareceu ser algo incomum aos alunos e a relevância do conhecimento prévio foi posta em relevo na discussão, incentivando os futuros professores a criar situações de ensino que buscassem estas ideias nos seus futuros alunos.

A noção da importância do conhecimento prévio já havia sido levantada por alguns alunos antes da aplicação dos questionários, mas de maneira muito genérica como uma recomendação apreendida em outras disciplinas do curso de Pedagogia. Esta recomendação e outras de caráter pedagógico parecem ser “ensinadas” em diversas disciplinas do curso, porém de maneira puramente teórica e sem vivência prática e refletida sobre as mesmas.

Outros pontos relevantes relacionados com a aprendizagem de ciências também apareceram na discussão. Um deles foi o fato de que nomear fenômenos não significa explicá-los, pois alguns se contentavam em dar nomes a alguns processos como se isso bastasse para compreendê-los. Outro ponto foi a

importância de fazer, e tentar responder, perguntas básicas para a compreensão de fenômenos vivenciados no cotidiano, pois foi consenso geral que nunca haviam se perguntado sobre como enxergavam os objetos ao seu redor. Isso era um indicativo da falta de hábito desses alunos em questionar e investigar assuntos tratados em aulas de ciências e também de se assumirem como responsáveis pela própria aprendizagem.

Como podemos perceber por este levantamento geral, há uma grande diversidade de ideias a respeito do tema, o que corrobora a interpretação construtivista de que cada um constrói seus conhecimentos de maneira idiossincrática, apesar de algumas construções serem passíveis de categorização em conjunto. O professor em sala de aula deve perceber esta diversidade e buscar formas de lidar com ela. No nosso caso esta diversidade foi explicitada nas discussões com os alunos para reforçar a importância do conhecimento das ideias prévias para o aprendizado.

Outra constatação é a de que este tema, caso tenha sido tratado em algum momento da escolaridade destes alunos, não parece ter contribuído para o seu aprendizado adequado, pois nenhuma das respostas dos alunos poderia ser classificada como coerente com as ideias cientificamente aceitas. Este fato reitera a importância de tratarmos mais seriamente o aprendizado em ciências destes futuros professores.

Ao longo deste encontro ficou estabelecido que os três elementos essenciais para a compreensão da visão eram o objeto a ser visto, a luz e o sistema visual humano e ficou acordado que as próximas atividades envolveriam a compreensão destes elementos e suas interações.

4.2.3 História da Ciência I - Antiguidade

Nesta atividade foi entregue um texto sobre a história da óptica da visão na Antiguidade, que tratava das concepções intromissivas, emissivas e mediadoras da visão humana e as tradições médica, física e matemática. Os alunos fizeram a leitura e discussão do texto em pequenos grupos de quatro a cinco pessoas, orientando-se por algumas questões fornecidas. Estas questões foram respondidas e entregues pelos alunos. O objetivo, além de apresentar a construção histórica dos conceitos sobre a visão, foi provocar um contraponto entre as ideias

dos alunos e aquelas apresentadas por pensadores na Antiguidade, levantando novas ideias, argumentações e dúvidas sobre o tema.

Um dos grupos questionou o papel da história da ciência na aula, perguntando, ao final das contas, qual era a concepção correta. Novamente aparece aqui a necessidade dos alunos de que alguém lhes diga o que é certo ou errado, evidenciando a tendência a passividade dos alunos. Discutiu-se então o papel da construção do conhecimento a partir das concepções antigas e suas bases argumentativas, como o interesse e as visões de mundo envolvidas. Além disso, foi explorada a importância do debate e das argumentações na construção dos conhecimentos científicos e também nas abordagens didáticas no ensino de ciências.

Vale a pena ressaltar as respostas que os alunos deram a algumas das questões que orientaram a discussão. A segunda questão pedia um posicionamento do aluno sobre qual das abordagens apresentadas no texto (emissiva, intromissiva e mediadora) ele considerava mais adequada, justificando a resposta. A imensa maioria dos alunos optou pela abordagem emissiva, considerando que algo sai dos olhos em direção ao objeto. Apenas três alunos optaram pela abordagem intromissiva e ninguém defendeu a abordagem mediadora.

A preferência pela abordagem emissiva revelou coerência com as respostas dadas no levantamento das concepções prévias dos alunos, como mostram as transcrições abaixo:

“A emissiva, por que eu concordo que a radiação é emitida pelo olho que ‘sentiria’, ‘identificaria’ o objeto visível” (TG3)

“A teoria emissiva da visão, pois acredito que seja essa que os oftalmologistas usam aprimorada até os dias de hoje” (TG49)

“A emissiva, porque a visão tem que partir primeiramente do olho, essa visão atinge o objeto ai é mandada uma mensagem ao cérebro do que se está vendo” (TG40)

Porém as razões para a escolha podem envolver outros fatores, como a clareza com a qual o texto aborda as diferentes perspectivas e a maior facilidade de compreensão, por parte dos alunos, da teoria emissiva. Isso significa que alguns alunos podem ter escolhido a abordagem emissiva não pelo fato de

concordarem com ela, mas pelo fato de não compreenderem as outras, como indicam as duas transcrições abaixo:

“A teoria emissiva, pois a explicação dada é a mais clara e fácil de entender, já as outras teorias, fica um pouco complicado de se entender” (TG17)

“A teoria emissiva, porque tem a explicação mais adequada e clara para entender, pois diz Ptolomeu que quando a radiação era emitida do olho do observador, ou quando encontra algum objeto, ele percebido e esta retornava e era comunicada ao órgão da visão” (TG31)

O fato de nenhum aluno ter escolhido a abordagem mediadora pode ter seguido esta mesma linha, sendo esta perspectiva prejudicada pela sua não compreensão. Outra vertente para a escolha da teoria emissiva pode estar ligada ao cone visual de Euclides, que foi associado por algumas alunas como o seu campo visual:

“A emissiva. Porque a nossa visão começa num ponto e se expande como na teoria do cone visual, não é possível que se veja o contrário.” (TG11)

“Emissiva, porque me parece a que tem mais lógica. E na minha concepção enxergamos as coisas dentro de um raio com formato de um cone, ao qual o olho se adapta para perceber melhor a imagem.” (TG7)

“A emissiva, porque a visão é como um cone, é estrita a uma certa parte, pois não tem como enxergar o que está em nosso lado, apenas em direção à frente que se expande e é limitada.” (TG13)

“A emissiva, porque a nossa visão começa em um ângulo mais fechado e vai se abrindo, como se fosse o formato de um cone.” (TG1)

Os comentários sobre o não entendimento de algumas visões revelam a importância do cuidado que deve ser tomado ao elaborar textos de história da ciência adequados ao uso no ensino, de acordo com o nível e com os objetivos da intervenção. No caso desta pesquisa, o texto utilizado com os alunos foi o mesmo apresentado no Capítulo 2, dividido em 3 partes (Antiguidade, Idade Média e Século XVII), sendo cada uma delas utilizada em atividades distintas (atividades 3, 7 e 9).

4.2.4 Atividade das Sombras

Nesta atividade, adaptada de Carvalho *et al.* (1998, p. 96), foram distribuídas um conjunto de figuras geométricas diferentes feitas de borracha tipo E.V.A. (quadrados, retângulos e círculos grandes e pequenos) para cada grupo de quatro ou cinco alunos, além de uma fonte de luz. Foi proposto o desafio experimental de formar sombras iguais com objetos diferentes e em seguida construir um Diagrama V da atividade. O objetivo foi discutir a propagação retilínea da luz a partir do entendimento das sombras. Apesar de a atividade ter sido originalmente proposta para alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental, a sua aplicação adaptada aos os futuros professores se mostrou bastante adequada, pois possibilitou várias discussões entre os alunos, aumentando a interação e evidenciando o interesse suscitado pelo desafio.

A sequência original da atividade, conforme Carvalho *et al.* (1998), era a apresentação dos materiais, a proposição do problema, a resolução o desafio pelos alunos em pequenos grupos, a discussão no grande grupo sobre como o desafio foi solucionado e suas explicações causais, o registro escrito sobre a atividade, que poderia ser em forma de desenhos e, finalmente, a relação da atividade com o cotidiano. No nosso caso a adaptação ocorreu principalmente na fase do registro, pois foi utilizado o Diagrama V, o que proporcionou novas discussões e reflexões devido à complexidade da sua construção.

A atividade experimental motivou os alunos e várias discussões surgiram durante a aula. Algumas destas discussões tiveram relação especificamente com o experimento, tais como as condições para formação das sombras, o conceito de sombra como ausência de luz, a propagação retilínea da luz como explicação para a forma da sombra e sua mudança com a distância e a inclinação das figuras, bem como o caráter tridimensional da sombra (distinção entre sombra e projeção da sombra em um anteparo). Na discussão sobre a propagação retilínea da luz foi apresentada a representação gráfica (geométrica) de raio e feixe de luz.

Outras discussões foram realizadas relacionando o experimento com a visão, tais como a impossibilidade de enxergar no escuro e a retomada da discussão sobre os modelos emissivo e intromissivo da visão. Por meio destas

discussões, a ideia emissiva de que algo sai do olho foi enfraquecida em favor da concepção de que a luz deve entrar no olho para permitir a visão.

4.2.5 Atividade da Reflexão da Luz

Esta atividade teve como objetivo a compreensão do fenômeno da reflexão da luz. Foram retomadas as discussões anteriores sobre fonte e propagação luminosa e a seguinte questão foi apresentada: “O que ocorre quando a luz encontra um objeto qualquer?”. Com a discussão desta questão foram abordadas três possibilidades de interação: a absorção da luz, a reflexão da luz pela superfície de objetos e a transmissão da luz através de objetos transparentes. Algumas consequências destas interações também foram tratadas, tais como o aquecimento gerado pela absorção da luz e a possibilidade de visão gerada pela reflexão da luz dos objetos não luminosos.

O fenômeno da reflexão da luz foi aprofundado e diferenciado em reflexão difusa e especular fazendo uso de lanternas, espelhos, uma caneta laser, folhas de papel e outras superfícies não especulares. Os experimentos realizados e a discussão concomitante reforçaram o modelo intromissivo da visão e a ideia de que só podemos enxergar quando parte da luz emitida por objetos luminosos ou refletida por objetos não luminosos consegue alcançar o olho. Foi dada ênfase especial à reflexão difusa como responsável pela visão da maioria dos objetos vistos cotidianamente. A ideia de que cada ponto de um objeto difunde a luz para todas as direções ajudou a compreender como pessoas dispostas em diferentes locais poderiam ver o mesmo ponto do objeto. Em contraponto, quando a reflexão era especular, apenas as pessoas dispostas em uma direção particular poderiam ver a luz refletida.

A reflexão especular também chamou a atenção de muitos alunos, que indagaram como seria possível ver imagens refletidas no espelho. Em vista desta demanda foram feitos diagramas explicativos para o entendimento da formação de imagens em espelhos planos e o fato de que a imagem, neste caso virtual, ser uma espécie de ilusão, pois não há nenhuma luz sendo emitida do local onde se vê a imagem (atrás do espelho).

Apesar da aceitação de que a visão depende da entrada da luz no olho ainda restava compreender o que ocorre com a luz dentro do olho.

4.2.6 Planejando com o Diagrama V

Apesar de todo o processo vivenciado estar sendo avaliado, esta atividade em particular foi apresentada como avaliação bimestral. Isso se deu por conta de uma exigência da faculdade, que em seu regimento obriga o uso de avaliação escrita como, no mínimo, 70% da nota para disciplinas teóricas e 50% para disciplinas com aulas práticas de laboratório. Esta exigência incomodava alguns professores, em especial os do curso de Pedagogia, pois limitava as atividades avaliativas e, em alguns casos, conflitava com teorias educacionais e o papel da avaliação ensinado por estes mesmos professores. Assim, muitos utilizavam atividades que achavam convenientes, mas “oficialmente” registravam estas atividades no diário como sendo provas.

Nesta atividade os alunos foram convidados a elaborar um planejamento de aula sobre sombras utilizando o Diagrama V. O tema foi escolhido pelo fato de já ter sido tratado, porém agora os alunos deveriam se colocar na função de professores que planejarium uma atividade para alunos do ensino fundamental, ou seja, deveriam planejar como ensinariam este tema aos seus futuros alunos.

A atividade foi dividida em três partes (Apêndice D): na primeira um exemplo pronto de diagrama usado como planejamento (retirado de GOWIN; ALVAREZ, 2005, p. 80) foi apresentado e discutido, na segunda os alunos responderam a uma série de questões sobre o planejamento da aula sobre sombras e na terceira parte tinham que sintetizar o planejamento em forma de Diagrama V. Foram utilizados dois encontros para realizar toda a tarefa, pois não queríamos que a atividade fosse feita com pressa, mas construída e refletida.

No encontro seguinte os diagramas foram devolvidos para que os alunos os refizessem, a partir de uma discussão sobre os principais equívocos e pontos a corrigir ou melhorar, explicando novamente a tarefa, os exemplos e as questões envolvidas. A expectativa dos alunos em saber a nota foi frustrada com este procedimento, pois ao invés disso foram levados a refletir sobre o que haviam feito e escrito, o que causou certo estranhamento. O conceito de recursividade parece exigir uma mudança de postura frente ao processo de avaliação da aprendizagem. O procedimento costumeiro entre os alunos é entregar a tarefa para se livrar dela e depois “chorar” por uma boa nota e, por parte dos professores é

apenas entregar a nota final. Ao contrário disso, o procedimento proposto era retomar a tarefa para compreendê-la melhor, pois o objetivo estava no aprendizado e não na nota. Este aspecto foi discutido com os alunos durante a exposição.

Os principais equívocos e dúvidas observados nos diagramas e levados para discussão com a turma foram os seguintes:

- 1) Dificuldades em diferenciar as asserções de valor das asserções de conhecimento;
- 2) Dúvidas sobre o uso de asserções de valor acerca do conteúdo da aula ou sobre o planejamento da aula;
- 3) Confusão em colocar as atividades e procedimentos no item eventos do diagrama. Eram colocados muitas vezes no lugar dos registros e transformações;
- 4) Dificuldades em entender a diferença entre registros e transformações;
- 5) Maior clareza, objetividade e síntese na escrita dos itens do diagrama.

Nesta aula começou a ficar evidente que alguns alunos estavam indispostos com o Diagrama V, pois reclamaram de ter que utilizá-lo novamente, considerando a tarefa aborrecida. Entretanto surgiu a dúvida se esta indisposição era realmente com o instrumento em si, ou com a necessidade de sistematizar o conhecimento por escrito, qualquer que fosse o instrumento de registro utilizado. Infelizmente houve um número elevado de faltas neste dia (cerca de 20% da turma).

4.2.7 História da Ciência II – Idade Média

Nesta atividade foram apresentadas e discutidas as ideias sobre a óptica da visão na Idade Média. Foi feita uma retrospectiva dos modelos da Antiguidade e sua influência nas ideias medievais com o uso de uma apresentação em *Powerpoint*. A pretensão era mostrar e discutir a diversidade de perspectivas construídas por diferentes estudiosos em diferentes locais, contextos e épocas, bem como as influências das ideias mais antigas sobre o pensamento medieval.

A participação nesta aula foi pequena e alguns alunos chegaram a reclamar do excesso de informações (muitos nomes e ideias diferentes de uma só vez). Percebi que, ao contrário do pretendido, os alunos queriam anotar tudo, na tentativa de reter o máximo de informações, evidenciando ainda uma concepção de aprendizagem mecânica. Foi enfatizado novamente que o objetivo não era saber de cor todos os nomes ou ideias de cada um dos pensadores envolvidos, mas explicitar o caráter construtivo da evolução das ideias científicas, com suas argumentações e contra-argumentações, ideias divergentes, limites explicativos e de entendimento da realidade. Além disso, pretendíamos abalar a concepção geralmente aceita de que a ciência se desenvolve apenas a partir da contribuição de grandes gênios que “descobrem” a verdade sobre o funcionamento do mundo. Esta pretensão parece não ter sido alcançada neste encontro.

A discussão histórica suscitou uma discussão pedagógica, pois, na maior parte das vezes, a ciência escolar é ensinada de maneira dogmática, não considerando seu caráter construtivo e contribuindo para que os alunos a considerem como verdade absoluta ao invés de uma construção intelectual humana.

A pequena participação nesta atividade nos fez refletir posteriormente sobre a utilização da abordagem histórica no ensino de ciências aliada aos princípios da aprendizagem significativa. A negociação de significados, no sentido atribuído por Gowin (1981), foi fomentada em todas as atividades, porém esta negociação pode ser mais ou menos facilitada de acordo com o contexto, com o tipo de atividade proposta e com a concepção de aprendizagem dos alunos. Por exemplo, na atividade 3 quando a história da ciência foi utilizada pela primeira vez, na qual os alunos foram convidados a comparar suas próprias ideias com as do texto e se posicionar diante delas, a negociação foi muito mais rica e envolvente do que quando comparada ao uso da história da ciência nesta atividade, na qual ela foi exposta a partir de uma apresentação do tipo *Powerpoint*. Esta percepção nos remete ao princípio do “abandono da narrativa”, proposta por Moreira (2010), na qual o modelo majoritário de aula como narrativa, aliado a concepção de aprendizagem mecânica, tem pouco resultado na aprendizagem significativa e crítica dos envolvidos.

4.2.8 A Refração da Luz e o Funcionamento das Lentes

O objetivo desta atividade foi tratar do conceito de refração da luz e do funcionamento das lentes, com especial atenção à formação de imagens com o uso das lentes convergentes. Foi feita uma recapitulação das interações da luz com a matéria (reflexão, transmissão e absorção) e a apresentação do foco da atividade. A partir dos experimentos e discussões os alunos deveriam construir um Diagrama V da atividade com as seguintes questões foco: (1) Como funciona uma lente? e (2) como é possível produzir imagens através de uma lente?

No início foi dado um tempo para que os alunos preenchessem o lado esquerdo do Diagrama V, com suas ideias prévias sobre o funcionamento das lentes. Em seguida houve o primeiro experimento, que foi uma exploração inicial das lentes a partir da manipulação de lupas (lentes convergentes) distribuídas para os alunos, os quais estavam dispostos em pequenos grupos. Os alunos foram orientados a olhar diversos objetos através da lupa, alterando a posição e a distância e registrando o que observavam. Em vários momentos foi necessário intervir nos grupos para que os alunos explorassem o material de maneira mais diversificada, pois a maioria só usou a lente na função de lupa ou “lente de aumento”, evidenciando a tendência à passividade dos alunos. O interesse na manipulação das lentes foi evidente desde o início, quando os alunos começaram a analisar diversos objetos com a lupa, e aumentou quando puderam observar imagens invertidas.

Durante esta exploração, várias perguntas e indagações foram levantadas e discutidas. Alguns alunos perguntaram se existia um lado correto para olhar através da lente e se existiam outros tipos de lente. Uma aluna questionou se o que ela via através da lente era o próprio objeto ou uma imagem dele. Esta indagação propiciou uma interessante discussão sobre a diferença entre o objeto e a imagem vista. A mesma aluna chegou à conclusão de que a imagem vista seria uma espécie de ilusão de óptica, pois não estava vendo realmente o objeto tal qual ele era “de verdade”.

O raciocínio utilizado pela aluna para chegar a conclusão citada no parágrafo anterior é bastante interessante quando comparada com o desenvolvimento histórico das ideias sobre a visão humana. Kepler, ao elaborar o seu modelo de funcionamento óptico da visão, deixa claro que o que se forma na

retina é apenas uma imagem ou pintura formada através do fenômeno de refração da luz, e não o objeto em si (TOSSATO, 2007). A comparação do funcionamento do olho com o experimento das lentes pode propiciar inclusive o debate sobre o fato de vermos apenas uma imagem dos objetos, a partir de uma estreita faixa do espectro eletromagnético, mas não os objetos tais quais eles são.

Após a exploração e discussão sobre as lentes, foi realizado um novo experimento, desta vez demonstrativo, no qual os alunos poderiam visualizar o fenômeno da refração. Foi feita uma montagem com uma fonte de luz, uma grade de alumínio que permitia a passagem de um ou mais raios de luz e perfis de lentes feitas de acrílico. Com esta montagem foi demonstrada a refração, ou seja, o desvio feito pela luz ao atravessar um objeto transparente e em seguida o efeito criado pelos perfis de lentes convergentes e divergentes ao serem atravessadas por vários raios luminosos. A convergência dos raios luminosos foi especialmente discutida tendo em vista a compreensão do mecanismo de formação de imagens que seria apresentado em seguida.

Após a discussão da refração e da convergência dos raios luminosos no perfil de lente, voltamos para as lentes convergentes, desta vez para projetar imagens reais na parede da sala, que foi usada como anteparo. Uma vela acesa foi usada como objeto e, usando a lente convergente, diversas imagens foram projetadas na parede. As distâncias entre a vela e a lente e entre a lente e a parede foram variadas de modo a obter imagens menores, maiores e do mesmo tamanho da vela, todas invertidas. Durante o experimento foram sendo discutidas as possibilidades de formação de imagens e o experimento captou a atenção dos alunos, que nunca haviam visto este fenômeno. Em seguida o experimento foi repetido, porém utilizando a janela da sala (que estava iluminada pelas luzes externas) como objeto. A nítida imagem da janela, com todos os seus detalhes, impressionou muitos alunos, mesmo já tendo visto a imagem da vela. Durante este último experimento, as condições para formação de uma imagem menor e invertida (imagem projetada próxima à lente e objeto mais distante) foi colocada em relevo devido a sua importância para a compreensão do funcionamento do olho humano que seria apresentado na atividade subsequente.

Nesta aula o tempo não foi suficiente para que os alunos completassem o Diagrama V, que foi transferido para o encontro seguinte. Neste encontro foi feita uma retrospectiva das atividades e discussões realizadas sobre a

refração e as lentes para contextualizar a continuidade da atividade e também para apresentá-la a vários alunos que haviam faltado no encontro anterior. Alguns alunos reclamaram do Diagrama V, pois apesar de terem gostado muito das atividades experimentais, estavam indispostos com a sistematização dos registros no diagrama.

A formação da imagem de cada ponto do objeto foi explicada com mais detalhes e o processo da máquina fotográfica foi utilizada como exemplo de aplicação da lente convergente. Após as explicações iniciais e algumas dúvidas, os alunos terminaram o Diagrama V. Durante o preenchimento do diagrama, as dúvidas mais frequentes foram a diferenciação entre registro e transformação e entre asserção de conhecimento e valor.

4.2.9 O Funcionamento do Olho Humano

Neste encontro foi feita uma retrospectiva das atividades realizadas até então, para se chegar a compreensão do funcionamento do olho e da visão humana. Um texto sobre o olho (Apêndice E, adaptado de GREF, 1998) foi distribuído para leitura e discussão. A formação da imagem através da lente convergente foi retomada e analogias foram feitas entre o olho, máquinas fotográficas e a câmara escura. A história da ciência foi entrelaçada com as explicações e discussões, trazendo as contribuições de Kepler para a resolução de aspectos ainda não discutidos anteriormente, tais como a formação da imagem na retina e o duplo cone de luz no olho.

A participação dos alunos foi bastante elevada, com inúmeras perguntas que demonstraram o grande interesse e curiosidade a respeito de vários aspectos relacionados ao funcionamento da visão, indicando que o assunto havia motivado a turma. Foram tratados aspectos da anatomia básica do olho, da acomodação visual do cristalino e do papel da pupila na entrada de luz. Estes dois últimos com algumas atividades práticas, tais como alterar a iluminação da sala e simultaneamente observar a mudança de tamanho da pupila e olhar para objetos próximos e distantes para observar a acomodação. Uma curiosidade levantada por um dos alunos e que chamou a atenção dos demais foi sobre o mecanismo da

máquina fotográfica para “tirar o vermelho do olho”. A explicação¹² surpreendeu os alunos pela sua simplicidade, pois consideravam que a explicação seria bem mais complexa.

As contribuições de Kepler para a mudança das ideias prevalecentes em sua época foram apresentadas e discutidas, em especial a inversão do cone de Euclides, o duplo cone derivado da convergência da luz no sistema ocular e a formação da imagem na retina. A relação entre áreas da ciência foi comentada, com o uso feito por Kepler de estudos anatômicos realizados por Plater, indicando a contribuição entre diferentes áreas para a construção do conhecimento científico.

4.2.10 Replicação do Questionário: Avaliação da Aprendizagem

Neste encontro o questionário utilizado para levantamento das ideias prévias dos alunos foi aplicado novamente, desta vez com vistas a obtenção de uma comparação entre o que os alunos sabiam ao início e ao final da sequência de atividades. Na primeira aplicação ele foi utilizado para levantar e discutir as ideias dos alunos e por isso não foi corrigido, ou seja, as respostas corretas não foram oferecidas aos alunos depois daquela aplicação.

As respostas às questões nesta segunda aplicação evidenciaram um claro avanço das ideias dos alunos em direção aos modelos cientificamente aceitos de visão, porém algumas ideias iniciais ainda permaneceram, como o modelo emissivo ainda presente em parte dos alunos. Nas duas questões de múltipla escolha, por exemplo, a mudança também foi bastante evidenciada, conforme mostra o quadro 4.2.

Na primeira questão o número de alunos que marcaram corretamente a resposta passou de cinco, no questionário inicial (QI), para 37, no questionário final (QF), e na segunda passou de zero para 25 alunos. O resultado do segundo questionário será analisado no Capítulo 5.

¹² Ao tirar uma fotografia usando o flash, a luz entra no olho através da pupila e é refletida pela retina, fazendo com que a imagem da pupila fique vermelha na fotografia. Para evitar este efeito, algumas máquinas têm um dispositivo no qual o flash é disparado de maneira intermitente antes de a fotografia ser registrada, o que faz com que a pupila se contraia e diminua a incidência de luz na retina, evitando o efeito indesejado.

Quadro 4.2 – Respostas dadas às questões de múltipla escolha (turma inteira)

QUESTÃO 1			QUESTÃO 2		
Alternativa	QI	QF	Alternativa	QI	QF
A	1 (2%)	0 (0%)	A	0 (0%)	25 (58%)
B	0 (0%)	0 (0%)	B	22 (49%)	1 (2%)
C	5 (11%)	37 (88%)	C	16 (35%)	7 (16%)
D	37 (82%)	5 (12%)	D	7 (16%)	10 (23%)
E	2 (4%)	0 (0%)			

4.2.11 Explicitação Teórico-Metodológica do Processo Vivenciado

Neste encontro, todo o processo vivenciado foi discutido com os alunos e as bases teórico-metodológicas que deram suporte a elaboração e desenvolvimento das atividades foram apresentadas. Foi feita uma retrospectiva de todas as atividades realizadas durante o curso e, a partir delas, foram explicitadas as principais ideias envolvidas na sua elaboração e implementação.

Os temas discutidos neste encontro foram: o conceito de aprendizagem significativa e as condições para sua ocorrência, sua diferenciação da aprendizagem mecânica, o papel das ideias prévias na aprendizagem significativa, a importância da História da Ciência, o papel das atividades práticas, o Diagrama V e suas implicações, a postura construtivista da aprendizagem.

No planejamento inicial esta explicitação teórico-metodológica e sua discussão e avaliação por parte dos alunos tomaria o tempo de pelo menos dois encontros. Infelizmente isso não foi possível devido a vários fatores, entre eles a necessidade de mais tempo para a execução de algumas atividades planejadas e eventos ocorridos na Faculdade ao longo do semestre nos quais foi solicitada a participação dos alunos durante o horário das aulas.

4.2.12 Avaliação Final

A última atividade do semestre foi uma avaliação crítica do processo vivenciado cuja questão central a ser respondida era: “De que maneira uma disciplina estruturada em bases construtivistas se diferencia de uma disciplina com estrutura convencional de ensino?”. Para ajudar a pensar sobre esta questão central, os alunos responderam a um questionário (Apêndice F) pautado na

experiência de cada aluno com a disciplina ministrada durante o semestre. As questões apresentadas formam:

- 1) Faça uma retrospectiva do que foi realizado durante o semestre, listando as atividades realizadas durante o período.
- 2) A partir do que você experimentou e aprendeu, quais conceitos e ideias você considera relevantes para o entendimento de uma abordagem construtivista no ensino de ciências?
- 3) Você considera que aprendeu significativamente o tema abordado durante o semestre (Óptica da Visão)? O que contribuiu e o que não contribuiu para isso? Justifique.
- 4) Você considera as atividades realizadas nesta disciplina diferentes do que se esperaria de um ensino tradicional sobre o mesmo tema? De que maneira?
- 5) Houve alguma diferença entre o que você pensava antes sobre o ensino de ciências e o que pensa agora, após esta experiência? O que mudou? Explique.
- 6) Você considera que esta experiência contribuiu ou contribuirá para sua prática pedagógica? De que maneira? Justifique.
- 7) No seu entender, o que justifica o uso de abordagens construtivistas no ensino de ciências, ou seja, qual a sua importância? Que vantagens isso apresenta?
- 8) A partir das reflexões acima responda a pergunta central colocada no início: De que maneira uma disciplina estruturada em bases construtivistas se diferencia de uma disciplina com estrutura convencional de ensino?

As questões apresentadas começavam com a retrospectiva das atividades realizadas durante o semestre, com o objetivo de fazer com que os alunos lembrassem as atividades que fizeram, permitindo uma melhor organização da avaliação. Em seguida foram questionados sobre os conceitos considerados relevantes para uma abordagem construtivista, sobre a aprendizagem significativa dos temas apresentados, sobre suas expectativas em relação à disciplina, e sobre a

contribuição da abordagem vivenciada para sua prática pedagógica. A análise dos resultados apresentados pelos alunos será abordada no capítulo seguinte.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados, obtidos por meio da análise dos registros realizados por 15 alunos da turma investigada. O critério de escolha destes alunos, como apontado no Capítulo 3, foi a participação nas aulas, ou seja, aqueles alunos que estiveram mais presentes, participando do maior número de atividades. Esta análise foi dividida em três partes: a comparação entre o questionário inicial e final, a análise dos Diagramas V e a análise da avaliação realizada no último encontro.

A organização dos códigos de identificação dos trechos transcritos do *corpus* em análise foi escolhida tendo por base as perguntas dos questionários, os itens dos Diagramas V e das questões da avaliação final. Os códigos utilizados vão de A1 até A15, para representar os trechos transcritos das produções dos 15 alunos.

Para os questionários foram usados os códigos QI, para o primeiro questionário aplicado no início do curso e QF para o questionário aplicado ao final. As questões abertas destes questionários foram numeradas de Q1 a Q6 e as duas questões de múltipla escolha têm respectivamente os códigos ME1 e ME2¹³. Assim o código A5QIQ3, por exemplo, se refere à transcrição de um trecho escrito pelo aluno 5, no questionário inicial, questão 3.

No caso dos Diagramas V os códigos vão de V1 a V5 para representar cada um dos cinco diagramas construídos ao longo das atividades, quais sejam:

- V1 - Diagrama inicial construído na primeira atividade.
- V2 - Diagrama construído na atividade das sombras.
- V3 - Diagrama construído na atividade do planejamento.
- V4 - Revisão do diagrama 3.
- V5 - Diagrama construído na atividade das lentes.

Os itens do diagrama foram codificados usando as suas iniciais da seguinte maneira: Questão Foco (QF); Evento / Objeto (Ev); Visão de Mundo (VM);

¹³ A primeira questão de múltipla escolha tem uma alternativa na qual o aluno pode escrever outra opção além das fornecidas e a segunda questão pede uma justificativa para a escolha. Isso significa que os alunos, além de marcarem a opção escolhida, escreveram algo nestas questões.

Filosofia (Fi); Teoria (Te); Princípios (Pr); Constructos (Ct); Conceitos (Cc); Registros (Re); Transformações (Tr); Aserções de Conhecimento (AC); Aserções de Valor (AV). Desta maneira, o código A3V4AC, por exemplo, significa o trecho escrito pelo aluno 3 no diagrama 4, no item asserção de conhecimento.

Para a avaliação final foi utilizado o código AF e para cada uma das suas nove questões foram utilizados Q1 a Q8. Portanto A11AFQ8, por exemplo, significa a resposta que o aluno 11 forneceu a questão 8 da avaliação final.

5.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO FINAL

Nesta análise foi feita uma comparação entre as respostas fornecidas no questionário inicial e final dos 15 alunos escolhidos, com o objetivo de avaliar a aprendizagem dos conteúdos sobre óptica da visão. Uma primeira análise do questionário inicial já havia sido apresentada no capítulo anterior envolvendo toda a turma, bem como o resultado das duas perguntas de múltipla escolha dos questionários inicial e final.

Um dos aspectos evidenciados pelas respostas registradas no segundo questionário se refere a possibilidade de vermos um objeto a nossa frente, ideia que apresentou grande evolução em relação ao primeiro questionário:

“É possível enxergar o objeto, porque a luz reflete no mesmo e os raios de luz entram no olho, formando a imagem. Especificamente a luz bate em cada partezinha da bola e reflete vários raios de luz, possibilitando muitos enxergar o objeto. Tudo é possível porque há luz, objeto e olho” (A4QFQ1)

“Eu e o objeto estamos num lugar que tem luz. A luz bate na bola que vem até meu olho, entra no olho, atravessa os meios transparentes do olho, quando a luz atinge a retina que deverá formar a imagem, aí o sistema nervoso que decodifica e permite a visão dela. Tudo isto acontece porque no local tem luz, sem luz não acontecerá” (A10QFQ1)

“A luz reflete no objeto fazendo com que meus olhos possam ver pois entra no olho” (A12QFQ1)

“A luz emitida no ambiente reflete no objeto e cada ponto deste objeto transmite luz que por sua vez se espalha para todo lado. E ao se espalhar, acabam entrando em nosso olho, passando pela lente, para logo em seguida ser focada a após ser formado a imagem, que vira energia elétrica para ir ao cérebro” (A13QFQ1)

As transcrições acima evidenciam claramente um modelo de visão mais próximo do cientificamente aceito e inexistente no primeiro questionário. Os conceitos de reflexão difusa (mesmo sem o uso do termo) e de que luz entra no olho estão bem estabelecidos, a formação da imagem dentro do olho e a transformação em pulsos elétricos que se direcionam ao cérebro também aparece, assim como a impossibilidade da visão na ausência de luz. As transcrições acima revelam também que as respostas estão mais bem elaboradas e mais completas, evidenciando um bom entendimento do tema.

Apesar do nível de elaboração das respostas ter aumentado consideravelmente do primeiro para o segundo questionário, várias delas, menos elaboradas e precisas, também foram encontradas, como mostra o exemplo abaixo: “Meus olhos funcionam com a luz que reflete neles e me faz enxergar tudo com muita precisão” (A3QFQ6).

Os processos ópticos internos ao olho também são descritos, como a formação da imagem na retina:

“Após atravessar os meios transparentes do olho, a luz atinge a retina, sobre o qual deverá se formar a imagem, que, decodificada pelo sistema nervoso, permitira a visão dos objetos. (A9QFQ6)

Por outro lado, a ideia de que os raios luminosos formam imagens ponto a ponto é apresentada apenas de maneira incompleta, e o fenômeno da refração não é descrito, apesar do cone de luz ser citado por um aluno e a focalização ser citada por outro:

“A luz bate no objeto e os pontinhos se refletem no nosso olho” (A2QFQ6)

“A luz entra passando pela lente (cristalino) chegando ao nervo óptico como um cone virado” (A12QFQ6)

“Primeiramente a luz precisa entrar no olho para podermos enxergar. A luz reflete nos objetos e este objeto reflete para em nossos olhos fazendo entrar em nossa lente focando-a, depois forma-se a imagem que vai para o cérebro” (A13QFQ6)

Apesar da nítida diferença entre as concepções apresentadas nas respostas dos questionários aplicados no início e no final da intervenção, alguns alunos ainda mantiveram ideias em desacordo com os conceitos apresentados no

curso, como o modelo emissivo apresentado na transcrição abaixo: “Os olhos emitem raios que retornam ao cérebro trazendo a informação da imagem” (A1QFQ1)

As respostas às duas questões de múltipla escolha também ofereceram indícios das alterações ocorridas nas concepções dos alunos ao longo do curso. No Quadro 5.1, são apresentadas as respostas às duas questões de múltipla escolha dadas pelos 15 alunos escolhidos para a análise. Como podemos observar pelas respostas da questão ME1, o modelo emissivo predominava no questionário inicial, pois nove entre os 15 alunos marcaram a letra D, que afirmava que os olhos emitem raios que retornam ao cérebro trazendo a informação da imagem. Já no questionário final, 12 dos 15 alunos marcaram a opção C, que afirmava que a luz do ambiente refletida no livro chega até os olhos, ou seja, compatível com o modelo intromissivo. Mesmo com expressiva melhora nos resultados desta questão, três alunos ainda mantiveram o posicionamento emissivo.

Quadro 5.1 – Respostas dadas às questões de múltipla escolha (15 alunos)

QUESTÃO ME1			QUESTÃO ME2		
<i>Alternativa</i>	QI	QF	<i>Alternativa</i>	QI	QF
A	0 (0%)	0 (0%)	A	0 (0%)	7 (47%)
B	0 (0%)	0 (0%)	B	5 (33%)	0 (0%)
C	5 (33%)	12 (80%)	C	6 (40%)	5 (33%)
D	9 (60%)	3 (20%)	D	3 (20%)	3 (20%)
E	1 (7%)	0 (0%)	Em branco	1 (7%)	

Já na questão ME2 a mudança do modelo emissivo para o intromissivo, apesar de ser notável, apresentou uma dispersão maior nas respostas. A opção correta (letra A) que mostra mais claramente o modelo cientificamente aceito alcançou apenas metade das respostas. A opção B, que mostra claramente o modelo emissivo não foi marcada por nenhum dos 15 alunos, porém chama a atenção as opções C e D que continuaram sendo marcadas.

Apesar dessas alternativas (C e D) serem consideradas incorretas, as justificativas dadas por alguns alunos ao marcarem estas opções apontam para um entendimento correto da situação, conforme as transcrições seguintes:

“Letra D, porque a luz reflete no ambiente, em todo ele, chega até os olhos, assim podemos enxergar” A15QFME2.

“A luz reflete na árvore e chega até o olho do menino” A9QFME2.

Os alunos A9 e A15 citados acima, assim como outros alunos, marcaram corretamente a questão ME1 e incorretamente a questão ME2, porém justificando e explicando corretamente o fenômeno. É possível inferir que os desenhos podem não estar claros o suficiente, pelo menos para estes alunos, ou que houve apenas a memorização da explicação. Por exemplo, o desenho mostrado na opção D da questão ME2 apresenta o Sol emitindo raios luminosos em todas as direções, incidindo em todo o ambiente. Esta representação pode ser considerada correta, no sentido de mostrar a propagação da luz do sol em direção ao meio, porém não responde a questão proposta que pede o modo pelo qual podemos enxergar um objeto, pois falta a representação da reflexão da luz em direção aos olhos do observador. A dificuldade em discernir entre uma representação considerada correta do ponto de vista geral e uma representação que responda corretamente a questão específica proposta pode ter sido a causa de parte das opções dos alunos.

Em vista do exposto podemos perceber que houve uma melhora expressiva na compreensão dos alunos sobre o fenômeno da óptica da visão. Como já dissemos as respostas dadas ao questionário inicial indicaram que nenhum aluno apresentava um modelo de visão coerente com o cientificamente aceito. Já no questionário final, este modelo predominou. Contudo, alguns aspectos da compreensão inicial, equivocadas do ponto de vista científico, permaneceram em vários alunos.

Alguns modelos relacionados à óptica da visão podem ser considerados mais complexos que outros, o que exigiria um maior esforço de compreensão e também de registro do que foi compreendido. A formação da imagem ponto a ponto, propiciada pela convergência dos raios luminosos ao atravessar uma lente ou o cristalino, por exemplo, não foi registrada em nenhum dos questionários e tampouco apareceu nos diagramas V construídos durante a atividade das lentes, na qual este modelo foi exposto. Isto é um indicativo de que esse conteúdo pode não ter sido suficientemente explorado com os alunos, especialmente se considerarmos que ele representa uma síntese que relaciona

vários dos conceitos abordados durante o curso, permitindo a compreensão do funcionamento óptico do olho humano.

Nesta análise, devemos levar em conta que a avaliação ocorreu num momento imediatamente posterior ao desenvolvimento da sequência didática. Seria necessária a aplicação de avaliações posteriores para determinar melhor a sua influência na aprendizagem dos alunos.

5.2 ANÁLISE DOS DIAGRAMAS V

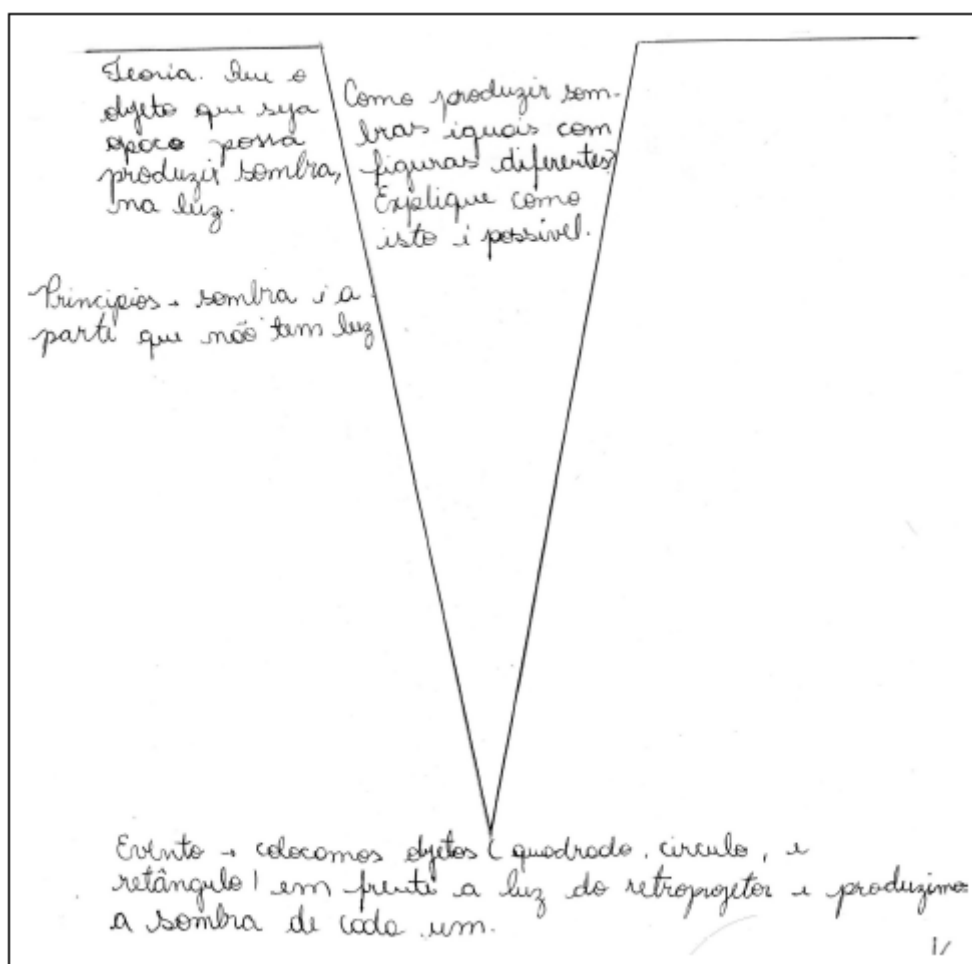
Na análise dos diagramas, fomos norteados por dois enfoques, um relativo ao seu uso pelo aluno e outro relativo ao seu uso como instrumento para o professor e pesquisador. O primeiro deles é saber se o Diagrama V pode ser considerado um bom instrumento de registro das atividades, ou seja, se ele possibilita ao aluno uma boa expressão daquilo que fez e pensou e, concomitantemente, se induz à reflexão sobre o que se faz e pensa durante a atividade. O segundo enfoque refere-se à possibilidade de, a partir dos registros no diagrama, avaliar o nível de compreensão dos alunos sobre cada atividade em particular e também a respeito da compreensão que os mesmos tiveram do próprio instrumento.

Com este propósito em mente, vamos analisar a sequência de diagramas construídos por três alunos, que exemplificam distintos aspectos da sua compreensão e representam, de maneira geral, o uso dos diagramas por parte dos outros alunos analisados.

O primeiro deles é do aluno A2 que, em diversas ocasiões procurou o professor para relatar sua dificuldade em construir o diagrama, afirmando não conseguir compreendê-lo. No seu diagrama construído na atividade das sombras (Figura 5.1) o lado direito do V é deixado totalmente em branco, o que revela a sua dificuldade em construí-lo, corroborando o seu relato verbal. Vale ressaltar que este aluno em particular foi bastante assíduo e comprometido com o curso, e sempre manifestava insatisfação quando não conseguia compreender uma tarefa ou não conseguia realizá-la completamente. Por outro lado, os poucos elementos inseridos pelo aluno são colocados de maneira correta (questão foco, evento, teoria e princípios), o que pode evidenciar que alguns dos elementos do diagrama são compreendidos, pelo menos de maneira inicial.

Outro aspecto relevante é o fato desse aluno ter demonstrado compreender satisfatoriamente a atividade proposta durante a sua realização prática, participando das discussões e resolvendo o desafio experimental proposto. Isso indica que, neste caso, o diagrama não serviu de suporte para um registro fidedigno da compreensão desta atividade em particular por parte deste aluno. Porém, os diagramas seguintes, feitos por este mesmo aluno refletem a sua evolução no uso deste instrumento, como veremos adiante. A construção bastante incompleta dos primeiros diagramas e sua evolução nos diagramas posteriores foi observada, além do aluno A2, também em outros dois alunos (A3 e A12).

Figura 5.1 – Diagrama 2 do aluno 2 (A2V2)



A Figura 5.2, apresenta o diagrama V4, construído pelo aluno A2 relativo à atividade de elaboração do planejamento de uma aula sobre sombras para alunos do Ensino Fundamental. É nítida a evolução da compreensão do Diagrama

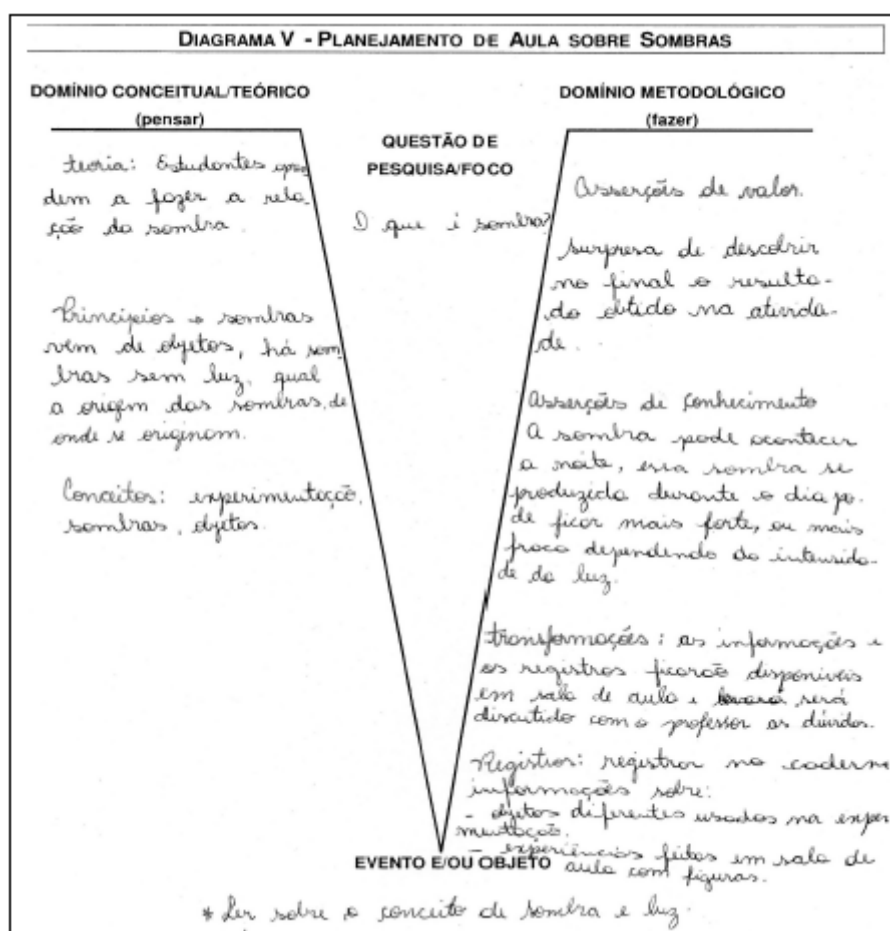
Vpor este aluno, que se apresenta bastante mais elaborado. Ele apresenta todos os elementos do lado direito do V4, que inicialmente foram deixados em branco no diagrama V2.

Apesar desta evolução, é possível verificar algumas inconsistências, tanto do ponto de vista conceitual quanto da adequação do diagrama, como aponta a seguinte transcrição:

“A sombra pode acontecer à noite, esta sombra se produzida durante o dia pode ser mais forte, ou mais fraca dependendo da intensidade da luz” A2V4AC

Além dos conceitos inadequados de sombra “mais forte e mais fraca” a asserção de conhecimento não responde diretamente a questão foco proposta pelo próprio aluno, que foi “O que é sombra?”. No lugar disso a asserção de conhecimento trata de condições nas quais a sombra se formaria e não o que ela é.

Figura 5.2 – Diagrama 4 do aluno 2 (A2V4)



As relações entre os vários aspectos do diagrama e as interações entre os lados direito e esquerdo do V ainda não são nítidas, dando a impressão de que o diagrama ainda é construído com certa dificuldade.

Um aspecto interessante neste diagrama é a asserção de valor, que propõe a “surpresa de descobrir no final o resultado obtido na atividade” como algo importante no contexto da tarefa. Este registro é relevante, pois indica que a surpresa do próprio aluno, quando realizou a atividade anterior sobre as sombras, causou no mesmo uma satisfação digna de ser valorizada no planejamento para os seus alunos. Isso pode ser um indício de que a experiência do professor em situações de aprendizagem diferenciadas pode interferir na maneira com a qual ele planeja e executa suas aulas.

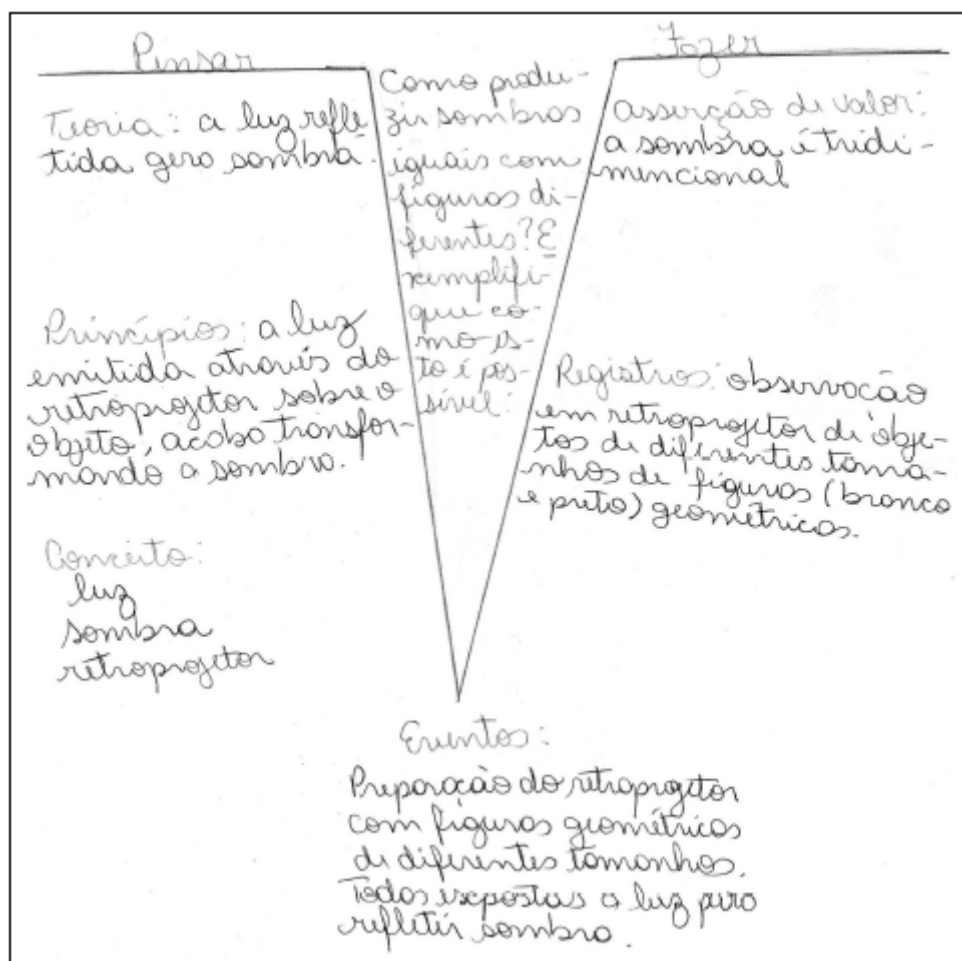
Um caso diferente pode ser visto nas Figuras 5.3, 5.4 e 5.5. Elas apresentam os diagramas construídos, respectivamente nas atividades das sombras, do planejamento e das lentes, pelo aluno A13. Este aluno, ao contrário do aluno A2, não demonstrou nenhum tipo de incômodo, incompreensão excessiva ou aversão ao instrumento. Realizou as tarefas com naturalidade e discutia suas dúvidas com tranquilidade. Podemos perceber em suas produções que houve uma compreensão maior relativamente a construção dos diagramas desde o início, quando comparada ao aluno A2. Por outro lado, à semelhança de A2, a evolução dos registros do aluno A13 nos diagramas ao longo da sua utilização nas atividades também é evidente quando os comparamos em ordem cronológica.

No primeiro diagrama (A13V2, Figura 5.3) podemos perceber a ausência do item asserção de conhecimento. No item asserção de valor foi descrita uma asserção de conhecimento que foi discutida durante o experimento e chamou bastante a atenção dos alunos de maneira geral: “a sombra é tridimensional” (A13V2AV). Porém, esta asserção ainda não é a resposta à questão foco levantada, que se refere à produção de sombras iguais com objetos diferentes¹⁴. Apesar do aluno ter conseguido resolver o desafio e explicá-lo oralmente durante o experimento, não registrou isso no diagrama. Novamente aqui temos um exemplo no qual o diagrama não representou adequadamente o conhecimento que este aluno tinha do assunto, seja porque ainda não tinha compreendido totalmente o uso do

¹⁴ A asserção de conhecimento deveria levar em conta que a forma da sombra era influenciada basicamente por dois aspectos: sua distância em relação a fonte de luz e sua inclinação (A aluna citada discutiu isso durante a atividade, mas não registrou no diagrama).

instrumento, seja porque optou por registrar os aspectos mais interessantes no lugar daqueles que seriam mais relevantes ou coerentes com a questão foco. Por outro lado, o diagrama nos serviu para indicar aqueles conhecimentos considerados mais importantes do ponto de vista do aluno durante a tarefa.

Figura 5.3 – Diagrama 2 do aluno 13 (A13V2)

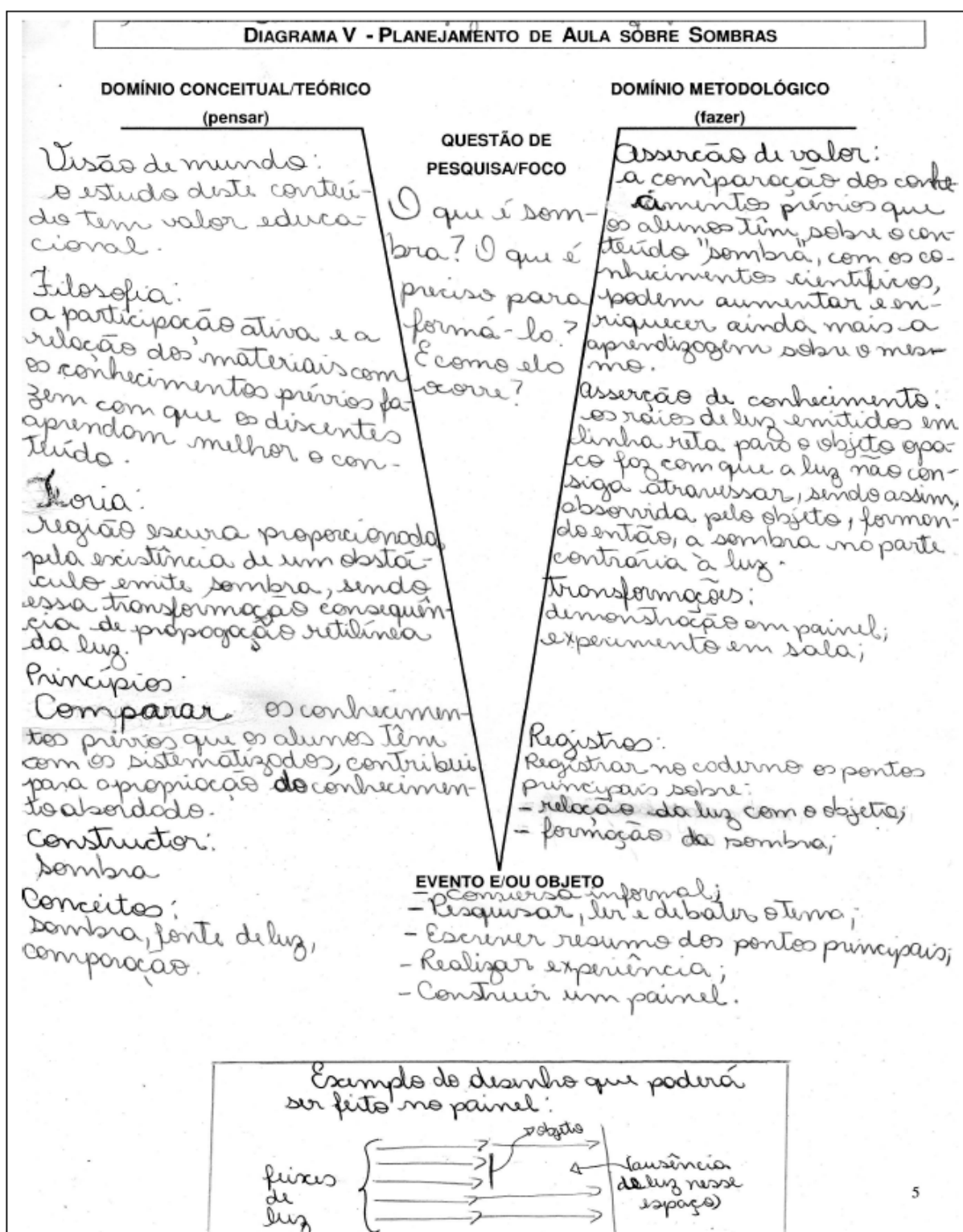


Ao analisarmos a Figura 5.4, que representa o diagrama construído na atividade de planejamento, percebemos um diagrama com mais informações e conceitos mais precisos, apesar na nítida influência do exemplo fornecido durante a atividade (Apêndice D). Os registros permitem dizer que a compreensão sobre as sombras apresenta relativa coerência com a ciência escolar e que o aluno já utiliza um vocabulário próprio da área (propagação retilínea da luz, objeto opaco, absorção da luz), como mostra a transcrição abaixo.

“Os raios emitidos em linha reta para o objeto opaco faz com que a luz não consiga atravessar, sendo assim absorvida pelo objeto, formando então a sombra na parte contrária a luz” (A13V4AC)

“Região escura proporcionada pela existência de obstáculo emite sombra, sendo essa transformação consequência da propagação retilínea da luz” (A13V4Te)

Figura 5.4 – Diagrama 4 do aluno 13 (A13V4)



Apesar da nítida apropriação de maior vocabulário da área da ciência sobre o tópico em questão, a construção das frases pode indicar erros conceituais tais como “o obstáculo emite sombra”, ajudando o professor na tarefa de detectar e mediar estes significados na sala de aula. Estas construções podem indicar não apenas erros conceituais, mas também o uso inadequado das palavras ou expressões, pois é bastante comum a carência de clareza e precisão linguística na utilização dos termos pelos alunos. No exemplo citado, a palavra “emite” pode ter sido usada de maneira imprecisa, não necessariamente indicando que o aluno considere a sombra como algo que sai do objeto. O desenho feito na parte inferior do diagrama corrobora esta última interpretação, pois apresenta a sombra como ausência de luz.

De acordo com o princípio do conhecimento como linguagem, apresentado por Moreira (2010), aprender um conteúdo de maneira significativa é aprender sua linguagem (em especial as palavras), e aprender esta linguagem de maneira crítica é perceber essa nova linguagem como uma nova maneira de perceber o mundo. Portanto, contribuir com ampliação do vocabulário e sua apropriação de maneira substantiva e não arbitrária é parte importante de um ensino que vise à aprendizagem significativa e crítica do conteúdo científico, assim como de outros conteúdos.

A clareza na significação pode ser alcançada na medida em que o professor utilize o Diagrama V (ou outras formas de registro e expressão dos alunos) como um instrumento que contribua para o compartilhamento de significados, fazendo uso do princípio da interação social e do questionamento (MOREIRA, 2010). Isso também tem implicações para a avaliação da aprendizagem, que deve ser realizada a partir de diferentes produções dos alunos e em distintas interações com eles. Segundo Ausubel (2003), a “redundância multicontextual”, ou seja, a exposição de um conceito em diferentes contextos, pode contribuir mais para a aprendizagem significativa do que a repetição deste conceito sempre no mesmo contexto. Portanto, a recursividade é um elemento essencial para o ensino nesta perspectiva.

Ainda no diagrama apresentado na figura 5.4 podemos perceber um dos conceitos centrais da aprendizagem significativa, a relação entre os novos conteúdos com as ideias dos alunos, expresso na condição de princípio e asserção de valor no planejamento deste aluno:

“Comparar os conhecimentos prévios que os alunos têm com os sistematizados, contribui para a apropriação do conhecimento abordado” (A13V4Pr)

“A comparação dos conhecimentos prévios que os alunos têm, sobre o conteúdo “sombra”, com os conhecimentos científicos, podem aumentar e enriquecer ainda mais a aprendizagem sobre o mesmo” (A13V4AV)

Apesar disso, estes princípios e valores expressos não se materializam nas ações planejadas, indicadas no item evento/objeto, pois não há, explicitamente, uma ação que indique de que forma isso irá ocorrer. De qualquer maneira, o fato deste princípio ser apresentado no diagrama indica algum nível de apropriação de conceitos relativos à aprendizagem significativa (apesar deste não ser o objetivo desta atividade), pois valoriza a comparação entre os conhecimentos prévios e os científicos, ou sistematizados (A13V4Pr e A13V4AV).

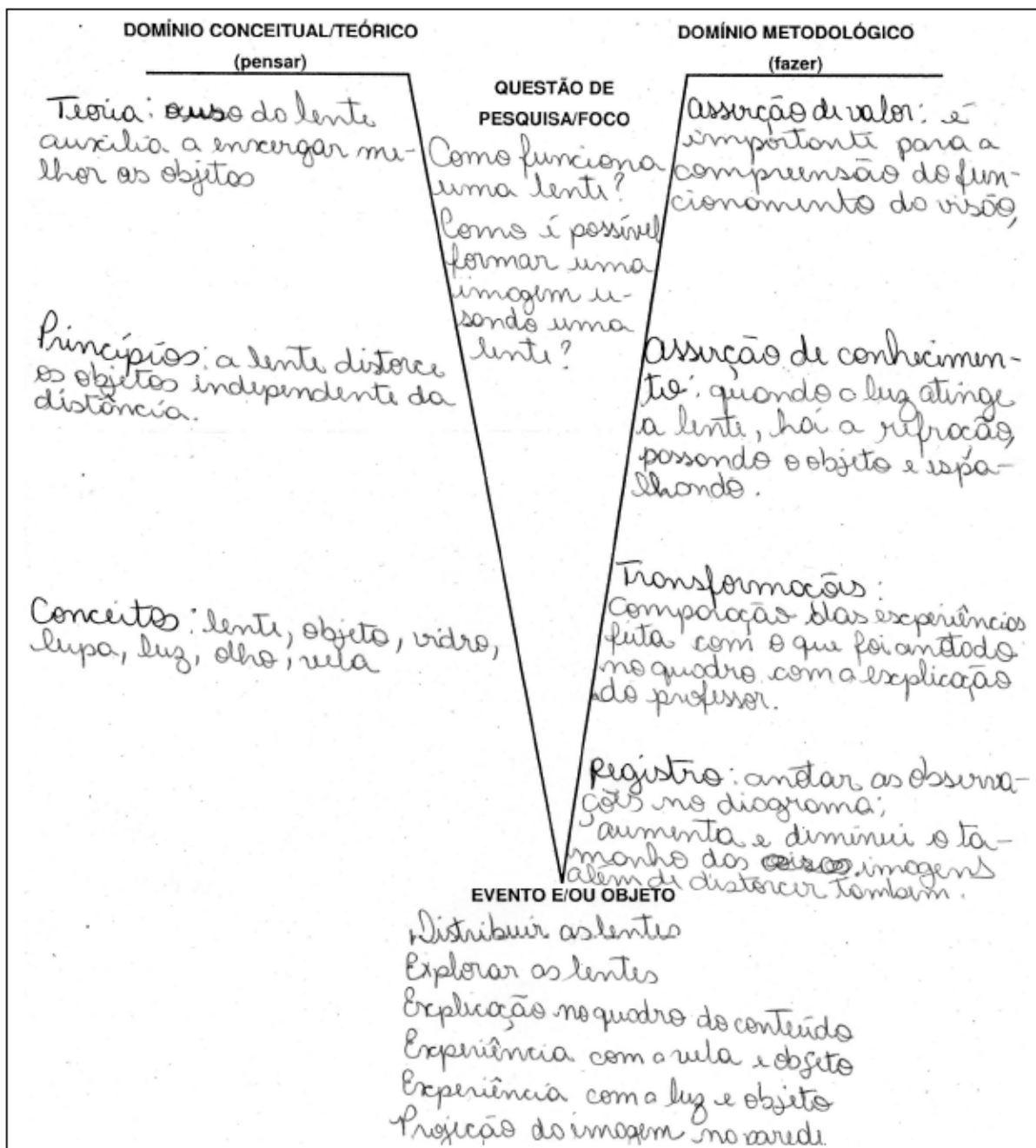
Outro aspecto interessante, quando comparamos a evolução do uso do diagrama por este aluno, é a distinção entre as asserções de valor e de conhecimento. No primeiro diagrama (Figura 5.3) parece haver uma confusão entre elas, enquanto no Diagrama da Figura 5.4 esta distinção está clara. Esta evolução é corroborada pelo último diagrama feito por este mesmo aluno (Figura 5.5) no qual as asserções também são adequadamente distinguidas. Esta distinção é relevante diante do que já expomos, pois esta foi uma das dificuldades alegadas por grande parte dos alunos durante as aulas. Além disso, evidenciar que a construção de qualquer conhecimento está indissociavelmente envolvida em valores é uma tarefa importante no ensino de ciências (GOWIN; ALVAREZ, 2005).

No diagrama da Figura 5.5 é possível notar que o aluno consegue estruturar com clareza os vários componentes do diagrama, indicando que o instrumento foi adequadamente compreendido e permite expressar a síntese dos experimentos realizados na atividade e também indicar a compreensão do aluno sobre o tema tratado.

Ainda neste diagrama, a primeira questão foco (Como funciona uma lente?) pode ser considerada respondida na asserção de conhecimento apresentada. Porém, a segunda questão foco (Como uma imagem é formada através de uma lente?) não foi respondida neste diagrama. Esta questão, que envolve a formação de imagem ponto a ponto através da refração, não apareceu em nenhum dos diagramas analisados e, como já foi dito na Seção 5.1, também não

apareceu nos questionários. Talvez o desmembramento da atividade das lentes, por hipótese, pudesse surtir um melhor efeito na aprendizagem deste conceito, ao propiciar maior diferenciação entre as duas questões e os conceitos relacionados.

Figura 5.5 – Diagrama 5 do aluno 13 (A13V5)



Nas próximas Figuras (5.6, 5.7 e 5.8) temos os diagramas construídos pelo aluno A15. Podemos perceber que este aluno já tenta utilizar os vários componentes do diagrama desde o início, mesmo não diferenciando alguns

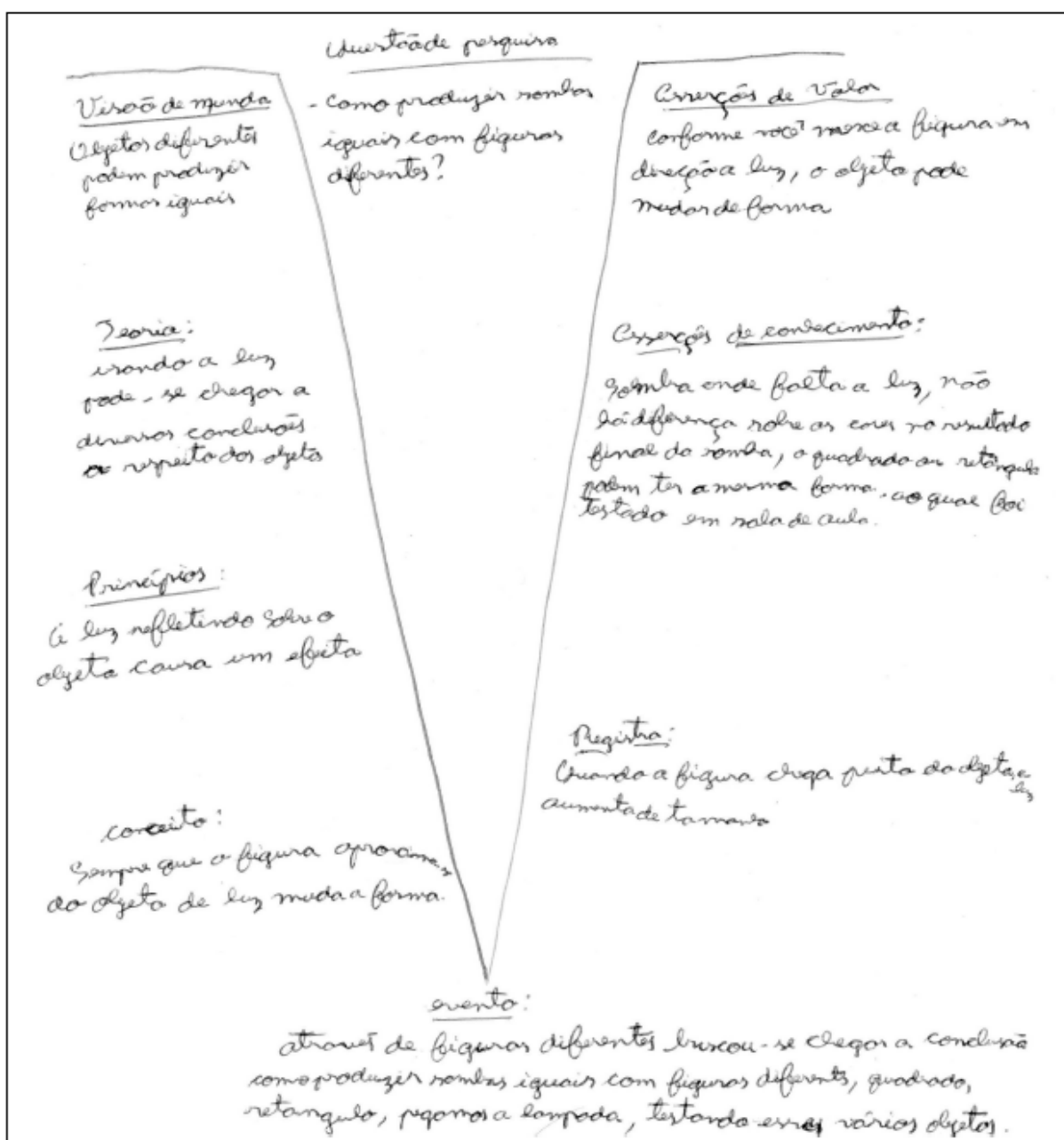
deles. Na Figura 5.6, relativa à atividade das sombras, por exemplo, o aluno responde a questão foco (Como fazer sombras iguais com figuras diferentes?) de maneira fragmentada e em várias partes do diagrama:

“Sempre que a figura se aproxima do objeto de luz, muda a forma” (A15V2Pr)

“Quando a figura chega perto do objeto, a luz aumenta de tamanho” (A15V2Re)

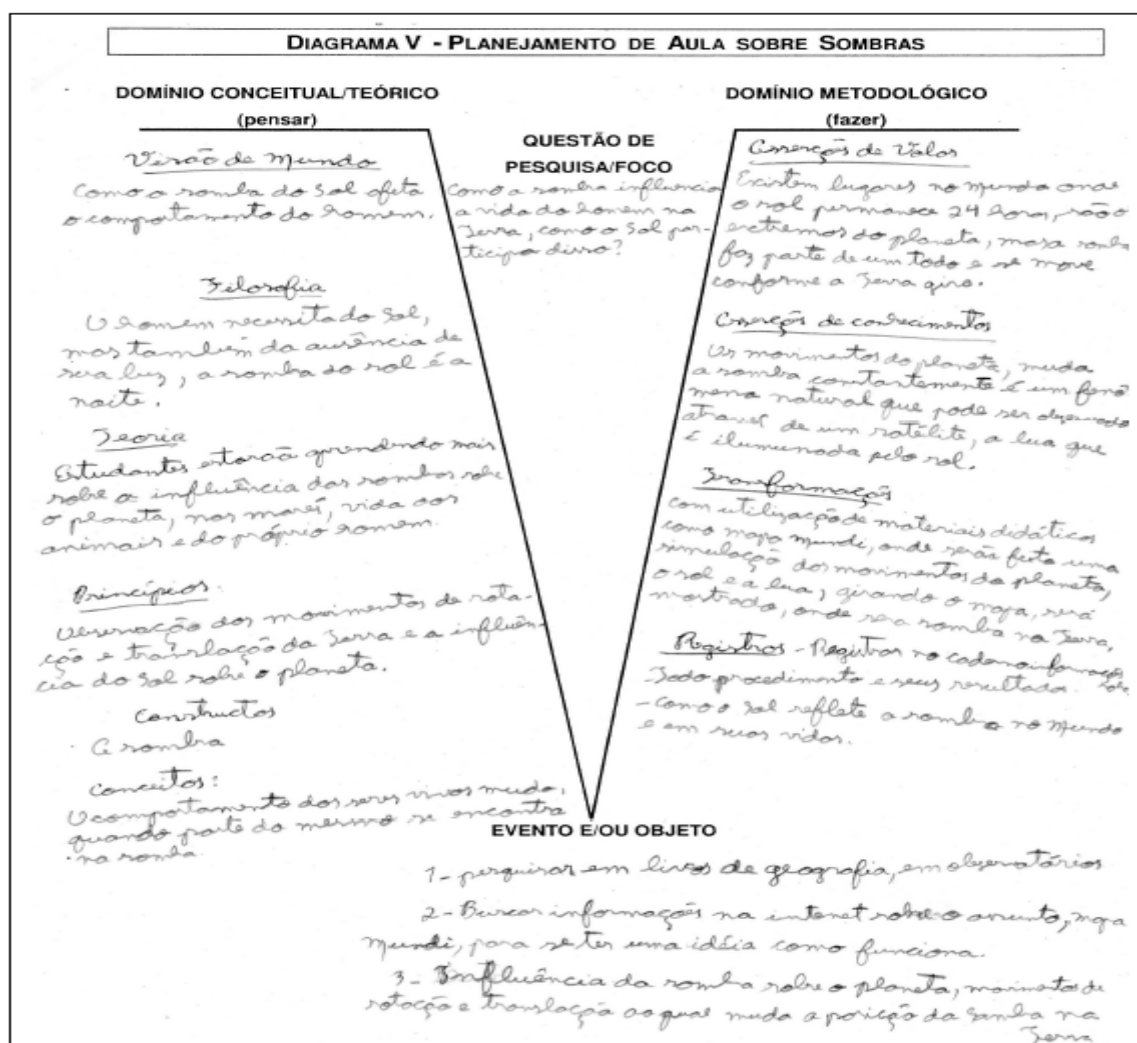
“Conforme você mexe a figura em direção à luz, o objeto pode mudar de forma” (A15V2AV)

Figura 5.6 – Diagrama 2 do aluno 15 (A15V2)



As duas variáveis que influenciam a sombra dos objetos (distância do objeto em relação à fonte e anteparo; inclinação do objeto) foram mencionadas e, apesar do vocabulário impreciso, é possível inferir que o aluno parece ter compreendido a relação entre estas variáveis e a mudança na sombra. Ele utiliza a expressão “mexe em direção à luz” com significado de mudança de inclinação das figuras e as palavras “tamanho” e “forma” para indicar as duas alterações possíveis. Os alunos A2 e A13 analisados anteriormente não registraram estas variáveis no diagrama, assim como mais da metade dos 15 alunos analisados. É interessante perceber que a pobreza de vocabulário e de expressão escrita não indica necessariamente que o aluno não compreendeu os conceitos envolvidos. O esforço de mediação do professor deve contemplar estes dois aspectos: significado e precisão terminológica.

Figura 5.7 – Diagrama 4 do aluno 15 (A15V4)



A dificuldade em distinguir entre as asserções de valor e as asserções de conhecimento fica clara nos diagramas construídos por este aluno, que não consegue diferenciá-las em nenhum deles. Esta dificuldade, juntamente com a diferenciação entre registro e transformações, foram as que mais apareceram, tanto nos diagramas analisados quanto nas falas de vários alunos durante as aulas.

Na Figura 5.7, chama à atenção a questão foco indicada pelo aluno A15: “Como a sombra influencia a vida do homem na Terra, como o sol participa disso?” (A15V5QF)

Esta questão é interessante, principalmente quando comparada as questões colocadas pelos outros alunos. Com já dissemos no Capítulo 4, nesta atividade de planejamento a questão foco foi escolhida pelos alunos, tendo como tema as sombras. A maioria dos alunos optou por questões do tipo “o que é uma sombra?” e “como se forma uma sombra?”, utilizando argumentos, asserções e eventos bastante ligados à atividade das sombras anteriormente realizada por eles. Este aluno foi o único que trouxe algo diferente, relacionando as sombras com os movimentos da Terra, com o fenômeno do dia e da noite e com o comportamento dos seres vivos. Apesar de algumas inadequações conceituais como relacionar as sombras com o fenômeno das marés (A15V4Te) e indistinções entre alguns componentes do diagrama, este aluno ampliou a abordagem do tema indicando relações não discutidas em sala. Este é um possível indício de aprendizagem significativa, pois o aluno foi além, criando a partir da relação do novo conhecimento com o que ela já possuía.

O último diagrama construído pelo aluno A15 (Figura 5.8) revela ainda várias inconsistências na sua construção. Além da indiferenciação das asserções de valor e conhecimento, já apontadas anteriormente, há uma confusão entre o componente *evento* e o componente transformações.

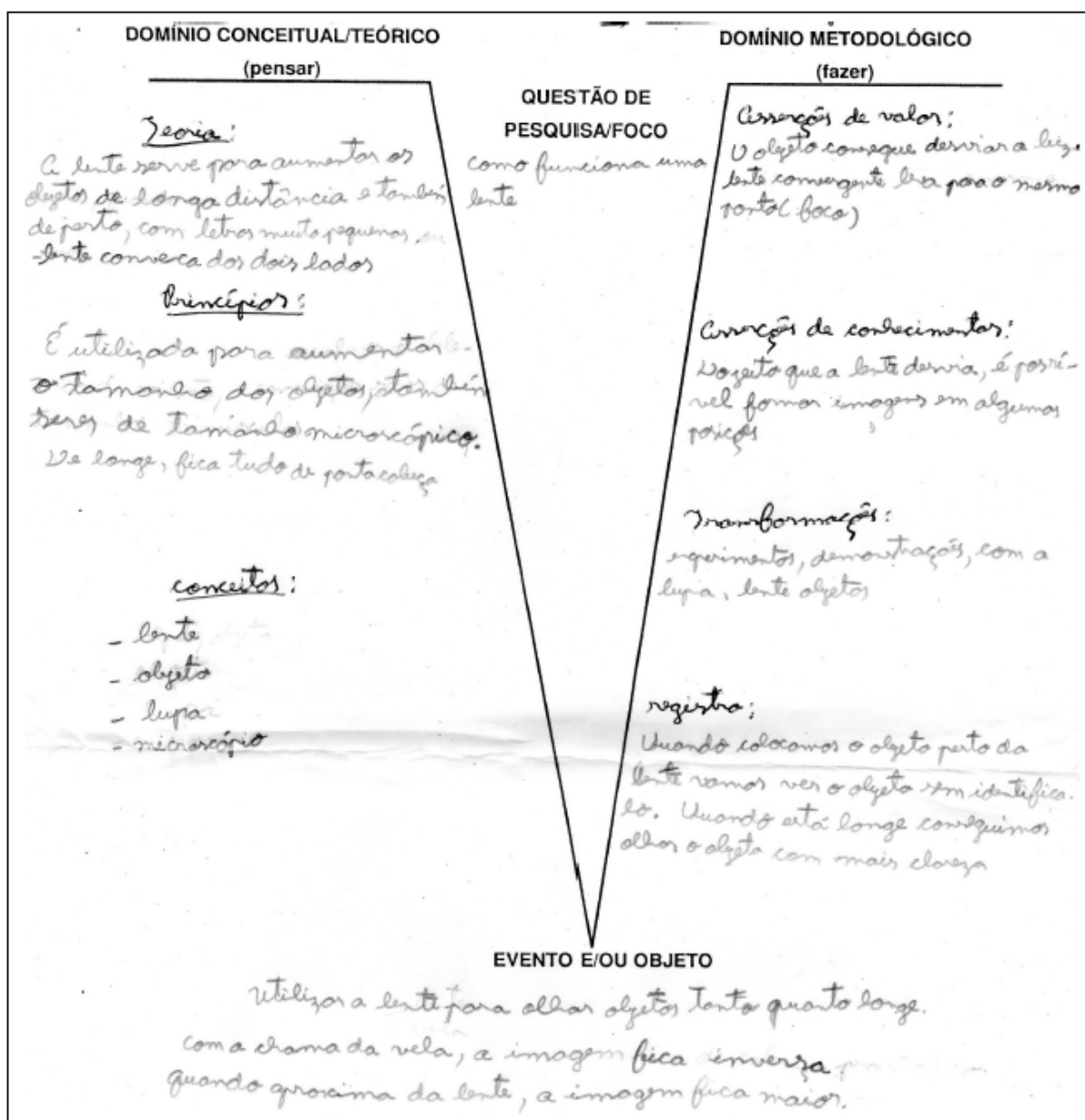
“Utilizar a lente para olhar objetos tanto quanto longe. Com a chama da vela, a imagem fica inversa, quando aproxima da lente, a imagem fica maior” (A15V5Ev)

“Experimentos, demonstrações com a lupa, lente, objetos” (A15V5Tr)

O que foi descrito no componente evento caberia bem em registros e o que foi descrito em transformações estaria mais adequado em evento. Vale lembrar que o componente evento foi considerado pouco problemático para a

maioria dos alunos. Por outro lado os componentes inseridos do lado esquerdo do diagrama (teoria, princípios e conceitos) foram feitos de maneira adequada. Podemos dizer que este aluno mostrou entendimento limitado da construção do Diagrama V, por exemplo, quando comparado ao aluno A13. Apesar disso, revelou, a partir de suas contribuições em sala de aula, razoável compreensão dos vários conceitos apresentados durante o curso.

Figura 5.8 – Diagrama 5 do aluno 15 (A15V5)



A partir das análises realizadas com os diagramas dos 15 alunos do *corpus*, e representadas aqui pelos alunos A2, A13 e A15, é possível concluir que é necessário tempo e uso sistemático do Diagrama V para a sua compreensão e também para a obtenção de resultados educacionais com o seu uso. Esta compreensão gradativa, tanto por parte dos alunos quanto por parte do professor, é coerente com o próprio referencial da aprendizagem significativa, que indica a progressividade da aprendizagem.

Os Diagramas V elaborados pelo aluno A2 foram usados aqui para representar os alunos que apresentaram muita dificuldade inicial da construção do Diagrama V, deixando vários dos seus aspectos em branco nos primeiros diagramas. Porém, esses alunos evidenciaram nítida evolução na compreensão do uso desse instrumento quando comparamos os Diagramas V construídos ao longo do semestre. Nessa categoria temos três dos 15 alunos analisados (A2, A3 e A12).

O aluno A13 representa os alunos que não apresentaram dificuldade muito elevada na construção dos diagramas, mostrando certa desenvoltura desde o início e não deixando aspectos relevantes do diagrama em branco. Isso não significa que conseguiram discernir de maneira adequada todos os elementos que compõem a estrutura do Diagrama V, mas pareceram não se intimidar tanto com o uso deste instrumento. Aqui também foi evidenciada a evolução na compreensão do uso dos diagramas. Nesse grupo, as asserções de conhecimento e de valor, por exemplo, foram distinguidas adequadamente nos últimos diagramas. Nesta categoria se encontraram cinco dos 15 alunos analisados (A4, A7, A8, A10 e A13).

O aluno A15 representa os alunos que, apesar de não entregarem os primeiros diagramas incompletos, como no primeiro grupo, apresentaram dificuldades ao longo de todo o processo, mostrando, a partir dos registros nos diagramas, uma compreensão limitada do uso deste instrumento. As asserções de valor e de conhecimento, por exemplo, não foram distinguidas em nenhum momento, e outros aspectos do diagrama também foram confundidos. Apesar disso, é possível perceber vários registros indicativos das facetas requeridas pelo diagrama, porém dispersas e não classificadas adequadamente. Uma possibilidade é a de que alguns destes alunos preencheram os diagramas de maneira mecânica, apenas pela obrigatoriedade da entrega, não assumindo a devida responsabilidade pela tarefa. É importante ressaltar que isso não implica necessariamente na falta de

compreensão do tema, como já foi discutido no caso de A15. Nesse grupo encontram-se sete dos 15 alunos (A1, A5, A6, A9, A11, A14 e A15).

O diagrama pode se prestar a usos diversificados e isso pode ampliar a visão de conjunto sobre este instrumento e sua potencialidade para a compreensão da estrutura do conhecimento em questão por meio do seu caráter construtivo. As dificuldades no uso do Diagrama V advindas da complexidade deste instrumento e a falta de hábito de alunos e professores em sistematizar registros de atividades devem ser encaradas, não como obstáculos impeditivos, mas como desafios inerentes a construção de conhecimentos. A evolução da adequação dos registros nos diagramas serve como indicativo de que o instrumento pode ser usado com sucesso, mesmo com variados graus de compreensão dos alunos. No caso aqui investigado, os alunos estavam lidando com as dificuldades inerentes à compreensão do Diagrama V e simultaneamente com as da compreensão do tema.

Pode ser um bom instrumento de registro e também de indução de pensamento e aprendizado, pois exige do aluno um comprometimento com seus vários aspectos, bem como as relações entre eles, o que nem sempre é simples. O uso continuado pode promover o aumento da complexidade do pensamento do aluno ao analisar uma atividade prática ou teórica. Esta complexificação também atinge o professor, que se coloca em mediações mais ricas e exigentes em sala de aula, discutindo não só resultados da ciência, mas seus processos e valores envolvidos.

Do ponto de vista pedagógico a análise dos registros no Diagrama V, acompanhados da observação em sala de aula, pode contribuir para uma melhor mediação de significados, tornando possível visualizar o nível de compreensão conceitual dos alunos, mesmo quando apresentados com certa pobreza de vocabulário. A exigência de lidar com as várias facetas da estrutura do conhecimento apresentadas nos diagramas pode tornar mais rica a interação entre alunos e professor, pois colabora para a ampliação da discussão do tema em questão a partir de sua análise multifacetada, contribuindo para a mediação dos significados envolvidos.

5.3 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO

A análise da avaliação final seguiu algumas orientações da análise por categorias semânticas, ou temáticas (BARDIN, 2010), segundo as quais os registros são agrupados conforme o tema. Estas categorias são construídas a partir dos registros ao longo do processo de análise e são direcionadas pelos pressupostos teóricos utilizados e pelos objetivos da pesquisa.

Foram escolhidas duas categorias gerais de análise. A primeira categoria se refere ao conteúdo de ciências abordado e a segunda se refere aos aspectos metodológicos vivenciados. As duas categorias são analisadas segundo a sua relação com a formação dos professores para os anos iniciais, baseado nos registros feitos pelos alunos na atividade de avaliação final da disciplina.

A partir das respostas dadas pelos alunos, algumas unidades de análise para cada categoria foram construídas, como segue no Quadro 5.2. Estas unidades de análise compõem as facetas de cada categoria, contribuindo para caracterizar de maneira mais específica os seus aspectos a partir dos registros.

Quadro 5.2 – Categorias e unidades de análise do questionário final.

Categoria Temática	Unidades de Análise
Conteúdo	<ul style="list-style-type: none"> • Segurança/confiança para ensinar o conteúdo • Interesse em aprender o assunto • Conceito sobre conteúdo de ciências • Aprendizagem Significativa
Metodologia	<ul style="list-style-type: none"> • Construção do conhecimento • Conhecimento prévio do aluno • Participação do aluno • Mudança de perspectiva no ensino • Uso do Diagrama V • Uso de atividades práticas • Uso da história da ciência

Na categoria conteúdo as unidades de análise construídas a partir dos registros dos alunos foram: (a) a confiança para ensinar o tema; (b) o interesse em aprender o tema; (c) a concepção do que é conteúdo de ciências; e (h) aspectos da Teoria da Aprendizagem Significativa. Na categoria metodologia foram utilizadas as seguintes unidades:(a)a construção do conhecimento; (b) o conhecimento prévio dos alunos; (c) a participação do aluno; (d) a mudança na perspectiva pessoal de ensino; (e) o uso do Diagrama V; (f) o uso das atividades práticas; e (g) o uso a história da ciência.

O Quadro 5.3 apresenta registros dos 15 alunos exemplificando cada unidade de análise da categoria conteúdo. O percentual em cada unidade se refere aos alunos (dentre os 15 selecionados) que apresentaram registros classificados na respectiva unidade. A primeira unidade de análise, referente à segurança para ensinar o conteúdo, encontra respaldo nos registros de diversos alunos, os quais relataram a sensação de maior confiança ao lidar com o tema em futuras intervenções didáticas, incluindo a realização de atividades práticas. Como já abordado, o conhecimento do conteúdo é fator imprescindível para seu ensino, e as oportunidades de aprendizagem desses conteúdos na formação dos professores das séries iniciais é bastante escasso (LONGHINI, 2008). Além disso, o envolvimento em atividades de ensino mais inovadoras é bastante influenciado pelo conhecimento do conteúdo (LORENCINI JR., 2009b).

Quadro 5.3 – Unidades de análise e registros da categoria “conteúdo”.

Categoria Temática: Relação do conteúdo com a formação docente	
<i>Unidade de análise temática</i>	<i>Registros</i>
<p>Segurança / confiança para ensinar o conteúdo</p> <p>(53% dos alunos)</p>	<p>Sim, se algum dia eu for para sala de aula vou saber me virar. (A1AFQ6)</p> <p>Com certeza irá contribuir sim, pois quando esse assunto tiver no plano de aula terei mais segurança no assunto. (A8AFQ6)</p> <p>Com as explicações, as aulas no laboratório, os exercícios tive uma ótima aprendizagem no ensino de ciências, coisas que não tinha aprendido antes para a minha formação, foi passado a nós acadêmicos com clareza e muito aprendizado. (A3AFQ2)</p> <p>A experiência que tive contribuiu para meu aprendizado e tenho certeza irá contribuir para a minha prática pedagógica. Posso trabalhar da maneira que aprendi com meus alunos, principalmente as experiências e a prática. (A3AFQ6)</p> <p>Sim, pois é o método utilizado é favorável para uma aprendizagem significativa, não precisamos ter medo de colocar o nosso pensamento e conhecimento, pois o aluno percebe que nem todas as pessoas pensam igual e compreendem da mesma maneira. (A4AFQ6)</p> <p>Sim. Porque poderei aplicar com meus futuros alunos o que aprendi, compartilhando com eles as experiências que tive na disciplina de ciências, estando mais interessada do conteúdo. (A7AFQ6)</p> <p>Sim, óptica da visão é um tema do qual saberei falar quando for questionada, o fácil aprendizado se deu com as experiências do professor, até em nos fazer imaginar. (A11AFQ3)</p>
<p>Interesse em aprender o assunto</p> <p>(13% dos alunos)</p>	<p>Aprendi significativamente, pois além das explicações, das atividades práticas, relacionando a teoria e a prática, me ajudou para entender o conteúdo, pois me senti interessada em aprender sobre os conteúdos abordados. (A4AFQ3)</p> <p>Houve mudança sim, pois agora me pego às vezes prestando atenção em algumas sombras. (A8AFQ5)</p>
<p>Conceito sobre conteúdo de ciências</p> <p>(20% dos alunos)</p>	<p>Houve diferença. Achei que ciências era só falar da natureza (ar, água, plantas). O ensino de ciências é muito mais amplo abordando vários temas como este (óptica da visão). Mudou que posso trabalhar esse tema com meus futuros alunos. (A12AFQ5)</p> <p>Achei algo muito interessante por que o que eu já tinha visto em ciências alguns anos atrás não tem nada parecido com o de hoje. (A1AFQ4)</p>
<p>Aprendizagem Significativa</p>	<p>A disciplina estruturada em bases construtivistas ela é diferenciada pelo fato de ser uma aprendizagem de conteúdo significativo, quer</p>

(20% dos alunos)	<p>dizer que certo conteúdo tem que ser possível de ser aprendido, por isso precisa ter uma estrutura lógica e psicológica, lógica quer dizer conteúdo que se ensina, psicológico quer dizer cognição, o que o aluno já tem adquirido de conhecimento sobre o conteúdo. Ou seja, relaciona o conhecimento prévio para relacionar o conhecimento novo com que o aluno terá, já a estrutura convencional, não acontece a aprendizagem construtivista, significativa e se dá de forma mecânica, o conhecimento novo não tem relação com o que se sabe. (A6AFQ8)</p> <p>Sim, porque a partir de agora terei mais maneiras de como aplicar um conteúdo, ou seja, terei várias formas de trabalhar um conceito prévio do aluno e fazendo-o relacioná-lo com as experiências, as leituras, as atividades, etc. É importante que se trabalhe na perspectiva voltada para a construção do conhecimento e não voltado para decoreba pura e simplesmente. (A13AFQ6)</p> <p>Na aprendizagem construtivista a disciplina segue uma linha de aprendizagem significativa, onde a base é que o aluno só aprende relacionando o conteúdo com algo que já sabe. É a interação do conhecimento prévio com o conhecimento novo. É preciso entender que a aprendizagem significativa ocorre diferente para cada pessoa e também não significa que tal aprendizagem seja correta do ponto de vista científico. Para isso a aprendizagem o aluno precisa estar disposto e que o conhecimento seja possível de aprendizagem e para isso é preciso ter uma estrutura lógica, ou seja, o conteúdo precisa ser claro e também haver estrutura psicológica, ou seja, tornar lógico na cabeça do aluno para que ele faça a relação com o conhecimento novo. (A13AFQ8)</p> <p>O professor deve dar uma boa aula, questionar o conhecimento do educando e para que haja o processo ensino-aprendizagem o aluno deve querer e ter objetivo de aprender, sem este requisito o processo não é realizado com sucesso. (A4AFQ3)</p>
------------------	---

Outra unidade de análise se refere ao interesse em aprender o conteúdo. A predisposição do aprendiz em relacionar de maneira substantiva e ao arbitrária as novas informações com suas ideias prévias é uma das condições para ocorrências da aprendizagem significativa e pode favorecer futuras aprendizagens também significativas (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2006a). Nos registros desta unidade (Quadro 5.3) aparece tanto a relação que um dos alunos faz com a observação cotidiana das sombras (A8AFQ5) como o interesse em buscar conhecimento sobre o tema, além daquilo que foi abordado no curso (A4AFQ3).

A terceira unidade de análise, apesar de aparecer nos registros de apenas 3 dos 15 alunos (A1, A11 e A12), revela uma faceta interessante do

conteúdo, pois o aluno mostra uma concepção de conteúdo de ciências limitado (A12AFQ5). O tema da óptica da visão não configurava entre as possibilidades de conteúdo a ser ensinados por ele que parecem estar mais ligados a conteúdos biológicos e menos a conteúdos de física. Nesse sentido, o aluno parece ter ampliado sua visão do que é considerado conteúdo da disciplina Ciências. No caso do aluno A1, foi relatado que considerou o conteúdo muito diferente do que havia estudado antes (A1AFQ4)

Por último, na unidade de análise chamada aqui de maneira genérica de aprendizagem significativa, foram agrupados os registros que evidenciaram uma síntese da teoria da aprendizagem significativa. Alguns destes registros (A6AFQ8, A13AFQ8) evidenciaram uma boa síntese de alguns aspectos da teoria, especialmente se considerarmos o pequeno tempo dedicado à sistematização da mesma durante o curso.

Na categoria temática da metodologia (Quadro 5.4), o número de unidades de análise construídas a partir dos relatos foi maior. Na primeira unidade desta categoria, relacionada à construção do conhecimento, podemos encontrar vários registros que informam sobre a progressividade da aprendizagem, o tempo para questionar o conhecimento, a comparação entre o conhecimento pronto e o construído e a interação entre o novo conhecimento e o prévio (A8AFQ8, A2AFQ5, A4AFQ2, A6AFQ7, A9AFQ8). De outro lado, a abordagem desenvolvida encontrou discordâncias (A5AFQ3), pois foi considerada confusa.

A importância do conhecimento prévio do aluno, elemento fundamental na aprendizagem significativa, foi relatada em registros de um terço dos alunos avaliados, configurando-se como uma unidade de análise relevante para a metodologia. Este aspecto, explicitado desde o início do curso a partir do levantamento das ideias dos próprios alunos, foi valorizado como aspecto essencial para a aprendizagem em seus registros. Apesar dos alunos já terem tido contato com disciplinas envolvendo psicologia da aprendizagem e alguns relataram no início do curso que sabiam, teoricamente, sobre a importância do conhecimento prévio do aluno, nunca haviam tido oportunidade de explicitar metodologicamente este aspecto durante sua própria aprendizagem. Por outro lado, parte desses relatos pode estar apenas reproduzindo algo valorizado pelo professor, que enfatizou o papel das ideias prévias desde o início das atividades.

Já a participação do aluno foi registrada com relevo para os aspectos de busca autônoma do conhecimento e como condição para a aprendizagem significativa (A4AFQ3), ou seja, o reconhecimento de que a predisposição para aprender tem grande influência no aprendizado. Também foi apontado como parte fundamental da abordagem construtivista no ensino (A14AFQ8). Neste ponto, o princípio da interação social e do questionamento apresentado por Moreira (2010) parece ter sido levado em consideração por muitos alunos.

Quadro 5.4 – Unidades de análise e registros da categoria “metodologia”.

Categoria Temática: Relação da metodologia com a formação docente	
<i>Unidade de análise temática</i>	<i>Registro</i>
<p>Construção do conhecimento</p> <p>(60% dos alunos)</p>	<p>Na base construtivista o aluno vai recebendo o aprendizado de forma que vai construindo-o e essa construção não se desfaz pois ela tem uma sequência e vai se encaixando uma na outra construindo o saber na vida do aluno. (A8AFQ8)</p> <p>Sim, antes eu pensava que estudar ciências era o que estava nos livros, experiências, o conteúdo vinha pronto, mas agora percebe-se que ciências você pode fazer, construir. (A2AFQ5)</p> <p>Utilizar métodos práticos, a partir do conhecimento já adquirido, instigando a curiosidade e abrindo lacunas para pesquisar sobre o assunto, ao mesmo tempo questionar o conhecimento, para que percebemos que o conhecimento é inacabado e nem tudo possui respostas prontas. (A4AFQ2)</p> <p>Apresenta muitas vantagens onde essa aprendizagem se dá progressivamente, o conhecimento novo interage com aquilo que já se sabe, sabe-se que a aprendizagem ocorre diferenciada de pessoa para pessoa. (A6AFQ7)</p> <p>A diferença é que as respostas não estão prontas elas vão sendo construídas na medida das abordagens significativas. (A9AFQ8)</p> <p>Não, por que tivemos poucas aulas sobre o assunto e as aulas que tivemos foram bem confusas na minha opinião. (A5AFQ3)</p>
<p>Conhecimento prévio do aluno</p> <p>(33% dos alunos)</p>	<p>Conhecer o conhecimento que o aluno já tem, podendo assim encontrar mecanismos diferenciados para tratar do conteúdo e tornar um ensino com significado, o qual se torna o conhecimento concreto. (A4AFQ7)</p>

	<p>Considero relevantes conceitos em que se investigue primeiro o conhecimento que o aluno já detém sobre o conteúdo, e, que ele através que experimentos construa seu conhecimento sobre o conteúdo com a ajuda do professor fazendo indagações disponibilizando materiais, recursos na aula para que o conhecimento se faça. (A10AFQ2)</p>
<p>Participação do aluno</p> <p>(40% dos alunos)</p>	<p>Sim. Na tradicional as atividades estariam prontas e na construtivista o aluno vai em busca da sua resposta própria; o que ele pensa sobre o assunto abordado. (A2AFQ4)</p> <p>O uso de abordagens construtivistas no ensino de ciências faz com que o aluno reflita sobre o seu conhecimento, conforme ele vai estudando. (A2AFQ7)</p> <p>Para que a disciplina seja uma disciplina construtivista e que tenha uma grande participação da turma! E possibilitar ao aluno as condições para que o conhecimento que ele irá aprender se traduza em atos ou seja, a teoria se concilia com a prática. (A14AFQ8)</p> <p>O professor deve dar uma boa aula, questionar o conhecimento do educando e para que haja o processo ensino-aprendizagem o aluno deve querer e ter objetivo de aprender, sem este requisito o processo não é realizado com sucesso. (A4AFQ3)</p>
<p>Mudança de perspectiva no ensino</p> <p>(53% dos alunos)</p>	<p>Sim, muita diferença. Mudou o meu modo de pensar como fazer e como passar o conhecimento aos meus alunos. (A3AFQ5)</p> <p>Sim, agora minha visão é diferenciada; percebi que o professor deve quebrar a idéia de que tudo há uma resposta exata, deve abrir oportunidade de expor suas idéias, sem medo de errar, fazendo o aluno pensar. “Muitos colegas criticam suas aulas, pois nela nos exige pensar”. (A4AFQ5)</p> <p>Sim, porque se pensava que a disciplina fosse mais voltada à teoria com estudos de textos. Isso mostrou que há várias formas de ensinar, ou seja, de abordar um tema, de forma que contribua para a construção de um novo conhecimento. (A13AFQ5)</p> <p>Sim, pois imaginava que estudaríamos todos os aspectos de ciências, ou seja, conteúdos normalmente trabalhados com os educandos, como exemplo: corpo humano, água, plantas, entre outros. Me surpreendi, pois o ensino foi baseado na perspectiva necessária que devemos proceder com os alunos, como transmitir o conhecimento, levar em consideração a realidade, a vivência e aspectos cognitivos, utilizando métodos significativos, diferente do ensino tradicional, o qual segue apostilas, trabalhando assuntos sem interesse e tampouco vivenciando com experiências práticas. (A4AFQ4)</p>

	<p>Considero que aprendi. No ensino tradicional é muita teoria e decoreba, já na aprendizagem significativa colocamos essa teoria na prática o que contribuiu para bastante. O que não contribuiu é que não sei como vou passar isso aos alunos do Ensino Fundamental. (A12AFQ3)</p>
<p>Uso do Diagrama V</p> <p>(27% dos alunos)</p>	<p>O diagrama do V fez com que eu tivesse outra visão sobre um bom planejamento de minhas aulas que irei passar aos meus alunos. (A3AFQ2)</p> <p>Sim, apesar do diagrama V não estar bem claro para mim, acredito que contribuirá futuramente para minha prática pedagógica, sendo que ela é uma abordagem com base construtivista, onde ocorre a prática e teoria, experiências. (A6AFQ6)</p> <p>Não completamente. Houve conceitos sobre o tema que teve significado e que veio de certa forma contribuir, como no caso das sombras. Tal atividade me fez compreender como se forma a sombra. Porém outros conceitos, por exemplo, o Diagrama em V não veio a contribuir de forma significativa para minha aprendizagem, pois não tive conhecimentos prévios sobre o assunto. (A13AFQ3)</p>
<p>Uso de atividades práticas</p> <p>(73% dos alunos)</p>	<p>Há uma diferença gritante e com certeza quando realizado com os alunos a resposta será melhor ainda, porque não foi somente leituras e estudos do que era e de como se ensinava, se realizou uma prática, uma experiências de como se acontecia, aonde também acontecia os erros da didática. (A10AFQ5)</p> <p>Sim, aprendi a fazer experiências com meus alunos, a sempre trabalhar na prática, ele aprenderá melhor. (A11AFQ6)</p> <p>Contribuiu significativamente pois posso usar essa experiência com meus alunos, mudou meu jeito de pensar, posso realizar a prática junto com a teoria. (A12AFQ6)</p> <p>As experiências práticas nos mostram com mais clareza o ponto que o professor quer passar. (A15AFQ2)</p>
<p>Uso da história da ciência</p> <p>(7% dos alunos)</p>	<p>Com certeza é diferente pois o professor trouxe material concreto para visualizarmos e manusear além do diálogo e explicações sobre o tema partindo desde o início, quem foram e como os cientistas pensaram. (A12AFQ4)</p>

A mudança de perspectiva no ensino foi abordada de maneira enfática nos registros de 9 alunos. O reconhecimento do erro como

pedagogicamente válido e a valorização da oportunidade de se expressar (A4AFQ5), assim como a importância da utilização de metodologias diversificadas (A13AFQ5) foram apontadas pelos alunos. Apesar disso, a transposição destas novas perspectivas para a futura prática docente nos anos iniciais ainda é apontada como dúvida (A12AFQ3).

A resistência ao uso do Diagrama V também apareceu nos registros da avaliação final, corroborando os comentários dos alunos durante as aulas. Ele foi apontado como pouco claro e de difícil compreensão, não contribuindo para a aprendizagem significativa segundo dois alunos (A13AFQ3 e A6AFQ6). Por outro lado, o seu uso também foi apontado como facilitador do planejamento das aulas (A3AFQ2). Apesar desta resistência, podemos considerar, conforme apresentamos na seção anterior, que o uso do diagrama teve repercussões positivas no desenvolvimento das atividades, pois os registros mostram evolução tanto no uso do instrumento quanto na compreensão do tema.

O valor do uso de atividades práticas no processo de ensino e aprendizagem foi quase unânime entre os alunos. Isso ficou nítido a partir da participação dos alunos durante a realização de experimentos ao longo do curso, descritos no capítulo 4, e também nos registros feitos na avaliação final. A partir dos relatos e comentários feitos em sala, pode-se notar que os alunos tiveram muito pouco ou nenhum contato com atividades experimentais durante o percurso escolar anterior. Por outro lado, temos que ser cautelosos para não transformar as atividades práticas em simples motivação efêmera, mas, ao contrário, utilizá-las como ferramentas facilitadoras do engajamento dos alunos e da compreensão dos conteúdos.

Já o uso da História da Ciência foi muito pouco abordado pelos alunos nos registros da avaliação final. Apenas um aluno (A12AFQ4) forneceu algum registro sobre este tema. Isto não significa que o uso da História da Ciência não tenha colaborado para o aprendizado, pois, como vimos no Capítulo 4, o seu uso, principalmente no início do curso suscitou bastante envolvimento, facilitando a explicitação dos modelos explicativos dos alunos e sua discussão. Além disso, várias argumentações utilizadas em sala pelo professor se referiam, em algum grau, ao conhecimento de elementos da história do desenvolvimento da óptica da visão. Isso significa que, mesmo quando não usada explicitamente, o conhecimento da história da ciência por parte do professor pode contribuir para a mediação de

significados em sala. Por outro lado, como comentamos no Capítulo 4, a maneira com que a história da ciência foi apresentada na atividade sete parece não ter contribuído, ou contribuído muito pouco, para as discussões sobre o tema.

Os registros realizados pelos alunos apontam positivamente no sentido de que a abordagem utilizada contribuiu para a formação, tanto no que diz respeito aos aspectos conceituais envolvidos no tema de estudo quanto nos aspectos metodológicos. O uso de diferentes materiais instrucionais e abordagens de ensino, conforme nos apontava a vertente crítica da aprendizagem significativa parece ter contribuído de maneira importante para a compreensão dos aspectos conceituais e metodológicos envolvidos na abordagem didática.

Apesar disso, resistências foram encontradas, pois a participação ativa do aluno, infelizmente, ainda parece ser pouco habitual. Particularmente a exigência requerida por instrumentos mais complexos, como o Diagrama V foram considerados inadequados por muitos alunos, apesar de mostrarem resultados interessantes.

Outras investigações posteriores poderiam analisar o impacto destas abordagens nas práticas dos futuros professores, com acompanhamento dos mesmos nas suas salas de aula, não se limitando apenas nas falas e registros dos alunos durante o processo de formação inicial.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como a aprendizagem é progressiva, é importante salientar que não se espera dos alunos, em especial daqueles das primeiras séries do Ensino Fundamental, a compreensão de conceitos ou estruturas conceituais mais complexas e abstratas da Ciência. O que se busca é entender como eles pensam e propor atividades que os façam progredir na compreensão de conceituações mais complexas e aceitas do ponto de vista científico. Isso deve ocorrer ao longo da escolaridade, com a recursividade no tratamento dos fenômenos e conceitos e não apenas em uma única intervenção.

No nosso caso, a sequência didática foi voltada para os futuros professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Em função disso, a valorização do conceito de progressividade pode contribuir para evitar a ansiedade docente em querer ensinar tudo de uma vez ou a frustração de ver que o aluno não “aprendeu corretamente” em decorrência de, em instância de partida, faltar um ensino estruturado de maneira potencialmente significativa. Para isso, os docentes em formação podem, por exemplo, avaliar criticamente seu próprio aprendizado, vivenciando a progressão do seu entendimento a cada nova ideia ou relação feita em um contexto potencialmente significativo. A premissa do trabalho é a de que nossa compreensão de como os alunos aprendem pode aumentar quando ampliamos nosso entendimento a respeito do nosso próprio aprendizado.

Mostramos que são relevantes as pesquisas sobre a evolução das ideias dos aprendizes com a idade e com a instrução e o uso da História e Filosofia da Ciência, quando evidenciam o longo e processual trabalho para se alcançar o conhecimento consensualmente aceito hoje. Com o entendimento desse processo não se pode esperar que determinados conhecimentos que levaram séculos para serem construídos e elaborados sejam aprendidos em pouco tempo pelos alunos, em especial por aqueles no início de alfabetização. Tampouco podemos esperar o mesmo dos professores em formação, como vimos ao longo deste estudo. Os obstáculos enfrentados para a construção desses conhecimentos quer sejam analisados a partir da história do seu desenvolvimento ou a partir da estrutura psicológica e cognitiva do aprendiz, podem contribuir para a compreensão do aprendizado dos nossos alunos e do nosso próprio aprendizado enquanto professores.

A sistematização dos elementos pedagógicos e epistemológicos investigados, conforme apresentamos, nos permite enunciar a conjectura de que o estudo das concepções prévias presentes nos alunos e das advindas da história e filosofia da ciência, aliadas a uma teoria de aprendizagem fundamentada, como a Teoria da Aprendizagem Significativa, podem servir como guias epistêmico-metodológicos para os professores, estruturando o processo de aprendizagem docente acerca do processo de aprendizagem dos alunos. A articulação desses guias, após essa formação inicial, teria uma função especial no entendimento das ideias e dúvidas trazidas pelos alunos e os modelos subjacentes às suas explicações a partir do que eles expressam em sala de aula. Uma de nossas esperanças é que os *subsunçores* dos professores a respeito da aprendizagem dos alunos possam ser modificados e incorporem esses guias.

Esse processo, pelos princípios e pressupostos expostos, evitaria o tratamento das concepções dos alunos, quando diferentes da cientificamente aceitas, como simples erros, mas como parte do processo de construção de significados. Também evitariam que as ideias dos próprios professores recebam o mesmo tratamento. Ou seja, o professor estaria mais apto a perceber o alcance das elaborações e dúvidas dos alunos. É necessário dizer que isso só é possível com o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem suficientemente abertos para permitir a expressão dos alunos de maneira natural, evitando-se o clima de pré-julgamento dicotômico do tipo certo ou errado.

A prática de ensino do formador dos professores também pode ser enriquecida na medida em que evitamos o costumeiro abismo, segundo Tardif (2008, p. 276), entre as “teorias professadas” sobre o ensino e aprendizado, e as “teorias praticadas” por estes mesmos formadores quando atuam em ambientes de formação inicial e continuada. A reflexão crítica do formador sobre sua prática de ensino confere maior coerência ao seu trabalho, além de propiciar aos professores em formação exemplos vivenciais de propostas, teorias ou estratégias de ensino-aprendizagem. Além disso, pode evidenciar os aspectos relevantes e promissores, as dificuldades e os limites de aplicação de teorias de ensino e aprendizagem em contextos de formação.

No caso da nossa proposta, esta reflexão crítica foi realizada em conjunto entre o formador-pesquisador e os professores em formação inicial, a partir da vivência de uma proposta potencialmente significativa sobre conteúdos

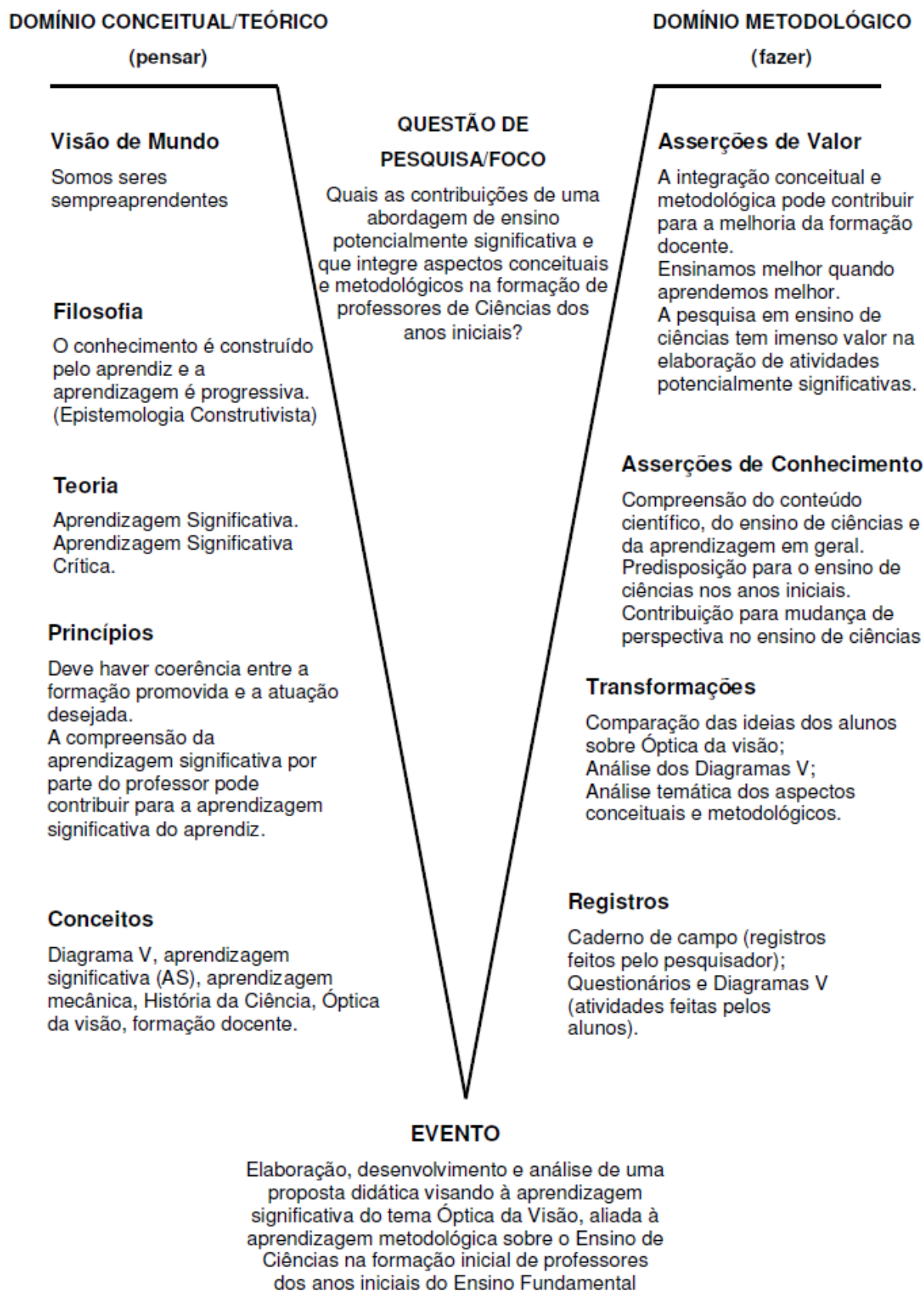
relacionados à óptica da visão juntamente com a explicitação dos pressupostos teórico-metodológicos que embasaram a construção e a aplicação da sequência didática. Estes pressupostos incluíram a Teoria da Aprendizagem Significativa e suas implicações, as pesquisas em Ensino de Ciências que tratam das ideias dos aprendizes sobre o conteúdo em questão e o uso da História e Filosofia da Ciência no ensino.

Assim como os alunos vão construindo modelos explicativos ao longo de sua vida escolar, também nós, professores e formadores, vamos reelaborando nossas explicações, tanto sobre os fenômenos da natureza como sobre o processo de ensino e aprendizagem. Assim aprendemos, e é dessa aprendizagem que depende nosso desenvolvimento profissional (TRIVELATO, 2003, p. 82).

Este trabalho mostrou que é possível integrar, já na formação inicial, aspectos conceituais e metodológicos na formação docente para os anos iniciais trazendo contribuições relevantes para a prática docente. Por outro lado, a intervenção em apenas uma disciplina do curso, não é suficiente para trazer mudanças mais profundas e duradouras, pois os saberes docentes provenientes da experiência escolar anterior exerce grande influência no modo como o professor realiza sua prática (TARDIF, 2008). Esta reiterada experiência anterior pode exigir um grande esforço para “desaprendizagem” (MOREIRA, 2010) do “mecanismo de aprendizagem mecânica” (AUSUBEL, 2003) comumente utilizado pelos alunos e professores e ainda valorizada em muitos contextos escolares. Esta desaprendizagem deve ocorrer também com os formadores, na medida em que desenvolvem programas mais adequados para a formação docente. Seriam necessárias várias outras experiências vivenciadas, inclusive a partir de outros referenciais teórico-metodológicos, e também uma integração curricular que valorize esta integração, tanto na formação inicial quanto continuada.

Para encerrar este trabalho, a título de síntese e também de coerência epistêmico-metodológica, apresentamos um Diagrama V da nossa investigação (Figura, 6.1):

Figura 6.1 – Diagrama V da dissertação



REFERÊNCIAS

ÅHLBERG, M.; ALVAREZ, M. A review of Gowin, B.: the art of educating with v diagrams. **Teachers College Record**. Cambridge, v. 108, n. 8, p. 1643 - 1646, 2006. Disponível em: <<http://www.tcrecord.org/content.asp?contentid=12237>> Original manuscript: <http://bursa.helsinki.fi/~maahlber/Gowin_Alvarez_Review_Ahlberg.doc>. Acesso em: 07 jan. 2010.

ALARCÃO, I. **Professores reflexivos em uma escola reflexiva**. 6.ed. São Paulo: Cortez, 2008.

ARAMAN, E. M. O. **Uma proposta para o uso da história da ciência para a aprendizagem de conceitos físicos nas séries iniciais do ensino fundamental**. 2006. 242 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção do Conhecimento**: uma perspectiva cognitiva. Trad. Lígia Teopisto. Lisboa: Plátano, 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Trad. Eva Nick. 2.ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. ed. rev. atual. Lisboa: Edições 70, 2010.

BATISTA, I. L. Reconstruções histórico-filosóficas e a pesquisa em educação científica e matemática. In: NARDI, R. (Org.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil**: alguns recortes. São Paulo: ABRAPEC; Escrituras, 2007. p. 257-272.

BATISTA, I. L. Reconstruções histórico-filosóficas e a pesquisa interdisciplinar em educação científica e matemática. In: BATISTA, I. L.; SALVI, R. F. **Pós-graduação em ensino de ciências e matemática**: um perfil de pesquisas. Londrina: Eduel, 2009. p. 35-50.

BATISTA, I. L.; ARAMAN, E. M. O. A história e a filosofia da ciência como fontes de conhecimentos para a construção de saberes docentes de um professor de física. ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 12. , **Atas...**, Águas de Lindóia, 2010.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.

BRAVO, B. M.; ROCHA A. L. Los modos de conocer de los alumnos acerca de la visión y el color: síntesis de resultados. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 3, p. 582-596, 2008.

BRAVO, B.; PESA, M. A. Concepciones de Alumnos (14 - 15 años) de educación general básica sobre la naturaleza y percepción del color. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 337-362, 2005.

BRAVO, B.; PESA, M. A.; POZO, J. I. The learning of sciences: a gradual change in the way of learning: the case of vision. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 2, p. 299-317, 2009.

CACHAPUZ, A. Investigação em didática das ciências em Portugal: um balanço crítico. In: PIMENTA, S. G. (Org.) **Didática e formação de professores**: percursos e perspectivas no Brasil e em Portugal. 5.ed. São Paulo: Cortez, 2008.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. Da educação em ciência às orientações para o ensino de ciências: um repensar epistemológico. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.

CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) **Ensino de ciências**: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

CARVALHO, A. M. P. et al. **Ciências no ensino fundamental**: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências**. 2.ed. São Paulo: Cortez, 1995.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO - CONSELHO PLENO. Resolução n. 1 de 15 de maio de 2006: institui diretrizes curriculares nacionais para o curso de graduação em pedagogia, licenciatura. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 maio 2006, Seção 1, p. 11.

CONTRERAS, José. **A autonomia de professores**. São Paulo: Cortez, 2002.

DANON, M. P. ; CUDMANI, L. C. Paralelismo entre los modelos precientíficos e históricos en la óptica: implicancias para la educación. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 10, n. 2, p. 128-136, ago. 1993.

FINKEL, D. **Teaching with your mouth shut**. [S. l.]: Boynton/Cook, 2000.

FUMAGALLI, L. O Ensino de ciências naturais no nível fundamental da educação formal: argumentos a seu favor. In: WEISSMANN, Hilda (Org). Didática das ciências naturais: contribuições e reflexões. Porto Alegre: ArtMed, 1998. p. 14-29.

GALILI, I.; HAZAN, A. Learners' knowledge in optics: interpretation, structure and analysis. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 1, p. 57-88, 2000.

_____. The effect of a history-based course in optics on student's views about science. **Science & Education**, v. 10, p. 7-32, 2001.

GARCIA, C. M. **Formação de professores para uma mudança educativa**. Portugal: Porto, 1999.

GAUTHIER, C. et al. **Por uma teoria da pedagogia**: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente. Ijuí, RS: Unijuí, 1998.

GIL PEREZ, D. et al. Por uma visão não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p.125-153, 2001.

GIRCOREANO, J. P.; PACCA, J. L. de A. O Ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 18, n. 1, p.26-40, abr. 2001.

GOWIN, D. B. **Educating**. Ithaca: CornellUniversity Press, 1981.

_____; ALVAREZ, M. A. **The art of educanting with v diagrams**. Cambridge University Press, 2005.

REF - **Grupo de Reelaboração do Ensino de Física**. Leituras de física: óptica. [S. l.]: IF-USP, 1998.

GUESNE, E. L. In: DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHEN, A. **Ideas científicas en la infancia y la adolescencia**. Madrid: Ediciones Morata, 1989. p. 31-61.

HARRES, João Batista Siqueira. Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introdutórios de ótica geométrica. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 10, n. 3, p. 220-234, dez. 1993.

KAMMI, C. ; DEVRIES, R. **O conhecimento físico na educação pré-escolar: implicações da Teoria de Piaget**. Porto Alegre: Artmed, 1991 (publicado originalmente em 1978).

KRAGH, H. **Introdução a historiografia da ciência**. Portugal: Porto Editora, 2001.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo de ciências**. São Paulo: EPU; Editora da Universidade de São Paulo, 1987.

LEMOS, E. dos S. (Re)Situando a teoria da aprendizagem significativa na prática docente, na formação de professores e nas investigações educativas em ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 5, n. 3, p. 38-51, set./dez., 2005.

LEMOS, E. S. A aprendizagem significativa: estratégias facilitadoras e avaliação. **Periódico do Mestrado em Educação da UCDB**, Campo Grande, n. 21, p. 53-66, jan./jun. 2006. (Série - Estudos).

LIMA, M. E. C. C.; MAUÉS, E. Uma releitura do papel da professora das séries iniciais no desenvolvimento e aprendizagem de ciências das crianças. **Ensaio**, v. 8, n. 2, dez. 2006.

LINDBERG, David C. The science of optics. In: LINDBERG, D. C. (Ed.). **Science in middle ages**. Chicago: University of Chicago Press, 1980. p.338-368.

_____. **Theories of vision: from al-Kindi to Kepler**. Chicago: University of Chicago Press, 1981.

LONGHINI, Marcos D. O conhecimento do conteúdo científico e a formação do professor das séries iniciais do Ensino Fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 2, p. 241-253, 2008.

LORENCINI JR., A. **O professor de ciências e necessidades educativas**. textos da disciplina “o professor de ciências e os modelos de formação” do programa MECCEM. [S. l.]: UEL, 2009b.

LORENCINI JR., A. **O professor de ciências e os modelos de formação**. textos da disciplina “o professor de Ciências e os modelos de formação” do programa MECCEM. [S. l.]: UEL, 2009a.

MARTINS, A F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, abr. 2007.

MARTINS, L. A-C. P. História da ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-307, 2005.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de aproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p.164-214, dez. 1995.

MELCHIOR, S. C. L.; PACCA, J. L. de A. Concepções de cor e luz: a relação com as formas de pensar a visão e a interação da luz com a matéria. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., **Atas...**, Jaboticatubas, 26 a 30 out. 2004.

MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para compreensão por todos. **Ensaio**, v. 5, n. 2 , out. 2003.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica**. 2000. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/>>. Acesso em: 10 fev. 2010.

_____. **Aprendizagem significativa crítica**. 2. ed. rev. 2010. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/>>. Acesso em: 05 mar. 2011.

_____. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora UNB, 2006a.

_____. A teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. In: MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. São Paulo: Vetor Editora, 2008. p. 15-44.

_____. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: o autor, 2006b.

MOURA, M. O. A Atividade de Ensino como Ação Formadora. In: CASTRO, A. D.; CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensinar a ensinar**: didática para a escola fundamental e média. 3. reimp. São Paulo: Thomson Learning, 2006. 1. ed. de 2001.

NASCIMENTO, E. G. **O uso da história da ciência e do vê de gowin**: uma proposta de educação científica para professores das séries iniciais do ensino fundamental. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, 2007.

NOVAK, J. D. **Learning, creating and using knowledge**: concept maps as facilitative tools in schools and corporations. 2.ed. New York: Routledge, 2010.

_____. Meaningful learning: the essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. **Science Education**, v. 86, n. 4, p. 548-571, jul. 2002.

_____; GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

OSBORNE, J. Towards a more social pedagogy in science education: the role of argumentation. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 7, n. 1, 2007.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da história da ciência. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p.151-170.

PERRENOUD, P. **A Prática reflexiva no ofício de professor**: profissionalização e razão pedagógica. Porto Alegre: Artmed, 2002.

PESA, M.; CUDMANI, L. C.; BRAVO, S. Formas de razonamientos asociadas a los sistemas preconceptuales sobre la naturaleza y propagación de la luz: resultados de una experiencia piloto. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 12, n. 1, p.17-31, abr. 1995.

POSTMAN, N.; WEINGARTNER, C. **Teaching as a subversive activity**. New York: Dell Publishing, 1969.

RAMOS, L. B. C., ROSA, P. R. S. O. Ensino de ciências: fatores intrínsecos e extrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos anos iniciais do ensino fundamental. **Investigações em ensino de ciências**, v. 13, n. 3, p. 299-331, 2008.

REALI, A. M. M. R.; MIZUKAMI, M. G. N. **Escola e aprendizagem da docência**: processos de investigação e formação. [S. I.]: Edufscar, 2002.

RONCHI, V. **Optics**: the science of vision. New York: Dover, 1991.

SALVI, R. F.; BATISTA, I. L. A análise dos valores na educação científica: contribuições para uma aproximação da filosofia da ciência com pressupostos da aprendizagem significativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 1, p. 43-52, 2008.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo**: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SHULMAN L. S. Those who understand: knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**. v. 19, n. 2, p. 4-14, 1986.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 9.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

TOSSATO, C. R. A função do olho humano na óptica do final do século XVI. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 415-41, 2005.

_____. Os fundamentos da óptica geométrica de Johannes Kepler. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 5, n. 4, p. 471-99, 2007.

TRIVELATO, Sílvia L. F. Um Programa de ciências para educação continuada. In: CARVALHO, A. M. P. de (Coord.). **Formação continuada de professores: uma releitura das áreas de conhecimento**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. p. 63-85.

WANDERSEE, H. J.; MINITZES, J. J.; NOVAK, J. D. Research on alternative conceptions in science. In: ABEL, D. L. **Handbook of research on science teaching**. New York: Macmillan, 1994.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

APÊNDICES

ÓPTICA DA VISÃO - O QUE JÁ CONHECEMOS
--

Parte I

Observe o objeto que se encontra em cima da mesa e responda as perguntas abaixo, baseadas no seu conhecimento sobre o assunto. Responda da maneira mais completa que puder. Se quiser, faça uso de desenhos ou esquemas para complementar suas respostas.

1. Descreva, com o máximo de detalhes, como é possível que você enxergue o objeto exposto na mesa, a partir da posição em que você se encontra.
2. Você consegue enxergar todo o objeto da posição em que você se encontra? Explique.
3. Se apagarmos completamente a luz, inclusive a que entra pelas janelas, você continuaria enxergando este objeto? Explique.
4. Se fosse colocado algum outro objeto entre os seus olhos e o objeto inicial, você continuaria enxergando este objeto? Explique.
5. O que é luz para você?
6. Como você acha que funciona o seu olho?

Parte II*

1. Uma aluna, Elisa, e seu professor discutem o que segue:

Prof.: Explique como você vê o livro.

Elisa: Sinais nervosos vão desde meus olhos até meu cérebro.

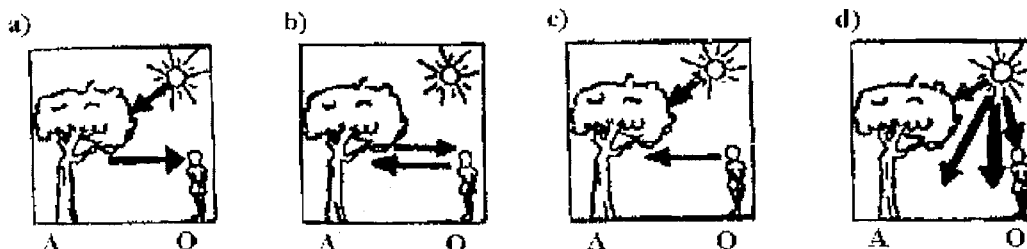
Prof.: Sim, isto acontece entre os olhos e seu cérebro. Mas existe uma certa distância entre o livro e seus olhos. O que acontece entre eles?



Com qual das alternativas seguintes você responderia à pergunta do professor?

- Raios vão dos meus olhos até o livro de modo que assim posso vê-lo.
- Não acontece nada, o livro está iluminado e isto basta para que eu possa vê-lo.
- A luz do ambiente refletida no livro chega até os meus olhos.
- Os olhos emitem raios que retomam ao cérebro trazendo a informação da imagem.
- Outra resposta: _____

2. As figuras abaixo representam uma fonte de luz S (Sol), um objeto A (árvore) e um observador O (menino). Qual das alternativas abaixo melhor representa o modo pelo qual podemos enxergar um objeto?



Justifique a sua escolha:

* Questões retiradas de: HARRES, João Batista Siqueira. Um Teste para Detectar Concepções Alternativas sobre Tópicos Introdutórios de Ótica Geométrica. **Cad.Cat.Ens.Fís.**, v.10, n.3: p.220-234, dez. 1993.

DIAGRAMA V

O diagrama V, também conhecido como V heurístico, V epistemológico ou V de Gowin, foi utilizado inicialmente na década de setenta por D. Bob Gowin para ajudar alunos de pós-graduação na leitura e interpretação de artigos científicos. Esta estratégia parte do pressuposto de que o conhecimento é construído, e não descoberto, e, portanto tem uma estrutura.

A análise da estrutura do conhecimento de um dado domínio é valorizada por Gowin, por permitir a compreensão da construção do conhecimento. Isto significa conhecer como as diversas partes de um assunto se relacionam com sua estrutura como um todo e, como algumas partes do conhecimento governam ou controlam outras partes. Esta estrutura pode ser desvelada pelo uso do diagrama V, que derivou de um método analítico chamado de método das 5 questões (Gowin, 1981, p.88):

1. Qual é a questão-foco, ou a pergunta básica do trabalho?
2. Quais são os conceitos-chave? (estrutura conceitual)
3. Quais métodos serão usados para responder a questão-foco? (encaminhamento metodológico)
4. Quais são as afirmações (asserções) de conhecimento produzidas pelo trabalho?
5. Quais são as asserções de valor realizadas pelo trabalho?

As questões podem ser perguntadas e respondidas em qualquer ordem e todas devem ser usadas, pois em conjunto elas estabelecem a coerência na estrutura do conhecimento.

O diagrama V, cujo nome deriva do seu formato, é uma maneira estruturada e visual de relacionar os aspectos metodológicos de uma atividade com seus aspectos conceituais subjacentes. A figura 1 apresenta os componentes desta estrutura.

A **questão foco**, que aparece no meio do V, deve ser respondida a partir de um **evento**, que aparece no vértice do V. No seu lado esquerdo aparecem os aspectos teórico-conceituais, como a visão de mundo subjacente ao trabalho, sua filosofia, teorias, princípios, construtos e conceitos. Do lado direito do V aparecem as questões metodológicas, como os registros, a transformação dos registros em dados, as asserções de conhecimento e de valor.

A interação entre os dois lados do diagrama deve ser ressaltada em sua construção, seja ele utilizado na leitura de um artigo, livro, atividade experimental ou outro evento educativo em geral.

O diagrama não deve ser respondido com se fosse um questionário, mas construído e analisado com idas e vindas por todos os tópicos, conferindo coerência ao diagrama e suas inter-relações esclarecedoras da estrutura do conhecimento.

A figura 2 apresenta um exemplo de diagrama V construído a partir da análise de um experimento em um livro de Biologia e quadro 1 pode ser útil como guia na construção dos diagramas

Referências

- GOWIN, D.B., ALVAREZ, M.A. **The Art of Educating with V Diagrams**. Cambridge University Press, 2005.
- GOWIN, D.B. **Educating**. Ithaca: Cornell University Press, 1981.
- MOREIRA, M.A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em Sala de Aula**. Brasília: Editora UNB - Universidade de Brasília, 2006.
- MOREIRA, M.A. **Mapas Conceituais & Diagramas V**. Porto Alegre: Edição do autor, 2006.
- NOVAK, J.D., GOWIN, D.B. **Learning how to Learn**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984 (23ª reimpressão, 2008).

DIAGRAMA V

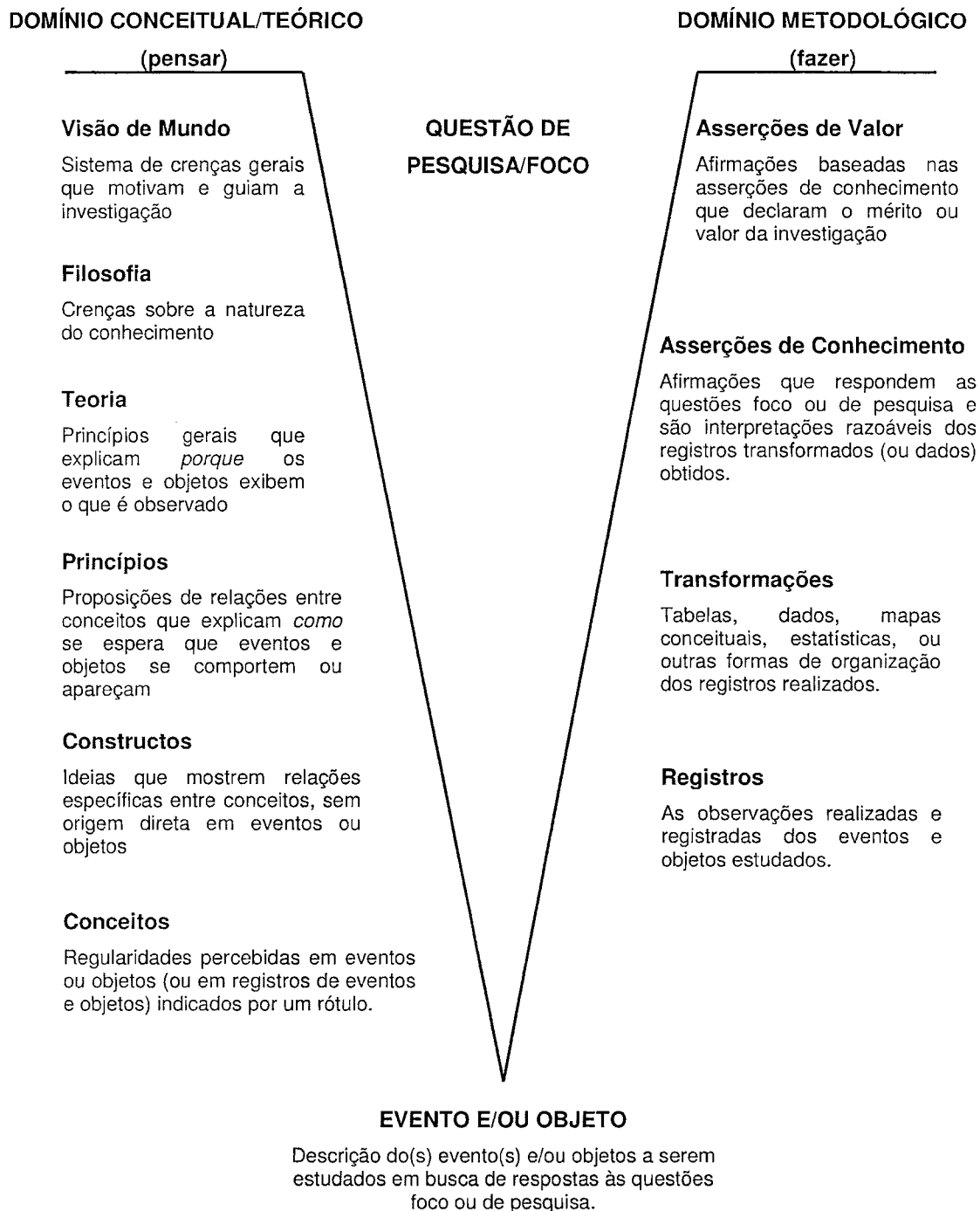


Figura 1: V de Gowin mostrando elementos epistemológicos que estão envolvidos na construção ou descrição do novo conhecimento. (Gowin & Alvarez, 2005, p.36)

EXEMPLO DE DIAGRAMA V

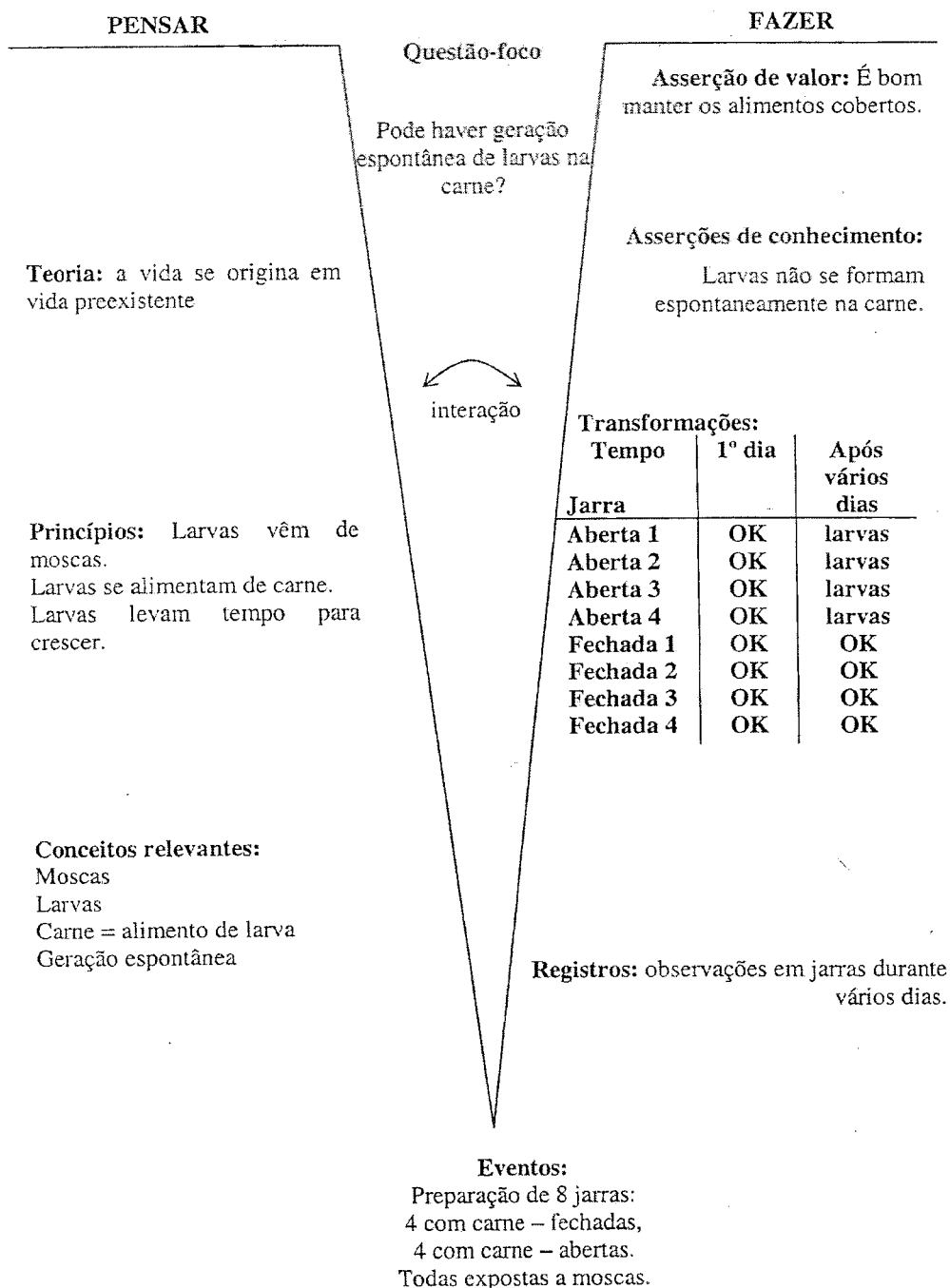


Figura 2: Um diagrama Vê preparado a partir da descrição de um experimento de um livro texto de Biologia. Esse tipo de análise ajuda o aluno a focalizar cuidadosamente em detalhes relevantes de um experimento. (Novak, 1988, *apud* Moreira, 2006)

TEORIAS DA VISÃO NA ANTIGUIDADE - QUESTÕES

A partir da leitura do texto e da discussão com seus colegas, responda:

1. Existiam vários motivos que levaram ao estudo da visão na antiguidade. Quais são eles?
2. Das abordagens tratadas no texto, qual você considera mais adequada, a *intromissiva*, a *emissiva* ou a *mediadora*? Por quê?
3. Quais foram as principais dúvidas que o texto fez surgir no seu entendimento sobre a luz e a visão?
4. O texto contribuiu de alguma forma para o entendimento do tema? De que maneira?

ATIVIDADE AVALIATIVA: PLANEJANDO COM O DIAGRAMA V**Introdução**

Durante este bimestre, foram discutidos conceitos relativos à luz e à visão a partir do levantamento das idéias prévias dos alunos, da leitura sobre a história da visão, da realização de experimentos e discussões. Uma das ferramentas metodológicas utilizadas foi o diagrama V, que é uma maneira de representar a estrutura do conhecimento envolvida, por exemplo, em um experimento ou em uma investigação. O diagrama V também pode ser usado para o planejamento de uma aula, um curso ou uma pesquisa.

Nesta atividade vamos utilizá-lo para planejar uma aula. A partir dos seus conhecimentos sobre o diagrama V e sobre os temas tratados até aqui, você irá planejar uma aula sobre o conceito de sombra para alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental e apresentar este planejamento em um diagrama V.

A tarefa será realizada em 3 etapas: na primeira, será fornecido um exemplo de planejamento de aula usando o V; na segunda parte, serão feitas várias perguntas para organizar o seu planejamento; na terceira será construído o diagrama V do seu planejamento.

1ª Etapa

Na página seguinte encontra-se um planejamento feito por uma professora de educação especial utilizando a literatura, no qual o estilo de vida dos alunos é comparado ao do conde Drácula. Leia todo o diagrama feito por esta professora e analise a forma como ela o construiu e os pressupostos utilizados.

Na *questão-foco* ela apresenta a pergunta que será investigada pelos alunos e que irá direcionar o andamento dos trabalhos. Os *eventos* descrevem o que os estudantes farão para encontrar as informações relevantes para a investigação. No lado esquerdo do V a professora aborda sua *visão de mundo*, a *filosofia*, a *teoria* e os *princípios* que guiam o seu planejamento, bem como os *construtos* e *conceitos* considerados relevantes e que supostamente serão usados pelos alunos. No lado direito, em *registros*, aparece o que a professora espera que os alunos registrem no caderno. Em *transformações*, aparece como os alunos irão usar os registros (em forma de tabela ou quadro comparativo) para responder à pergunta de investigação. Nas *asserções de conhecimento*, aparecem as conclusões que a professora espera que os alunos compreendam. A importância ou valor que esta professora atribui a utilização deste planejamento aparece nas *asserções de valor*.

A partir deste exemplo, podemos pensar em como elaborar planejamentos de atividades didáticas utilizando o diagrama V. Em anexo se encontra um modelo mostrando os elementos do diagrama.

DIAGRAMA V - EXEMPLO DE PLANEJAMENTO

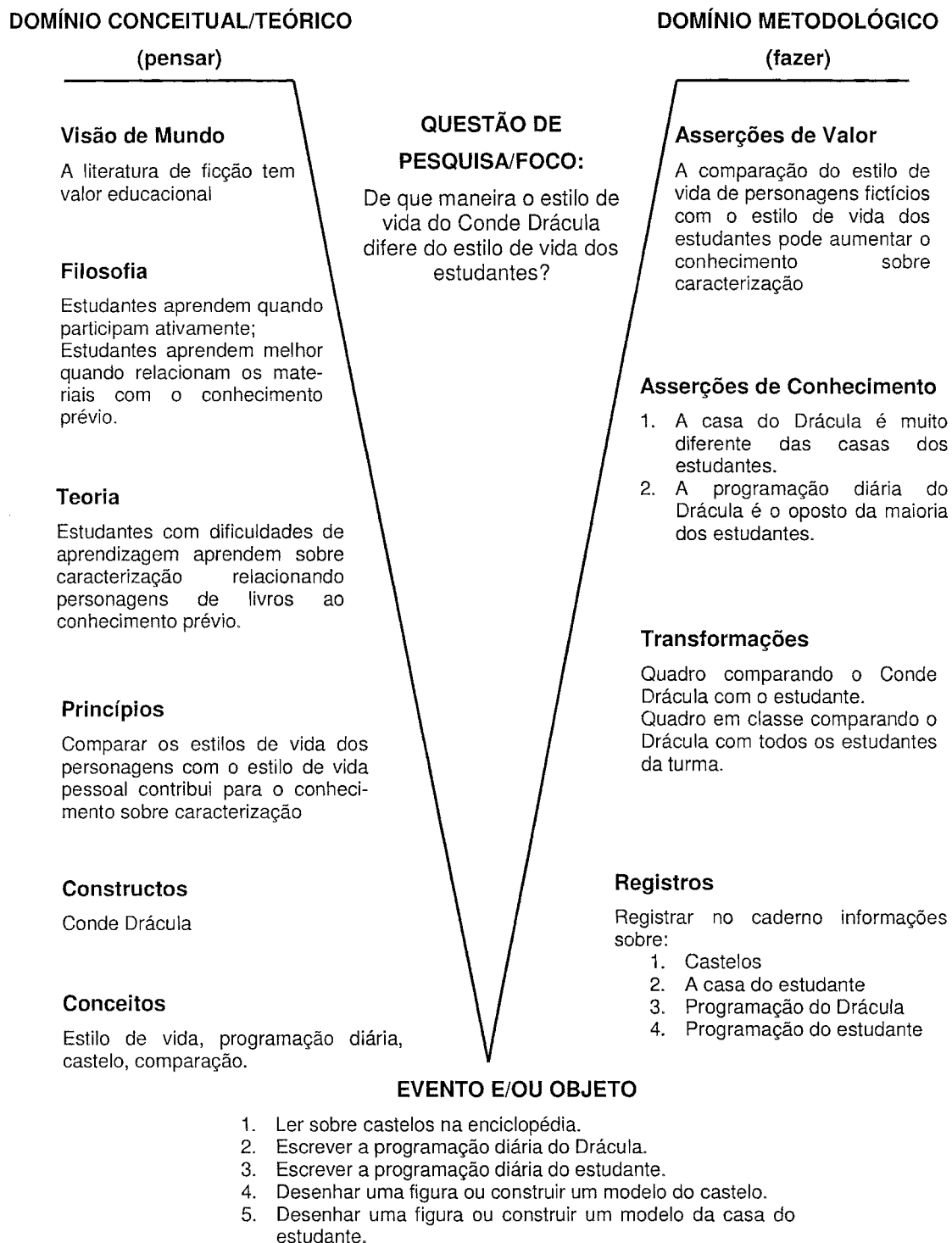


Diagrama 1 - Planejamento de uma lição elaborada para estudantes com problemas de aprendizagem. Retirado de GOWIN, D.B., ALVAREZ, M.A. *The Art of Educating with V Diagrams*. Cambridge University Press, 2005, p.80.

2ª Etapa

Nesta etapa você deverá pensar em como seria o planejamento de uma aula sobre sombras utilizando um diagrama V. Para auxiliar nesta construção, reflita e responda às perguntas abaixo, relacionadas aos elementos principais do diagrama V.

1. **Questão-foco:** Quais perguntas-chave você considera relevantes e podem direcionar a execução do seu planejamento sobre o tema das sombras? O que será investigado?

2. **Teorias/Princípios:** Quais teorias e princípios estariam relacionados ao seu planejamento sobre sombras? Que conhecimentos você possui e que podem ser úteis neste planejamento? Quais são seus pressupostos e expectativas?

3. **Conceitos:** Quais conceitos você considera importantes para a compreensão do tema abordado? Quais conceitos serão supostamente utilizados pelos alunos?

4. **Eventos/Objetos:** Que procedimentos os alunos deverão realizar durante a atividade? O que eles irão fazer? Como vão obter as informações relevantes? Que materiais serão utilizados?

5. **Registros:** O que você espera que os alunos registrem? Que dados serão registrados e como?

6. **Transformações:** O que será feito com estes registros? Como serão utilizados para responder às questões-foco da atividade?

7. **Asserções de Conhecimento:** A que conclusões você espera que os alunos cheguem a partir da atividade? Quais respostas eles supostamente darão às questões-foco?

8. **Asserções de Valor:** Qual é a importância do planejamento e da maneira com que foi feito? Quais implicações para o ensino e aprendizagem dos alunos de maneira geral e sobre sombras em particular?

3ª Etapa

Após responder às perguntas da 2ª etapa, construa o diagrama V do seu planejamento no modelo em branco fornecido pelo professor.

DIAGRAMA V - PLANEJAMENTO DE AULA SOBRE SOMBRAS

DOMÍNIO CONCEITUAL/TEÓRICO
(pensar)

DOMÍNIO METODOLÓGICO
(fazer)

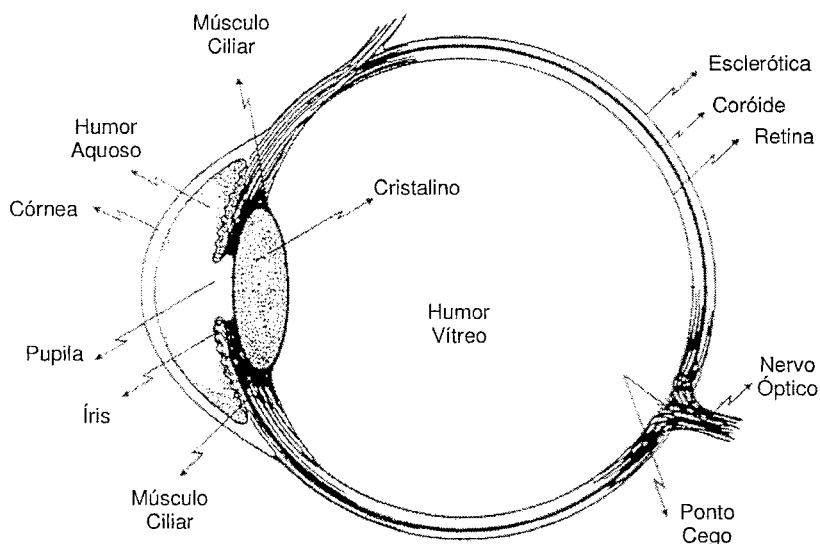
QUESTÃO DE
PESQUISA/FOCO

EVENTO E/OU OBJETO

APÊNDICE E – Texto: O Caminho da Luz no Olho Humano

O CAMINHO DA LUZ NO OLHO HUMANO[†]
--

O olho humano é um órgão aproximadamente esférico, com diâmetro em torno de 25mm. A figura abaixo representa esquematicamente o globo ocular com seus principais componentes.



A **córnea**, uma membrana curva e transparente com espessura de aproximadamente 0,5 mm, é o primeiro meio transparente encontrado pela luz. A luz que atinge obliquamente a superfície da córnea sofre um desvio, que é responsável por 2/3 da sua focalização na retina.

A **esclerótica** é o envoltório fibroso, resistente e opaco mais externo do olho, comumente denominado “branco do olho”. Na frente, a esclerótica torna-se transparente, permitindo a entrada de luz no olho (córnea). Internamente em relação a esclerótica, o olho apresenta uma camada pigmentada denominada coróide.

A **coróide** é uma camada rica em vasos sanguíneos e células pigmentares, e tem a função de absorver a luz, evitando reflexões que possam prejudicar a qualidade da imagem projetada na retina.

A **íris** é uma camada também pigmentada, sendo suficientemente opaca para funcionar como diafragma. Sua principal função é limitar a quantidade de luz que atinge a parte central do cristalino, devendo atuar também na focalização dos objetos próximos. A íris é formada principalmente por músculos circulares e radiais que, ao serem estimulados, provocam a diminuição ou aumento da sua abertura - a **pupila** -, cujo diâmetro pode variar de 1,5 mm a 8,0

[†] Texto adaptado de: GREF(Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). **Leituras de Física: Óptica**, IF-USP, 1998, p.30 e 31.

mm. Seu funcionamento, porém, não é instantâneo, pois leva cerca de 5 segundos para se fechar ao máximo e em torno de 300 segundos para se abrir totalmente.

Após ter sido controlada pela íris, a luz atinge o **crystalino** que, do mesmo modo que a córnea, atua como lente convergente, produzindo praticamente o terço restante do desvio responsável pela focalização da imagem na retina.

Entretanto, a importância maior do cristalino não está em desviar a luz, mas sim em acomodar-se para focalizar a imagem na região da retina mais sensível à luz. Neste processo de acomodação visual, a forma do cristalino é modificada com o auxílio dos **músculos ciliares**, alterando a sua distância focal e permitindo um ajuste fino da imagem na retina. Em sua trajetória no olho, após atravessar o cristalino, a luz passa pelo **humor vítreo**, uma substância clara e gelatinosa que preenche todo o espaço entre o cristalino e a retina.

Finalmente, após atravessar os meios transparentes do olho, a luz atinge a **retina**, uma “tela” sobre a qual deverá se formar a imagem, que, decodificada pelo sistema nervoso, permitirá a visão dos objetos. É uma camada fina, com espessura de aproximadamente 0,5 mm, rosada, e constituída de fibras e células nervosas interligadas, além de dois tipos especiais de células sensíveis à luz: os cones e os bastonetes, cujos nomes estão relacionados à forma que apresentam.

Os cones e os bastonetes são células fotossensíveis responsáveis pela conversão da luz em impulsos elétricos que são transmitidos ao cérebro através do **nervo óptico**. Assim estes impulsos são interpretados pelo cérebro como as imagens que os olhos vêem. A energia da luz é responsável pela ação química e elétrica que se desencadeia nas células fotossensíveis. Os detalhes dessa ação ainda são controversos, especialmente ao nível fisiológico.

ATIVIDADE AVALIATIVA

Durante este semestre, você participou de uma sequência de atividades sobre a óptica da visão, com o objetivo de experimentar uma aprendizagem significativa deste tema, a partir de uma abordagem construtivista. Neste momento você irá fazer uma retrospectiva da sua experiência na condição de aluno e uma análise crítica do ponto de vista de um(a) professor(a), ou futuro(a) professor(a).

A questão central a ser respondida a partir desta análise crítica é: **De que maneira uma disciplina estruturada em bases construtivistas se diferencia de uma disciplina com estrutura convencional de ensino?** Para ajudar a pensar nesta questão central, responda cada questão abaixo, com base na análise da sua experiência nesta disciplina durante este semestre:

1. Faça uma retrospectiva do que foi realizado durante o semestre, *listando* as atividades realizadas durante o período.
2. A partir do que você experimentou e aprendeu, quais conceitos e idéias você considera relevantes para o entendimento de uma abordagem construtivista no ensino de ciências?
3. Você considera que aprendeu significativamente o tema abordado durante o semestre (Óptica da Visão)? O que contribuiu e o que não contribuiu para isso? Justifique.
4. Você considera as atividades realizadas nesta disciplina diferentes do que se esperaria de um ensino tradicional sobre o mesmo tema? De que maneira?
5. Houve alguma diferença entre o que você pensava antes sobre o ensino de ciências e o que pensa agora, após esta experiência? O que mudou? Explique.
6. Você considera que esta experiência contribuiu ou contribuirá para sua prática pedagógica? De que maneira? Justifique.
7. No seu entender, o que justifica o uso de abordagens construtivistas no ensino de ciências, ou seja, qual a sua importância? Que vantagens isso apresenta?
8. A partir das reflexões acima responda a pergunta central colocada no início: De que maneira uma disciplina estruturada em bases construtivistas se diferencia de uma disciplina com estrutura convencional de ensino?

APÊNDICE G – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Tendo em vista a necessidade de coleta de dados para o desenvolvimento do projeto de investigação sobre a Formação Docente em Ciências para os Anos Iniciais, sob responsabilidade de Henri Araujo Leboeuf, aluno do Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, declaro que consinto que o mesmo utilize os registros de minhas falas ou imagem, minhas respostas aos questionários, avaliações e demais atividades realizadas durante a disciplina “Fundamentos de Ciências e sua Didática I” do 5º período do curso de Pedagogia da Faculdade Anglo-Americano, ministrada durante o 1º semestre de 2010, para fins de pesquisa, podendo divulgá-las em publicações, congressos e eventos da área.

Declaro ainda, que fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) quanto à investigação que será desenvolvida, com a condição de que meu nome não seja citado, garantindo o anonimato no relato da pesquisa.

Foz do Iguaçu, ____ / ____ / ____.

NOME: _____

RG: _____

ASS.: _____