

O USO DO “V” DE GOWIN NA FORMAÇÃO DOCENTE EM CIÊNCIAS PARA OS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

(The use of Gowin’s “V” in elementary school science teacher’s education)

Henri Araujo Leboeuf [henri.leboeuf@ifpr.edu.br]

IFPR – Instituto Federal do Paraná – Campus Foz do Iguaçu
Av. Araucária, 780 - Vila A - 85.860-000 – Foz do Iguaçu, PR

Irinéia de Lourdes Batista [irinea@uel.br]

UEL – Universidade Estadual de Londrina / Departamento de Física
Rodovia Celso Garcia Cid - Pr 445 Km 380 - Campus Universitário - 86051-990 - Londrina, PR

Resumo

Este trabalho investiga o uso do instrumento heurístico, conhecido como Diagrama “V” de Gowin, na formação docente para os anos iniciais do Ensino Fundamental. Faz parte de uma pesquisa que visa investigar possíveis contribuições de uma abordagem de ensino potencialmente significativa e que integre aspectos conceituais e metodológicos na formação docente. A abordagem didática foi fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa, e integrou aspectos conceituais, históricos e experimentais do conteúdo Óptica da Visão em uma disciplina sobre ensino de ciências inserida em um curso de Pedagogia. O diagrama “V” foi utilizado durante o processo na condição de facilitador da aprendizagem e instrumento de avaliação e coleta de dados. São analisados os diagramas construídos pelos alunos desde o primeiro contato com o instrumento até o seu uso durante as atividades do curso. São realizadas considerações sobre as potencialidades do uso deste instrumento na formação docente.

Palavras chave: diagramas “V”; formação de professores; ensino de ciências.

Abstract

This work investigates the use of the heuristic instrument, known as Gowin’s “V” Diagram, in elementary school teachers pre-service education. It is part of a research that aimed to investigate possible contributions of a potentially meaningful teaching approach that integrates conceptual and methodological issues in teacher’s education. The didactic approach was based on the Theory of Meaningful Learning, and integrated conceptual, historical and experimental contents of the topic Optics of Vision in a course on science teaching embedded in a pedagogy course. The "V" diagram was used during the process as a learning facilitator, assessment tool, and data collection. We analyzed the diagrams built by students from the first contact with this instrument until its use during the course activities. Considerations are made on the potential use of this instrument in teacher education.

Keywords: “V” diagrams; teacher’s education; science teaching.

Introdução

O presente trabalho nasceu a partir o desafio de preparar uma sequência de atividades potencialmente significativas acerca do tópico *óptica da visão* para futuros professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental em formação inicial, em uma disciplina de metodologia de ensino de ciências, num curso de Pedagogia, bem como sua avaliação crítica. Ele discorre sobre o uso do instrumento conhecido como Diagrama “V” de Gowin e suas possíveis implicações na formação docente. Ele se insere em um programa de pesquisa que visa uma aproximação investigada metodologicamente entre os fundamentos da Aprendizagem Significativa e as contribuições da

História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências e Matemática (Batista, 2009; Batista & Araman, 2009; Batista & Nascimento, 2011; Leboeuf, 2011).

A partir da investigação, da elaboração e da aplicação da sequência de atividades no contexto de uma disciplina de ensino de Ciências num curso de Pedagogia no qual o diagrama “V” foi utilizado, procedemos à análise dos diagramas produzidos pelos alunos, investigando as contribuições desse instrumento para a aprendizagem e também para a formação docente.

Apresentamos os elementos oriundos da Teoria da Aprendizagem Significativa que utilizamos como suporte à elaboração da intervenção e descrevemos o instrumento heurístico chamado de Diagrama “V”. Em seguida, trazemos a abordagem metodológica investigada e construída, na qual se insere o uso do diagrama V, sendo analisados alguns dos diagramas construídos pelos professores em formação inicial que fizeram parte desta investigação. Os diagramas analisados aqui foram escolhidos por representar diferentes maneiras pelas quais foram construídos pelos alunos, evidenciando diferentes níveis de compreensão deste instrumento ao longo das atividades. Por fim são feitas as considerações finais.

Aprendizagem Significativa

Uma proposta educativa bem fundamentada, em especial sob ações de pesquisa, pressupõe uma concepção de aprendizagem que lhe dê suporte. No caso da investigação apresentada neste trabalho, foi utilizada a Teoria da Aprendizagem Significativa. A seguir, apresentamos os elementos teórico-metodológicos que fundamentaram nossa investigação.

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. Essa 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.

Este tipo de interação cognitiva entre o conhecimento novo e os *subsunçores* é considerado o núcleo firme da perspectiva proposta por Ausubel (Moreira, 2006b). Por esse 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 desse 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 essa teoria, uma 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”¹, 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 (Ausubel, 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 compromisso afetivo no sentido de querer e não no sentido de gostar (Moreira, 2008).

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

¹ 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).

Quando aceita a tarefa de aprender ativamente, procurando compreender o material de instrução que lhe ensinam; (b) Quando tenta, de maneira genuína, integrá-los aos conhecimentos que já possui; (c) Quando não evita o esforço por novas aprendizagens, muitas vezes difíceis, não exigindo que o professor faça tudo por ele; e (d) 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 processo de aprendizagem irá se engajar (significativa ou mecânica) e qual nível de esforço empregará na construção de novos significados.

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.

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 esse aprendizado. Essas condições, além do que já foi exposto até aqui, incluem o tempo necessário à assimilação dos conceitos.

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 o porquê e para quem ensinar, e com que tempo. Para tal, Moreira propõe o conceito da aprendizagem significativa crítica, ou subversiva, no qual lista e discute os princípios facilitadores desta aprendizagem (Moreira, 2000, 2010).

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. 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 seguir.

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. Isso 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. Essa estrutura pode ser desvelada pelo uso do Diagrama V, derivado 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 implícadas, 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 1 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.

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) 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). 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). 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 envolvidas na 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).

Os “conceitos” são elementos centrais na estrutura do conhecimento, pois as pessoas pensam com conceitos (Gowin, 1981; Gowin & Alvarez, 2005). 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). 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).

DOMÍNIO CONCEITUAL/TEÓRICO

(pensar)

Visão de Mundo

Sistema de crenças gerais que motivam e guiam a investigação

Filosofia

Crenças sobre a natureza do conhecimento.

Teoria

Princípios gerais que explicam *porque* os eventos e objetos exibem o que é observado.

Princípios

Proposições de relações entre conceitos que explicam *como* se espera que eventos e objetos se comportem ou apareçam.

Constructos

Ideias que mostrem relações específicas entre conceitos, sem origem direta em eventos ou objetos.

Conceitos

Regularidades percebidas em eventos ou objetos (ou em registros de eventos e objetos) indicados por um rótulo.

QUESTÃO DE PESQUISA/FOCO

DOMÍNIO METODOLÓGICO

(fazer)

Asserções de Valor

Afirmações baseadas nas asserções de conhecimento que declaram o mérito ou valor da investigação.

Asserções de Conhecimento

Afirmações que respondem as questões foco ou de pesquisa e são interpretações razoáveis dos registros transformados (ou dados) obtidos.

Transformações

Tabelas, dados, mapas conceituais, estatísticas, ou outras formas de organização dos registros realizados.

Registros

As observações realizadas e registradas dos eventos e objetos estudados.

EVENTO E/OU OBJETO

Descrição do(s) evento(s) e/ou objetos a serem estudados em busca de respostas às questões foco ou de pesquisa.

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

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” (Gowin & Alvarez, 2005, 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 (Gowin & Alvarez, 2005).

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 (Gowin, 1981; Gowin & Alvarez, 2005).

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 (Gowin & Alvarez, 2005).

Abordagem Metodológica

A presente investigação está inserida na perspectiva qualitativa, de cunho interpretativo (Bogdan & Biklen, 1994) e utilizou questionários, Diagramas V e registros feitos pelo pesquisador em um caderno de campo como principais instrumentos de coleta de dados. O primeiro passo para a elaboração desta investigação foi a escolha de um tema científico de interesse para o currículo escolar do Ensino Fundamental 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 didáticas² relativas a este tema, que teve como base a teoria da aprendizagem significativa em interação com aspectos da História da Ciência e das pesquisas sobre o ensino e aprendizagem da óptica da visão (Leboeuf & Batista, 2010). Nesta construção, foram levados em consideração os resultados de pesquisas sobre as idéias dos alunos acerca do tema, bem como indicações sobre as dificuldades inerentes ao seu ensino e aprendizagem, em especial em contextos escolares tradicionais, apontados na literatura da área de ensino de ciências (Guesne, 1989; Melchior & Pacca, 2004; Gircoreano & Pacca, 2001; Bravo & Pesa, 2005; Bravo & Rocha, 2008; Galili & Hazen, 2000). A integração da história da ciência na abordagem didática foi realizada a partir de elementos relativos ao desenvolvimento dos conceitos de luz e visão desde os gregos até Kepler (Lindberg, 1980; 1981; Tossato, 2005; 2007) e de sua relevância na aprendizagem deste tópico. Especificamente sobre a óptica e a visão, Galili e Hazen (2001) apontam que a sua história de 2500 anos é extremamente rica e representativa do progresso científico em geral. Ela contribuiria, num ensino baseado na história e filosofia da

² A síntese das atividades encontra-se no apêndice.

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. A sequência didática contou com atividades experimentais, leituras de textos sobre a história da óptica da visão e sobre o funcionamento do olho humano, discussões e debates. Em seguida, foi realizada a aplicação desta sequência didática para uma turma de professores em formação inicial que cursavam Pedagogia.

A sequência didática foi proposta com o intuito de criar um 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 aprendizagem significativa e de vivenciá-la de maneira crítica. Nesse sentido, não foi um propósito apontar como ele deveria ensinar a seus alunos, mas permitir que vivenciasse o processo e pudesse 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 foram 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 esses 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.

O Diagrama V foi utilizado simultaneamente como instrumento de coleta e análise de dados e no processo metodológico de aprendizagem e avaliação dos alunos-professores. 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), 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 adaptações³ - por considerar a ideia principal bastante enriquecedora e poderosa. Åhlberg também afirma que o Diagrama V é

³ 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>

uma das raras ferramentas educacionais e de pesquisa em educação que promovem o pensamento sobre os valores.

Durante o curso, os alunos construíram 5 diagramas em diferentes atividades (aqui representados pelos códigos V1 a V5). O primeiro diagrama foi construído em uma atividade experimental, na qual ele foi apresentado aos alunos e discutido pela primeira vez. O segundo diagrama foi realizado em uma atividade sobre as sombras, na qual os alunos eram desafiados a fazer sombras iguais com figuras diferentes. O terceiro diagrama foi uma atividade avaliativa, na qual os alunos deveriam utilizar o diagrama para planejar uma aula. O quarto diagrama foi uma reelaboração do terceiro, com base nas correções e orientações do professor e discussões em sala. O quinto e último diagrama foi construído a partir de uma atividade prática sobre o funcionamento das lentes e sua contribuição para o entendimento da visão.

Vale esclarecer que nenhum dos alunos conhecia o Diagrama V antes desta interação didática. A apresentação deste instrumento e a construção do primeiro diagrama foram realizadas a partir de um experimento de assunto diferente do tema proposto. Nesta atividade, várias dúvidas foram discutidas e notou-se certa ansiedade em “responder corretamente” o diagrama. Foi uma oportunidade de discutir o significado da construção do diagrama, em contraposição a ideia predominante de simplesmente respondê-lo como um mero questionário. Esta discussão foi retomada durante a construção dos demais diagramas, de maneira que os alunos fossem refinando o entendimento do mesmo na medida em que avançavam na sequência de atividades. Isto significa que a aprendizagem do tema proposto ocorreu em paralelo com a aprendizagem sobre o diagrama.

A turma que participou desta investigação contava com 50 alunos, dos quais 15 foram selecionados para análise (aqui representados pelos códigos A1 a A15). O critério utilizado foi a frequência destes alunos, de maneira que pudéssemos avaliar todos os diagramas feitos por eles. 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 sobre a possibilidade de utilização dos registros para fins de pesquisa.

Análise dos diagramas

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, escolhemos sequências de diagramas construídos por três alunos, por exemplificarem distintos aspectos da sua compreensão e representarem, de maneira geral, o uso dos diagramas por parte dos outros 15 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 2) 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).

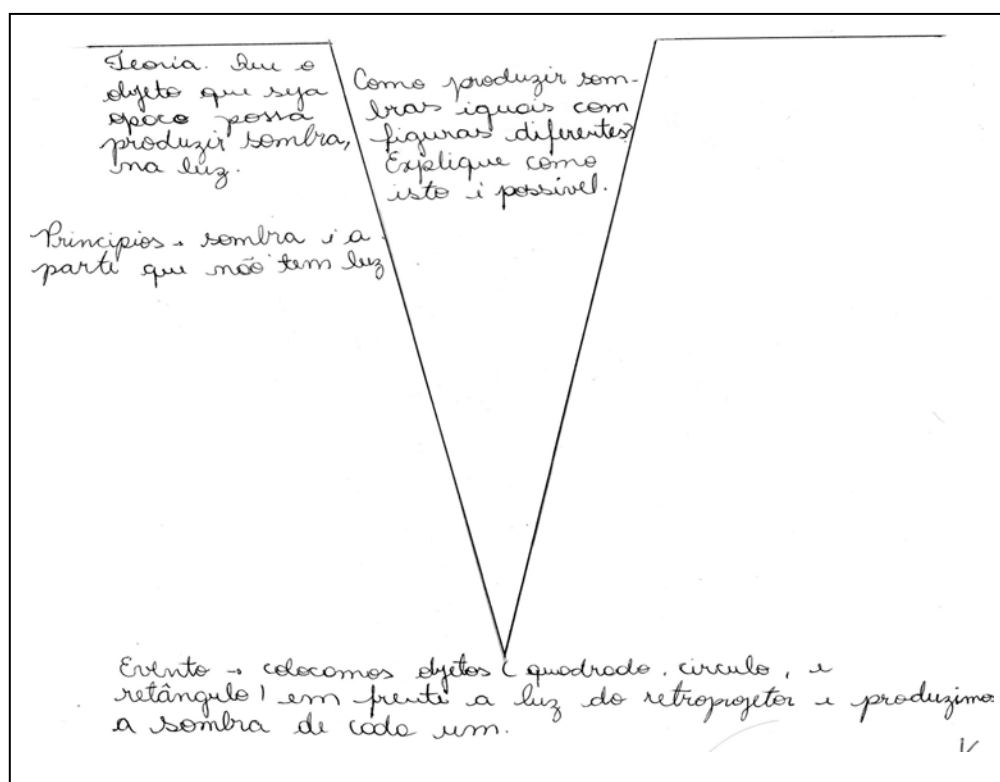


Figura 2: Diagrama 2 do aluno 2 (A2V2)

A Figura 3 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 V por esse 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 dessa 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)⁴

⁴ Os códigos utilizados para as transcrições obedecem ao seguinte critério: 1. Aluno (A1 a A15); 2. Diagrama (V1 a V5); 3. Item do Diagrama (Questão Foco (QF); Evento (Ev); Visão de Mundo (VM); Filosofia (Fi); Teoria (Te);

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.

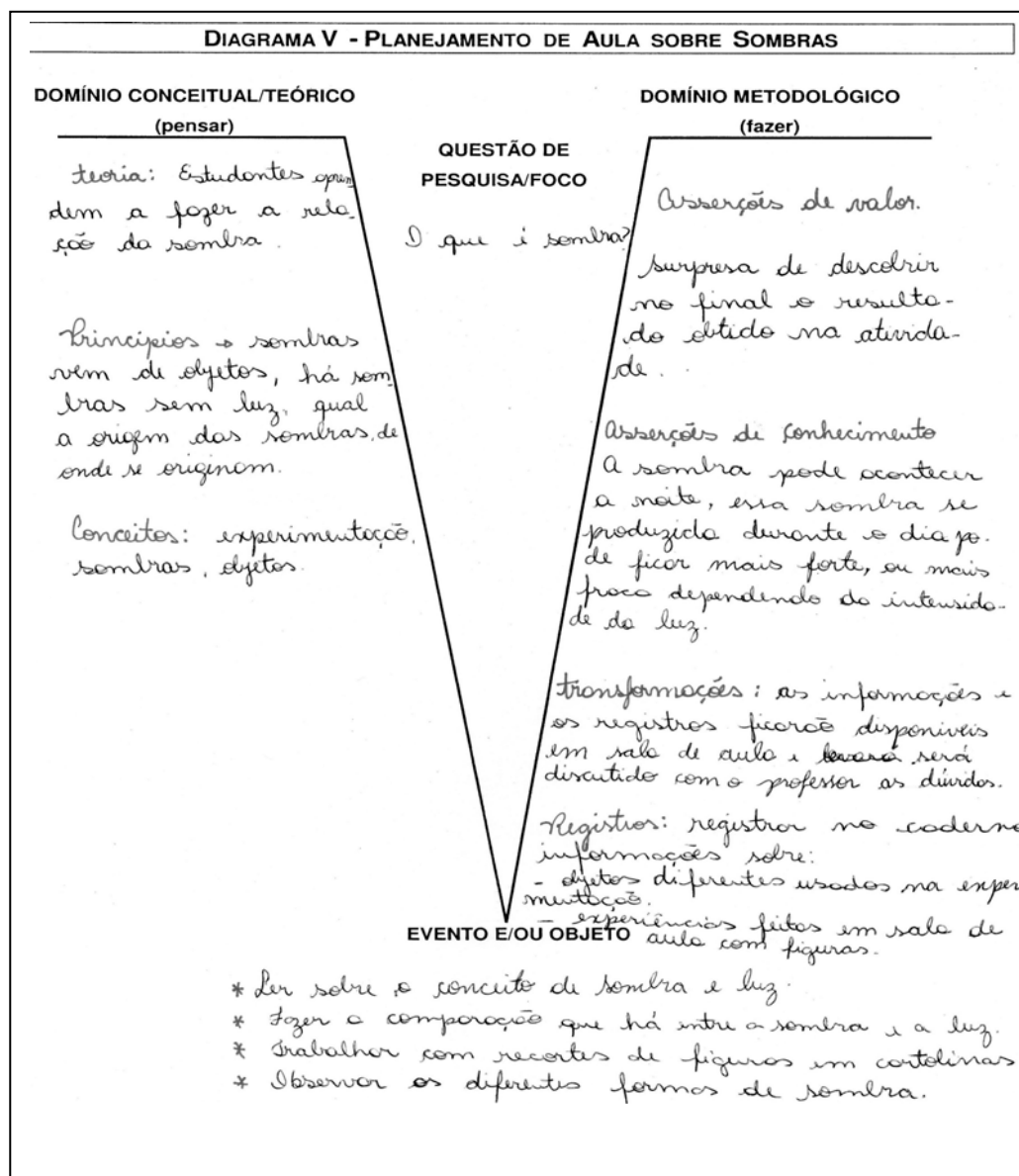


Figura 3: Diagrama 4 do aluno 2 (A2V4)

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

Princípios (Pr); Constructos (Ct); Conceitos (Cc); Registro (Re); Transformações (Tr); Asserção de Conhecimento (AC); Asserção de Valor (AV). Portanto A2V4AC significa a transcrição do registro realizado pelo aluno 2 (A2) no diagrama 4 (V4) no item Asserção de Conhecimento (AC).

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 4, 5 e 6. 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.

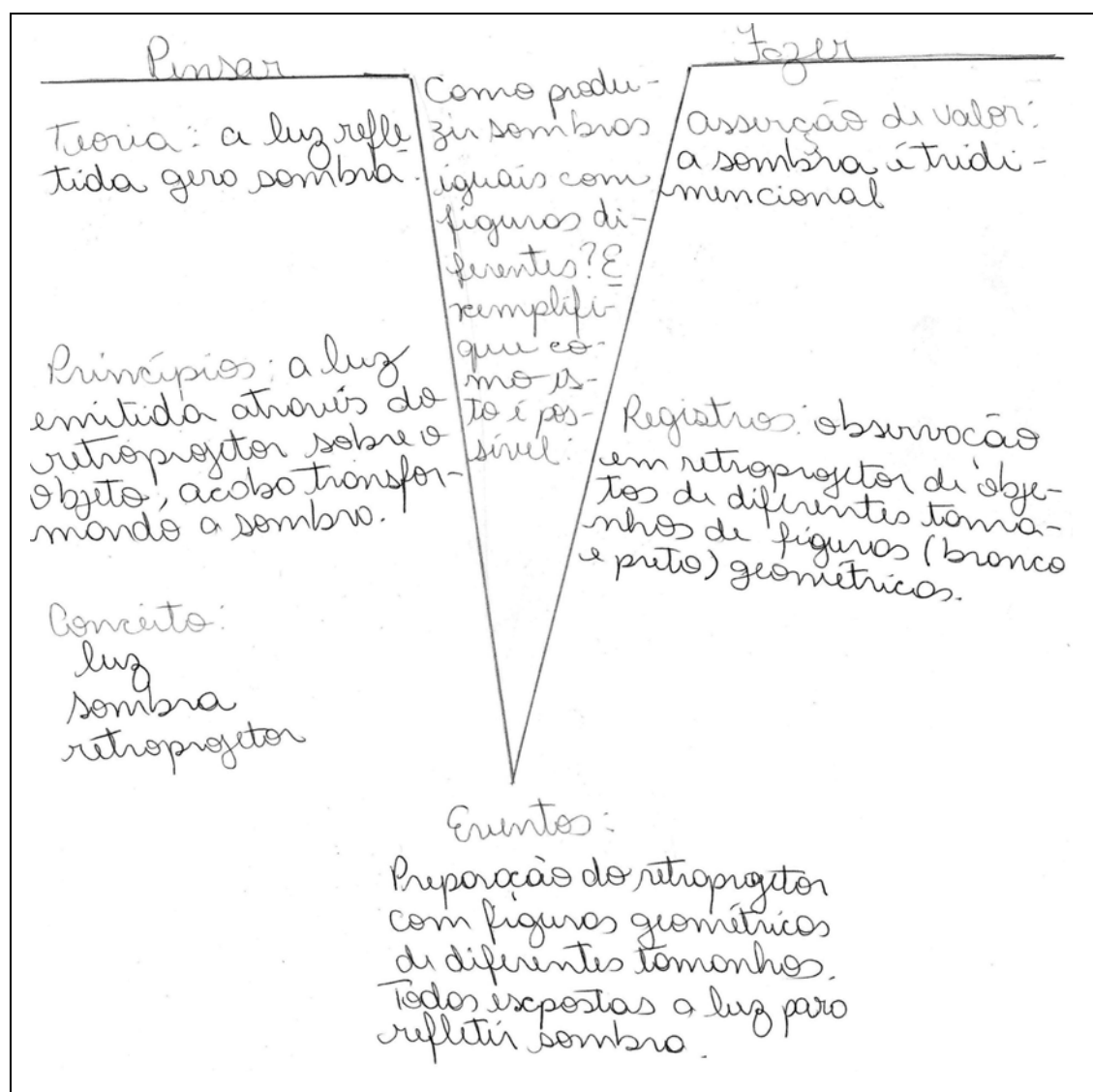


Figura 4: Diagrama 2 do aluno 13 (A13V2)

No primeiro diagrama (A13V2, Figura 4) 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 diferentes⁵. Apesar de o 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 instrumento, seja porque optou por registrar os aspectos considerados 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.

Ao analisarmos a Figura 5, que representa o diagrama construído na atividade de planejamento, percebemos um diagrama com mais informações e conceitos mais precisos. 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)

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 nessa perspectiva.

⁵ A asserção de conhecimento deveria levar em conta que a forma da sombra era influenciada basicamente por dois aspectos: sua distancia em relação a fonte de luz e sua inclinação (A aluna citada discutiu isso durante a atividade, mas não registrou no diagrama, conforme anotações em diário de campo).

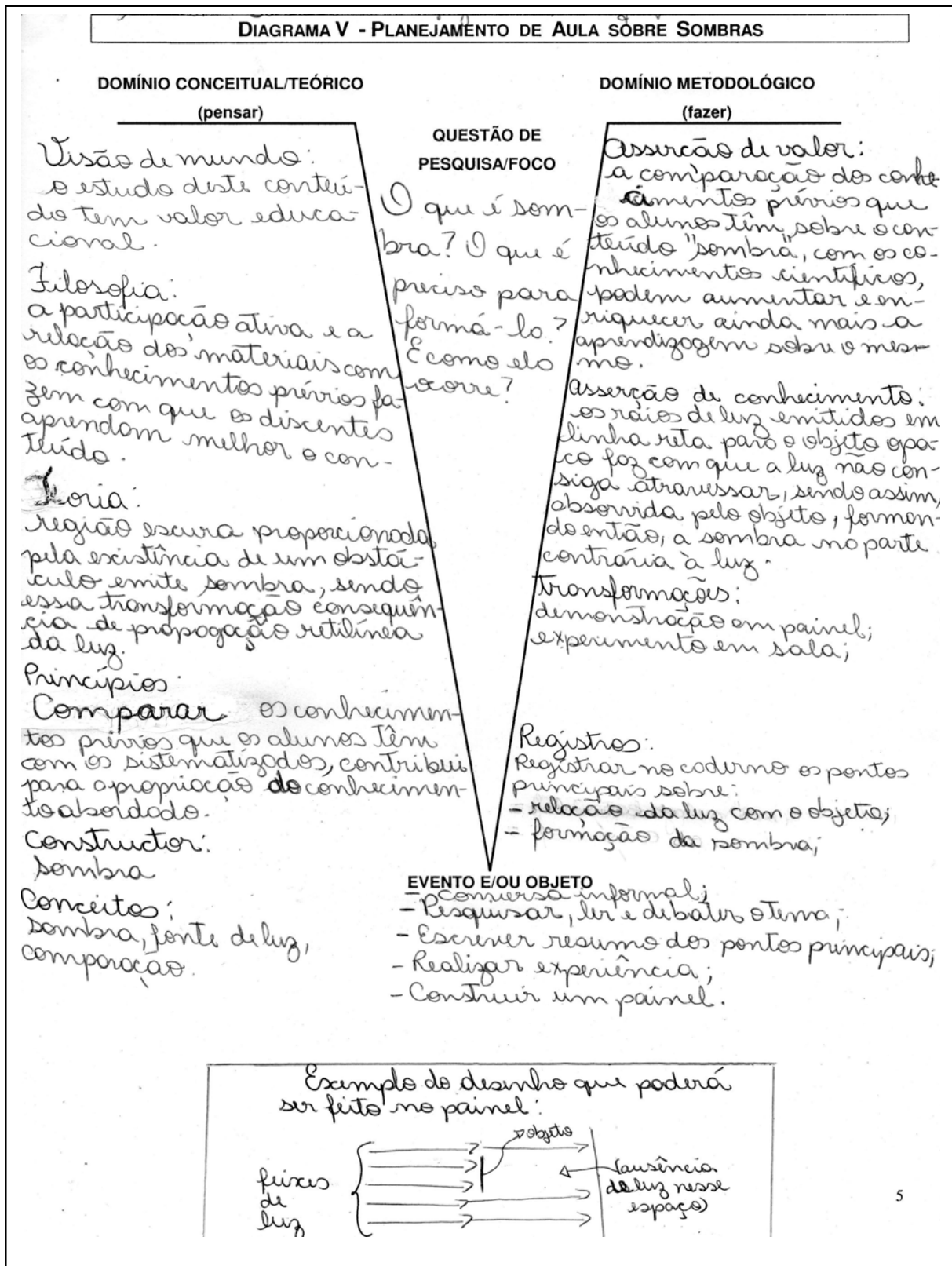


Figura 5: Diagrama 4 do aluno 13 (A13V4)

Ainda no diagrama apresentado na figura 5, 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).

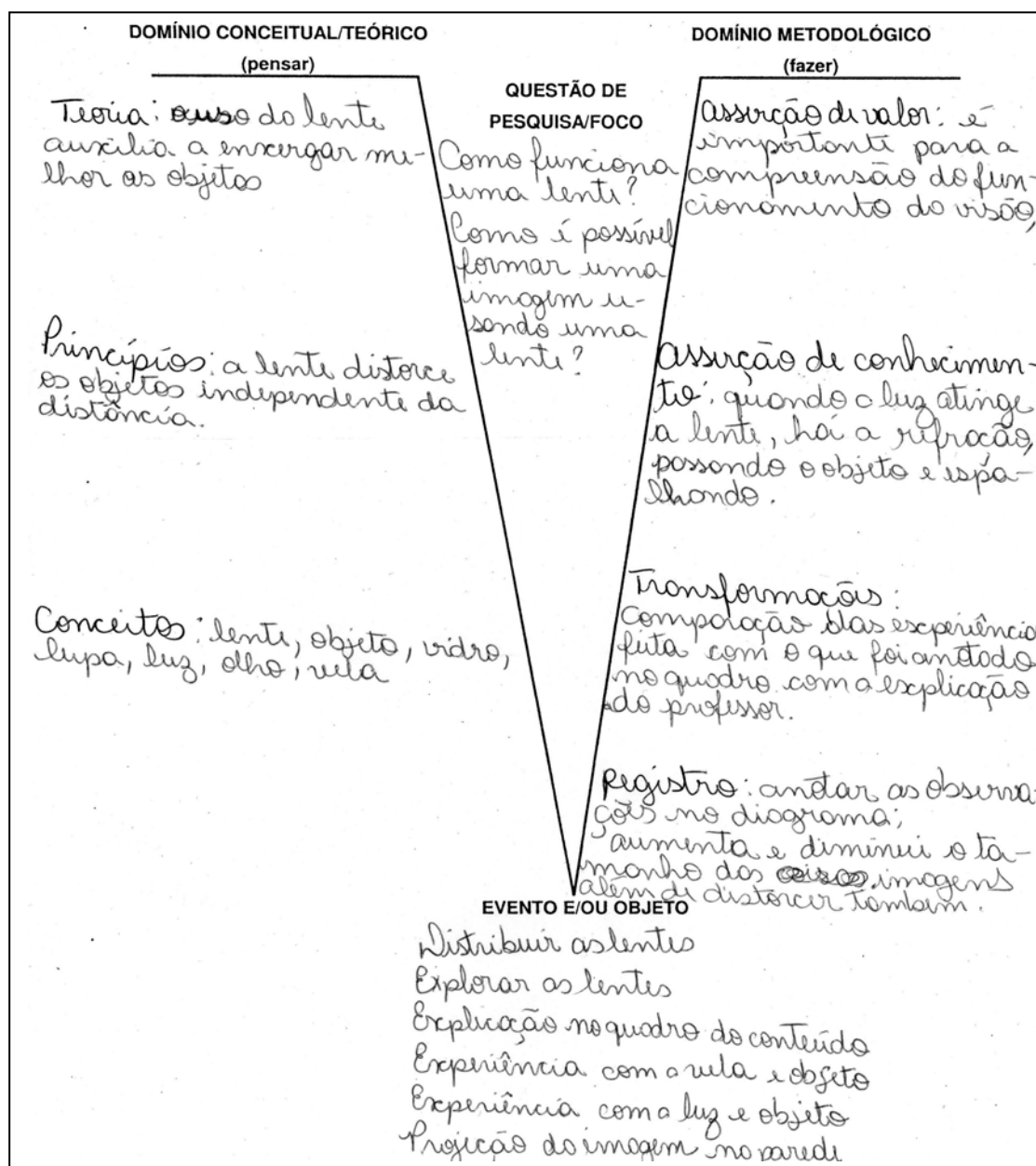


Figura 6: Diagrama 5 do aluno 13 (A13V5)

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 4) parece haver uma confusão entre elas, enquanto no Diagrama da Figura 5 esta distinção está clara. Esta evolução é corroborada pelo último diagrama feito por este mesmo aluno (Figura 6) 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 6 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 nesse 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. Essa questão, que envolve a formação de imagem ponto a ponto através da refração, não apareceu em nenhum dos diagramas analisados e também não apareceu nos questionários utilizados para avaliação de conteúdo durante a sequência de atividades. 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. Esta constatação nos indica que o uso do diagrama também pode fornecer elementos para a avaliação e o replanejamento das próprias atividades didáticas.

Nas próximas Figuras (7, 8 e 9) 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 7, 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)

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.

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.

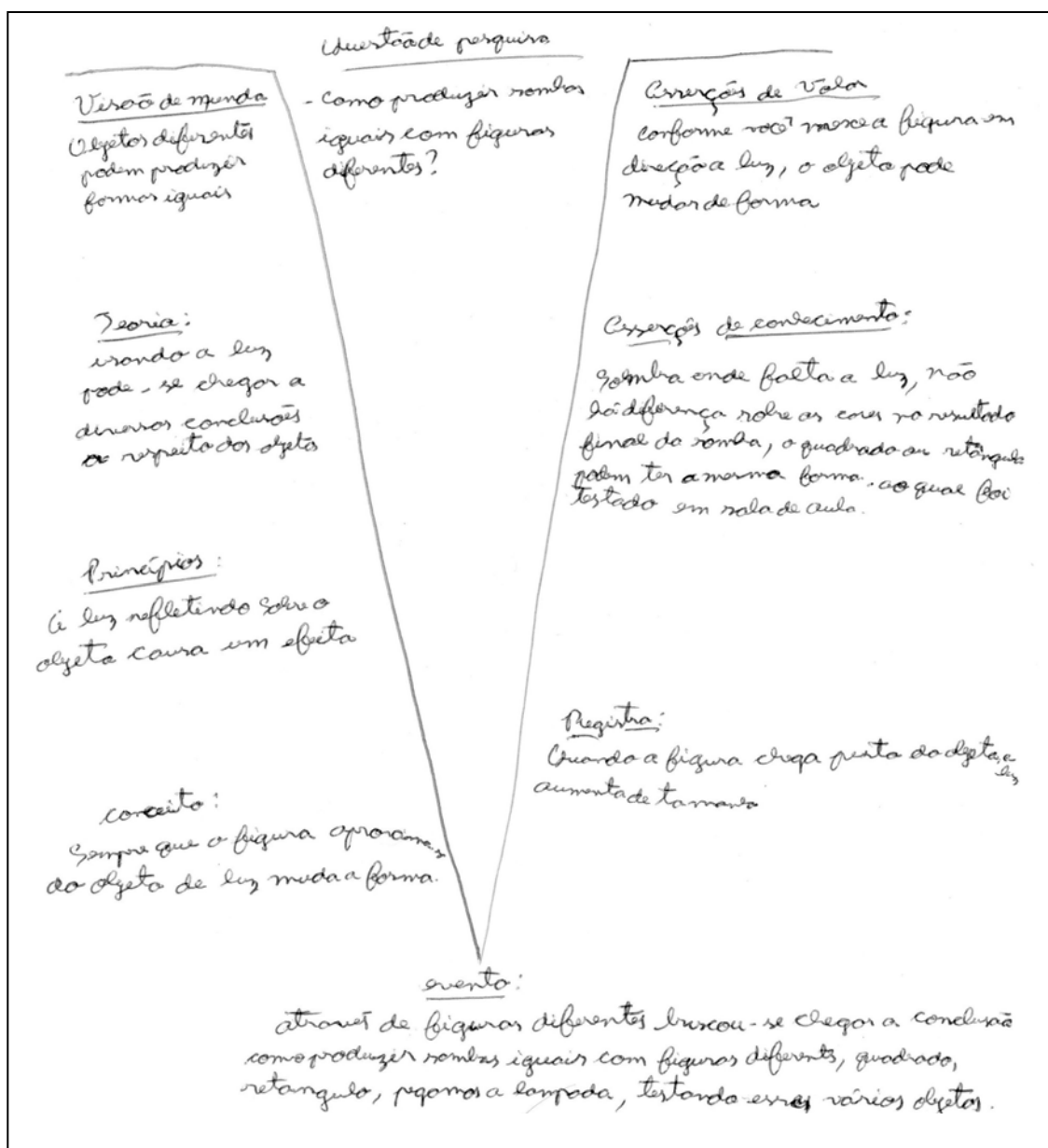


Figura 7: Diagrama 2 do aluno 15 (A15V2)

Na Figura 8, 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. 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 num encontro anterior. 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

indistincões 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 9) 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)

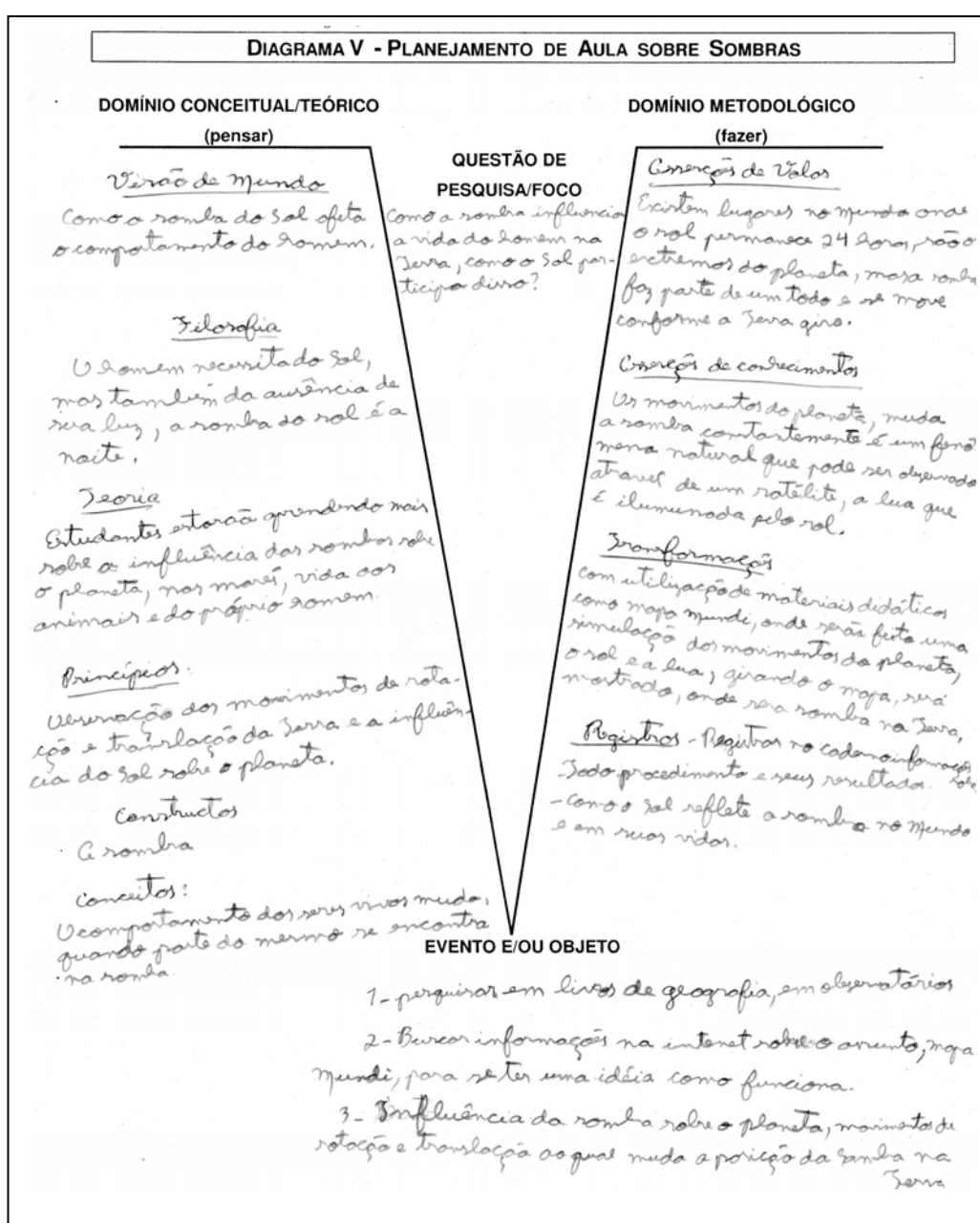


Figura 8: Diagrama 4 do aluno 15 (A15V4)

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.

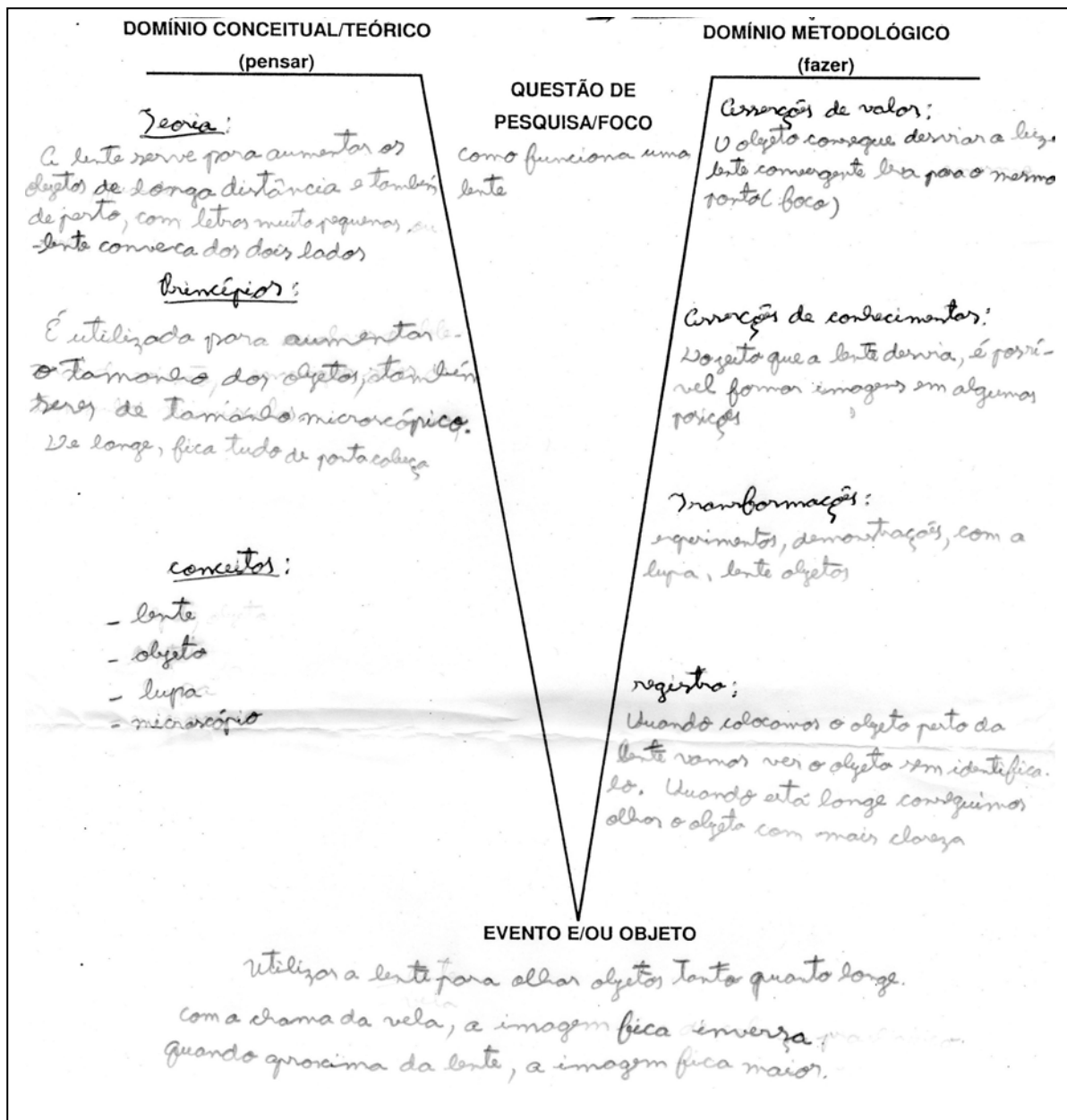


Figura 9: Diagrama 5 do aluno 15 (A15V5)

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), ou seja, 20%.

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), ou seja, 33%.

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), ou seja, 47%.

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. Essa 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.

O uso de outros instrumentos de coleta de dados complementares, tais como os questionários aplicados no início e final da sequência didática e registro do pesquisador (e simultaneamente professor) em um caderno de campo, aliadas aos diagramas V construídos pelos alunos, permitiram uma melhor compreensão da relação entre a aprendizagem do conteúdo (Óptica da Visão) e a aprendizagem do diagrama V. O instrumento heurístico de Gowin foi se tornando um melhor instrumento na coleta de dados sobre a aprendizagem dos conceitos na medida em que os alunos adquiriram mais familiaridade com a utilização do diagrama.

Considerações finais

Neste trabalho, abordamos principalmente o uso do Diagrama V na referida sequência de atividades. O detalhamento da construção da sequência didática baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa e no uso da história da ciência não foi apresentado aqui devido ao escopo do artigo e serão tratados posteriormente em outros trabalhos.

O Diagrama V pode se prestar a usos diversificados e isso pode ampliar a visão de conjunto a respeito desse 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 desse 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, nitidamente no campo metodológico. 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, conforme as análises dos três grupos mencionados. 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 de ensino proposto. Essas dificuldades, e suas superações, fazem parte do processo de superação das ideias pedagógicas baseadas no senso comum no caminho de uma construção pedagógica informada cientificamente na formação de professores (Shulman, 1986).

Foi possível perceber indícios da aprendizagem significativa dos conceitos a partir dos registros dos alunos principalmente nos últimos diagramas construídos, quando já compreendiam melhor o instrumento. Nos primeiros diagramas, foi necessário recorrer aos outros instrumentos de pesquisa para indicar esta aprendizagem, o que ocorreu nos casos representados pelos alunos A2 e A13. Nos casos do terceiro grupo, que apresentou maiores dificuldades no uso do diagrama, estes indícios não eram tão claros, apesar de serem percebidos em alguns casos, como o do aluno A15. Neste terceiro grupo, o uso dos outros instrumentos foi essencial para determinar os indícios da aprendizagem significativa do tema proposto.

O diagrama 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, conforme indicado pelos diagramas apresentados e pelas discussões ocorridas em sala, as quais se intensificavam em função da complexidade do instrumento. O seu 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. No caso dos diagramas da atividade das lentes, por exemplo, serviu também para indicar ao professor uma possível readequação das atividades em função da ausência de aspectos importantes nos diagramas dos alunos.

Por fim, a concepção de aprendizagem subjacente ao uso do instrumento deve ser considerada, para que não seja utilizado de forma mecânica, como um roteiro, e sim de forma investigativa e construtiva. Isso, por si só já nos impõe um desafio: o de buscar alternativas ao ensino tradicionalmente instrucionista em direção a um ensino construtivista que vise uma aprendizagem significativa e crítica de conteúdos. Na abordagem adotada, este foi um desafio que se evidenciou e foi enfrentado desde a construção do primeiro diagrama pelos alunos, que tendiam a vê-lo como uma tarefa a ser cumprida, ao invés de algo a ser aprendido progressivamente, a partir da construção dos significados atribuídos pelos alunos durante as atividades.

Referências

Åhlberg, M.; Alvarez, M. *A review of Gowin, B.: the art of educating with V diagrams*. Cambridge: Cambridge University Press. Teachers College Record, 108 (8), 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.

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.

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, PR: Edue, 2009. p. 35-50.

Batista, I. L.; Araman, E. M. O. Uma abordagem histórico-pedagógica para o ensino de Ciências nas séries iniciais do Ensino Fundamental. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n.2, 2009.

Batista, I. L.; Nascimento, E. G. União da História da Ciência com o V de Gowin: um estudo na formação de professores nas séries iniciais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. Vol. 11 No 2, 2011.

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.

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.

Galili, I.; Hazan, The effect of a history-based course in optics on student's views about science. *Science & Education*, v.10, p 7-32, 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: Cornell University Press, 1981.

Gowin, D. B.; Alvarez, M. A. *The art of educating with V diagrams*. Cambridge University Press, 2005.

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

Leboeuf, H. A. *Formação de professores para os anos iniciais: uma experiência com o ensino de ciências*. 2011. 175f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

Leboeuf, H. A.; Batista, I. L. Óptica da Visão: Elementos fundamentadores para um enfoque didático potencialmente significativo na formação de professores. Comunicação Oral. VI Encontro Internacional de Aprendizagem Significativa / 3º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa. *Anais...* São Paulo, SP, 2010.

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

Lindberg, D. C. *Theories of vision: from Al-Kindi to Kepler*. Chicago: University of Chicago Press, 1981.

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: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, *Atas...*, Jaboticatubas, 26 a 30 out. 2004.

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

Moreira, M. A. 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.

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

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

Moreira, M. A. *Mapas conceituais e diagramas V*. Porto Alegre: o autor, 2006b.

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

Novak, J. D. 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.

Novak, J. D.; Gowin, D. B. *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

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

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

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.

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.

Recebido em: 09.10.12

Aceito em: 09.06.14

Apêndice – Síntese da sequência de atividades didáticas

Atividade 1	Apresentação da proposta; Apresentação e construção do Diagrama V a partir de atividade prática sobre comparação de pesos (V1).
Atividade 2	Levantamento das 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 (V2).
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 (V3). Reelaboração do Diagrama 3 (V4).
Atividade 7	A óptica da visão na Idade Média; apresentação 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. Construção de um Diagrama V da atividade (V5).
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.