

## Tentativa de Superar Obstáculos de Aprendizagem

THIAGO FARIAS<sup>1</sup>, BRUNO DOS SANTOS SIMÕES<sup>2</sup> e ELIZABETH CRISTINE ADAM TRINDADE<sup>3</sup>

Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, UFSC  
<sup>1</sup>[farias.thiago@gmail.com](mailto:farias.thiago@gmail.com), <sup>2</sup>[simoes89@uol.com.br](mailto:simoes89@uol.com.br), <sup>3</sup>[elizabeth.fisica@gmail.com](mailto:elizabeth.fisica@gmail.com)

**Resumo.** Neste artigo analisamos a prática de uma sequência didática, elaborada por um professor-pesquisador, buscando superar obstáculos de aprendizagem de estudantes do Ensino Médio envolvendo os conceitos de Calor e Temperatura. Estas intervenções, em uma turma do segundo ano na disciplina de Física, foram compostas de oito aulas. Como o referencial teórico didático adotado pelo professor-pesquisador foi o trabalho de Jean-Pierre Astolfi, buscamos neste autor categorias de análise que evidenciassem, por meio das ações didáticas do professor, a aproximação entre a proposta da sequência didática e sua execução. Isso é apresentado em formato de relato de caso por meio da transcrição das aulas e depoimentos.

**Abstract.** This article examines the practice of a didactic sequence, prepared by a teacher-researcher, seeking to overcome learning obstacles of high school students involving concepts of heat and temperature. These interventions in a class of the second year, in the subject of physics, were composed of eight classes. The theoretical- didactic framework adopted by the teacher-researcher was the work of Jean-Pierre Astolfi, so we seek in this author analytical categories that show, through the actions of the teacher teaching, the rapprochement between the proposed sequence of teaching and its implementation. This is brought into the case report format through the transcript of classes and testimonials.

**Palavras-chave:** Atividade experimental, Calor e temperatura, Sequência didática, Superação de obstáculos.

**Keywords:** Experimental activity, heat and temperature, didactic sequence, Overcoming obstacles.

### Introdução

No início de uma relação didática, professor e aluno possuem expectativas mútuas uns dos outros, mesmo com um saber a ensinar bem definido nos contextos escolares (RICARDO, 2003). Nessa fase inicial, os alunos ainda estão fortemente ligados as suas concepções alternativas (representações) construídas ao longo de suas vidas, e a partir dessas é que os estudantes interpretarão os saberes que o professor pretende ensinar (MORTIMER, 2000). Elas de alguma forma opõem-se à visão científica e muito provavelmente decorrem de obstáculos de aprendizagem diversos e, à luz de Astolfi (1993; 1994), Bachelard (1996) e Brousseau (1986; 1989), podemos levantar a existência de obstáculos epistemológicos, ontológicos e, também, didáticos. Cabe lembrar que nem sempre as representações diferentes tem como origem um obstáculo para o aprendizado do conhecimento científico (ASTOLFI, 1993). Tendo consciência desses obstáculos de aprendizagem, quais as atitudes um professor pode tomar a fim de superá-los?

Durante a história de construção do conhecimento científico foi necessário ocorrer a superação de diversos obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1996), que podem ser caracterizados como a inércia, a resistência para o pensamento científico. E, conforme Astolfi

(1993), os obstáculos presentes na busca por resposta a um problema científico são deixados de lado após se encontrar a resposta. Consequentemente, dada a Transposição Didática<sup>1</sup> realizada, os conceitos que são trabalhados em sala de aula perdem seu “caráter de **problema**: deixam de estar ‘vivos’ no momento em que perdem sua função epistemológica original.” (p. 291, tradução nossa). Para o mesmo autor, o que falta aos estudantes “é poder compreender o que tem sido preciso construir (e, sobretudo, o que é preciso renunciar) para que um determinado conceito estudado adquira sentido” (p. 294, tradução nossa). Dessa forma, entendemos que seja preciso trabalhar no ambiente escolar os obstáculos envolvidos durante a construção de conhecimento científico.

Nessas condições, buscamos discutir a prática de um professor que elaborou uma sequência didática buscando superar obstáculos de aprendizagem de estudantes do segundo ano do ensino médio em uma escola pública no município de Florianópolis - SC. Cabe ressaltar que esse professor não é o docente titular da turma, mas sim um estudante de mestrado, e essas aulas faziam parte do piloto de sua pesquisa. As intervenções ocorreram em oito aulas, durante o período de quatro semanas, e os conceitos trabalhados foram os de Calor e Temperatura. Ressaltamos ainda que o primeiro contato desses estudantes com esses conceitos, mais especificamente em termometria, foi feito pelo professor titular da turma. Logo, o mestrando em questão partiu de uma situação em que as representações dos estudantes são ligeiramente mais próximas das científicas, mas esse contato anterior aparentemente pouco influenciou na existência ou não dos obstáculos de aprendizagem. Nessas condições é necessário demarcar sob qual olhar esse professor, dentro da sua pesquisa, elaborou a sequência didática frente aos diversos obstáculos.

Neste trabalho, propomo-nos a analisar o relato das aulas desse professor bem como o áudio da gravação dessas aulas, a fim de identificar quais ações didáticas do professor favoreceram a superação dos obstáculos de aprendizagem. No decorrer do texto traremos de forma mais completa como se deu a elaboração da sequência e a sua realização, seus referenciais e como estes o ajudaram ou não a alcançar seus objetivos.

---

<sup>1</sup> Termo utilizado por Chevallard no trabalho *La Transposición Didáctica: Del Saber Sabio Al Saber Enseñado*. Aique: Buenos Aires, 1991.

## **1. Elaboração da sequência didática**

O professor em questão elaborou a sequência didática à luz de Astolfi e Bachelard, com a finalidade de superar os obstáculos de aprendizagem relacionados aos conceitos de Calor e de Temperatura. Tendo isso em vista, fez uso de diversas atividades experimentais a fim de que pudessem estimular o diálogo, trabalhar os conceitos, criar conflitos cognitivos<sup>2</sup> e gerar situações de modelização.

Antes de detalharmos as aulas, trazemos as ideias de Jean-Pierre Astolfi e Gaston Bachelard.

### **1.1. Didática de Jean-Pierre Astolfi**

Um dos pressupostos teóricos para a elaboração da sequência didática empregada foi a didática de Jean-Pierre Astolfi. Desde que o construtivismo com bases epistemológicas, pedagógicas e psicológicas têm orientado a relação didática no ensino (talvez com mais impacto nas pesquisas de ensino do que na prática em sala de aula), considera-se que os estudantes trazem representações elaboradas ao longo de sua vida e, conseqüentemente, que elas interferem no aprendizado dos conteúdos escolares. No entanto, para Astolfi (1993), existe algo por detrás das representações que normalmente não está sendo levado em conta, que ele chama de obstáculos: as resistências para o aprendizado de algum conceito.

Segundo Astolfi (1993), essas representações têm perdurado de forma quase imutável no processo educativo e dificilmente são substituídas por outro modelo explicativo, como o científico. Para o autor, a resistência dessas representações advém de obstáculos de aprendizagem diversos, mas “na maioria dos casos tais obstáculos não se colocam no cerne das situações didáticas” (1994 p.206, tradução nossa). Dessa forma, para o aprendizado dos conceitos científicos, o cerne do objetivo didático deve contemplar processos de ensino visando à superação de obstáculos de aprendizagem.

---

<sup>2</sup> Adotamos a definição de Brousseau (1986) , que comenta que o conflito cognitivo pode ser entendido como um choque de conhecimentos ou modelos explicativos. Esses dois modelos são incompatíveis entre si, e o sujeito tanto pode escolher entre um modelo e outro quanto pode buscar gerar outro modelo em que esses dois sejam compatíveis.

Astolfi (1994) defende a ideia de que os obstáculos não se encontram isolados, mas pertencem a uma rede de diferentes obstáculos que se apoiam e se reforçam mutuamente. Tal ideia ajuda a compreender a resistência e a dificuldade para que os obstáculos sejam superados pelos estudantes e para que, então, seja promovida a construção em sala de aula dos conceitos que são ensinados: os conhecimentos científicos escolares. Com a intenção de superar estes problemas que se referem à complexidade do processo de ensino e aprendizagem, Astolfi (1993, 1994) utiliza a noção de objetivo-obstáculo, proposta por Jean-Louis Martinand, ao sugerir a construção de currículos e sequências didáticas. Para Astolfi, é importante compreender os obstáculos enfrentados pelos alunos, para, então, definir verdadeiros objetivos a serem trabalhados no contexto escolar, ou seja, é importante traçar um diagnóstico dos obstáculos possíveis de serem encontrados e, a partir disso, estabelecer estratégias e sequências didáticas adequadas para superá-los.

No que se refere à criação de situações didáticas amparadas na ideia de objetivo-obstáculo, Astolfi (1993, 1994) sugere quatro etapas que não necessitam serem seguidas nesta ordem: a identificação, a fissuração, a superação e a automatização. Esta última, segundo o próprio autor (1994), é normalmente esquecida apesar de ele considerá-la importante.

### **1.1.1. Identificação**

A primeira etapa refere-se à localização do obstáculo, manifestado por meio das representações dos estudantes. Pretende-se então que eles expressem-nas de forma escrita ou gráfica, visando à tomada de consciência de seu sistema de funcionamento intelectual. A identificação é em um preâmbulo indispensável para se trabalhar didaticamente o obstáculo. No entanto, essa etapa é insuficiente para produzir uma superação, pois a identificação das representações e dos obstáculos não traz como consequência direta que haverá mudança nas atitudes do estudante para com o saber (BACHELARD, 1996). Ela faz parte da preparação das aulas e do processo didático, mas não o caracteriza por completo. É muito importante salientar que esta etapa, tendo em vista a seguinte, tem como meta a identificação de diversas representações e maneiras de pensar no grupo.

Devemos esclarecer que na obra de Astolfi (1993; 1994) não é tão evidente se a identificação de um obstáculo deve ser feita pelo professor ou pelo estudante. Com isso, é difícil saber se é um processo para preparar a sequência didática ou para ser realizada pelos estudantes em atividades. Nos artigos de Peterfalve (1997) e Astolfi e Peterfalve (1997), há uma maior clareza quanto a esse ponto. Para os autores, essa etapa deve estar baseada em

atividades em que o estudante identifique obstáculos nas próprias representações, nas dos colegas ou em textos históricos. Portanto, essa leitura posterior dos trabalhos de Astolfi, feita por Peterfalve e pelo mesmo autor, coloca o estudante como sujeito participante e principal durante esse processo.

### **1.1.2. Fissuração de um obstáculo**

A segunda etapa é a fissuração do obstáculo, em que ocorre a desestabilização das representações e explicações dos estudantes devido ao estabelecimento de um conflito sociocognitivo. Brousseau (1986) define conflito sociocognitivo como situações de conflito que surgem durante a busca dos estudantes pela convergência de ideias, uma vez que há diferentes representações e posturas epistemológicas no grupo.

A fissuração do obstáculo é fomentada quando há insatisfação do estudante para com suas representações, o que será promovido assim que os distintos pontos de vista ou a diferença dos enfoques dos estudantes sejam trabalhados pelo grupo, servindo como motivadores do progresso intelectual (WESTPHAL; PINHEIRO, 2005). É importante ressaltar que Astolfi expõe que a fissuração não necessariamente ocorrerá imediatamente depois da identificação, esse é um processo que demanda tempo, e que não pode ser medido facilmente. No trabalho de Astolfi e Peterfalve (1997) é possível encontrar mais comentários sobre a ocorrência paralela das etapas durante todo o processo de superação de obstáculos. Nesse mesmo artigo, os autores indicam o uso de experimentos “surpreendentes” como mecanismos para a fissuração de um obstáculo.

### **1.1.3. Superação de um obstáculo**

Na terceira etapa ocorre a superação do obstáculo, que para Astolfi (1993, 1994) deve ser o foco do projeto de ensino-aprendizagem. Para Pfuetzenreiter, Custódio e Koepsel (2003, p. 170),

[...] limitar-se ao desequilíbrio conceitual não é o suficiente para ultrapassar o obstáculo e seus efeitos devem ser acompanhados pela elaboração de uma alternativa conceitual por parte do indivíduo. O aluno deve construir ativamente novas ferramentas conceituais, para depois tratar de fazê-las funcionar em contextos novos, antes de servir-se delas definitivamente.

Portanto, após a desestabilização ou conflito inicial sofrido, o indivíduo se depara com um novo modelo representativo, permitindo resolver o problema que estava em aberto e aplicar esse modelo a novas situações, superando o obstáculo.

Para que esta etapa se consolide, é necessário que durante a etapa de Identificação tenha sido concretizada uma problematização em torno das representações e dos erros dos estudantes ao discutirem os fenômenos e as atividades (PETERFALVI, 2006). Orange (2006), no entanto, faz o alerta: “se a problematização é uma condição necessária de toda superação de obstáculo, ela não é condição suficiente, senão nenhum conhecimento científico poderia preceder uma ruptura, o que desmentiria a história das ciências” (ORANGE, 2006, p.89, tradução nossa).

#### **1.1.4. Automatização do novo modelo**

Esse processo em que o novo modelo representativo, de alternativa conceitual passa a ser instrumento para resolver situações diversas, é chamado por Astolfi de automatização. No entanto, não podemos esquecer que nem sempre o professor, na sua prática e na elaboração da sequência didática, dar-se-á conta de realizar plenamente todas as etapas e subetapas levantadas por Astolfi. O mesmo autor apontou que, além do conflito sociocognitivo e da devolução por parte do professor, “existe um segundo salto conceitual que poucas vezes é mencionado: aquele que permite passar da reestruturação conceitual para o uso automático do novo modelo” (1994, p. 214, tradução nossa).

Por fim, gostaríamos de salientar que Astolfi (1994) aponta a possibilidade de os obstáculos serem usados de três maneiras na organização de uma sequência didática: objetivos da sequência didática, ferramenta para direcionar as intervenções didáticas, e referência para a elaboração curricular. Sendo assim, a superação do obstáculo pode ser o objetivo do professor durante o ensino de um tema, durante o diálogo didático em uma aula ou ser o objetivo a ser enfrentado por diversas disciplinas e conteúdos, cujas sequências didáticas são determinadas pelo obstáculo.

Fazendo uso desses apontamentos didáticos falta descrevermos os obstáculos epistemológicos, didáticos e ontológicos potencialmente presentes e que se tornam dificuldades para o aprendizado dos conceitos de calor e temperatura.

## **1.2. Obstáculos Epistemológicos relacionados aos conceitos de calor e de temperatura**

Na sua obra intitulada “A Formação do Espírito Científico”, Gaston Bachelard - influenciado pelos acontecimentos no contexto científico em que se encontrava - busca esclarecer as atitudes dos sujeitos diante da elaboração do conhecimento científico, tendo como primeira consequência a categorização entre espírito pré-científico, científico e novo espírito científico. Pode-se dizer que cada um desses estados de espírito refletem determinadas resistências à construção do conhecimento científico. Essas inércias ao pensamento científico Bachelard chama de obstáculos epistemológicos, que são: Experiência primeira; Substancialista; Verbais; Conhecimento Geral; Animista; Realista; Libido e Conhecimento objetivo; e Conhecimento Quantitativo.

Alguns autores trabalharam essa questão no ensino dos conceitos de Calor e de Temperatura (RIBEIRO, 2004; AMARAL; MORTIMER, 2001) e, para eles, alguns obstáculos epistemológicos se mostram presentes no ensino destes conceitos; Amaral e Mortimer (2001) tratam inclusive de aspectos ontológicos.

### **1.2.1. Experiência primeira**

Considerando a interação frequente com o ambiente, os estudantes constroem os significados dos termos calor e temperatura com um caráter empírico muito intenso, no entanto, a atitude empírica de um cientista e de uma pessoa é diferente: “a experiência comum não é de fato **construída**; no máximo, é feita de observações justapostas (...)” (BACHELARD, 1996, p. 14, grifo nosso). Para Bachelard, o cientista faz uso de instrumentos e de reflexão para buscar determinados comportamentos e características dos fenômenos, enquanto que na experiência primeira o sujeito vai considerar um fenômeno ocorrido como um fato, um real dado e sem reflexão sobre o mesmo que vai ser associado aos demais “fatos”. No ensino dos conceitos de calor e temperatura, é decorrente desse obstáculo a consideração, por parte dos estudantes, de que a temperatura do objeto é medida pelo tato e que alguns objetos são “naturalmente” frios e outros são quentes.

### **1.2.2. Substancialista**

Em uma observação primeira é comum a atribuição de substâncias a alguma qualidade do fenômeno observado, de tal forma que essa substância permite dar uma explicação breve e

final. Bachelard (1996) dá como exemplo os fenômenos eletrostáticos, em que a atração de objetos e o fato de os objetos atritados grudarem, tal como uma cola, foram suficientes para os cientistas da época afirmarem que os “fluidos elétricos” eram uma substância “tenaz, viscosa e untuosa” (1996, p. 128). São decorrentes desse obstáculo as explicações de que calor é uma substância armazenada internamente nos corpos e, quanto mais quente, mais calor há no corpo ou que um corpo tem naturalmente mais calor que outro, mas que se conserva durante a troca.

### **1.2.3. Verbais**

Quando palavras são usadas na explicação de diversos fenômenos, e de metáforas, passam a ser a “realidade” daquele fenômeno, nessas condições tem-se a constituição de obstáculos verbais, e dessa forma as explicações ficam superficiais e o uso da palavra encerra em si o estudo do fenômeno. Bachelard, em sua obra, faz referência à esponja, que era usada até para explicar fenômenos de solubilidade de gás em água. No caso de calor e de temperatura, pode-se falar que o termo energia pode ser empregado de tal forma que seja um termo vazio de significado, bem como o próprio termo calor. No entanto, os próprios termos usados em física, capacidade térmica e calor específico ou latente, podem também ser considerados obstáculos verbais, pois decorrem de uma visão substancialista (RIBEIRO, 2004).

### **1.2.4. Conhecimento geral**

Embora a generalização tenha a sua importância no conhecimento científico, Bachelard traz aspectos de mau uso da mesma, e alerta que a generalidade desloca a atenção e ofusca os detalhes, o particular dos fenômenos, ou seja, ela “imobiliza o pensamento” (1996, p.74). Em casos mais extremos, ele exemplifica com a coagulação e com a fermentação, que foram usadas para explicar diversos fenômenos. No que diz respeito aos conceitos de calor e de temperatura. Ribeiro (2004, p. 41) aponta as seguintes respostas dos estudantes como decorrentes desse obstáculo: “1. Todo corpo ao trocar calor varia de temperatura. 2. Durante a mudança de estado físico o corpo nunca troca de energia.” Isso implica que durante a mudança de fase não haveria calor envolvido.

### **1.2.5. Animista**

Dado o fato da valorização da vida , muitos fenômenos foram analisados à luz de características de seres vivos, tais como a reprodução, ou seja, atribui-se características de seres vivos a substâncias e objetos inanimados. Principalmente no caso da multiplicação de entes, Ribeiro (2004) aponta que vários estudantes interpretam fenômenos térmicos considerando que as moléculas se multiplicam quando estão sob aquecimento, justificando a dilatação, por exemplo.

### **1.2.6. Realista**

O realismo, a atribuição de uma realidade imediata, diretamente acessível, torna-se um obstáculo, segundo Bachelard, pela valorização demasiada por parte do sujeito acerca da matéria e suas qualidades. O autor aponta que o realismo pode ser considerado um pressuposto filosófico trazido por muitos de modo inato e é nele que o substancialismo ganha forma. Para Ribeiro, os estudantes supervalorizam objetos e o tato e, ao atribuírem qualidades macroscópicas a entes microscópicos, estão atribuindo realidade a estes últimos, não entendendo o processo de modelização.

## **1.3. Obstáculos ontológicos**

Amaral e Moreira (2001) expõem as ideias de Chi (1992) e extraem possíveis obstáculos ontológicos para o aprendizado dos conceitos de calor e temperatura. Das três categorias bases desta autora (matéria, evento e abstração) (1992 *apud* AMARAL; MOREIRA, 2001; 2008), aqueles autores discutem que entender calor como matéria é atribuir características como volume e massa a ele e, também, que pode ser armazenado. No entanto, considerá-lo como evento, seria dizer que é algo que tem começo e fim e não pode ser armazenado (CHI, 2008). Segundo Amaral e Moreira (2001) citando Chi (1992), as características acima dizem respeito à realidade intrínseca, pois nenhum processo físico consegue transformar um evento em uma matéria. Haveria ainda uma realidade psicológica acerca dessas três categorias. O interessante aqui é salientar que se o estudante não consegue se desvincular e mudar de uma visão material de calor para raciocinar e atribuir realidade a calor como um evento, tem-se um obstáculo.

#### **1.4. Obstáculos didáticos**

Para Astolfi, uma Transposição Didática inadequada pode gerar obstáculos de aprendizagem. Neste caso, sem uma devida explicação das características moleculares das substâncias, dificilmente os estudantes conseguirão recorrer aos conceitos de calor e de temperatura para explicar fenômenos fazendo uso da concepção microscópica desses conceitos. Isso seria um exemplo em que durante a Transposição Didática os modelos teóricos (molecular, gases e estrutura cristalina) são deixados de lado. Portanto, entendemos que a falta de modelização se torna um obstáculo didático que precisa ser superado. Outro ponto, o descuido com a origem e o papel conceitual dos termos *capacidade térmica*, *calor específico*, *fluxo/troca de calor* e *energia* pode levar à confusão e até mesmo a fortalecer outros obstáculos.

## **2. A Sequência Didática**

Partindo dos obstáculos levantados anteriormente, o professor elaborou cerca de 8 horas-aula prevendo que alguns desses obstáculos fossem se mostrar ao longo da sequência didática; nas últimas 2 horas-aula não houve o tratamento dos obstáculos. No entanto, como a identificação das representações dos estudantes e dos obstáculos de aprendizagem se dá ao longo do diálogo didático, o professor precisou reorganizar as atividades previstas. Tendo em vista a análise e o objetivo deste artigo, julgamos importante fazer um panorama geral da sequência didática no Quadro 1.

## QUADRO 1 - PROPOSTA PARA TRABALHAR OS OBSTÁCULOS NAS AULAS

A	Principal Objetivo-Obstáculo	Manifestação dos obstáculos
	<b>Identificação:</b> Experiência primeira e substancial	Há corpos naturalmente quentes e frios.
	<b>Fissuração:</b> Experiência primeira <b>Identificação do obstáculo:</b> substancialismo	O tato mede temperatura; calor nos materiais.
	<b>Fissuração:</b> Substancialismo	Há calor nos materiais; tempo como medida do calor.
	<b>Superação (parte da etapa):</b> Substancialismo experiência	Há calor nos materiais; calor primordially concreta; calor
	<b>Identificação e Fissuração:</b> Obstáculos ontológicos	temperatura como sinônimos
	<b>Fissuração e Superação:</b> Substancialismo	Ausência da visão microscópica
	<b>Identificação e Fissuração:</b> Experiência primeira	fenômeno e de modelos
	<b>Superação:</b> Obstáculos ontológicos e didáticos	adequada;
	<b>Fissuração e superação:</b> Experiência primeira.	

Na primeira aula o professor aplicou um questionário com a finalidade de identificar obstáculos por meio das representações dos estudantes sobre os conceitos de calor e temperatura, ou seja, as representações são manifestações dos obstáculos presentes no pensamento. Tendo ainda a identificação dos obstáculos como meta, o professor realizou uma atividade experimental em que um estudante vendado receberia diversos materiais e usaria o tato para dizer se estes materiais eram quentes ou frios, enquanto os demais estudantes acusariam pelo reconhecimento visual.

Na aula seguinte, com o intuito de provocar um conflito sociocognitivo e fissurar o obstáculo da experiência primeira, seria realizada uma atividade experimental em que os estudantes mergulhariam a mão em recipientes com água a diferentes temperaturas, visando que eles acusassem diferentes sensações para a água morna, quando contrastada com a água presente nos outros recipientes. Também nesta segunda aula, utilizariam termômetros para identificar a temperatura da água nos recipientes e, também, dos objetos usados na primeira aula. O uso do termômetro tinha como finalidade ajudar a construir o conceito de temperatura e manifestar o obstáculo substancialista.

Para modelizar as características físicas do vapor, o professor faria uso de um outro experimento, um tubo de vidro em que há um pistão acoplado a um motor que agita verticalmente pequenas bolinhas de isopor, representando as moléculas do vapor da água. Partindo desses experimentos, o professor teria como meta utilizar os conceitos de energia de ligação e energia cinética para conceituar temperatura e calor e, conseqüentemente, explicaria a manutenção da temperatura da água fervente. Nesta aula, o professor almejava iniciar o processo de superação dos obstáculos substancialista e da experiência primeira, uma vez que começaria a construção de um novo modelo representacional, e que também envolve superar obstáculos didáticos.

Dando continuidade ao processo de fissuração e superação dos obstáculos substancialistas, da experiência primeira, do pensamento realista, ontológicos e didáticos, o professor utilizaria mais uma experiência aparentemente “surpreendente”: a panela de papel. A queima ou não do papel (quando há água na caixa) tinha como meta que os estudantes usassem os novos conceitos trabalhados, entender o fenômeno partindo das moléculas do papel e como calor e temperatura aparecem no processo. O experimento escolhido daria continuidade ao processo de fissuração, principalmente, do obstáculo da experiência primeira por meio de um conflito sociocognitivo.

Na última aula de aplicação do projeto era esperada a superação dos obstáculos, em que seria realizado o experimento “cascata de tachinhas”<sup>3</sup> e mais outro para comparar a condutividade da madeira e do metal. Portanto, a aula focaria no uso do novo modelo explicativo, mas em uma situação diferente das anteriores.

### **3. Categorias de análise**

Como o objetivo da sequência didática aplicada pelo professor é a superação dos obstáculos, partimos do pressuposto de que, se as etapas foram bem executadas, o processo de superação seria favorecido. A partir dessa premissa adotamos como categorias de análise as três principais etapas de Astolfi do processo didático: a Identificação, a Fissuração e a

---

<sup>3</sup> Este aparato consiste em um fio de cobre (comprimento de 10 cm e diâmetro de 2 mm) com várias tachinhas (percevejos), ao longo do seu comprimento, afixadas com parafina. Uma chama aquece somente uma das pontas do fio e, conseqüentemente, a parafina derrete e as tachinhas caem, assemelhando-se a uma cascata.

## TENTATIVA DE SUPERAR OBSTÁCULOS DE APRENDIZAGEM

Superação dos obstáculos. Como já as detalhamos na primeira seção deste artigo, segue no Quadro 2 a manifestação de cada uma delas na aplicação da sequência didática. Não faremos análise do processo de automatização do novo modelo explicativo visto que o professor interrompeu seu contato com os estudantes, e não houve maneira de identificar até que ponto os conceitos construídos passaram a ser usados pelo estudante como ferramentas automáticas nas mais variadas situações.

**QUADRO 2 - CATEGORIAS DE ANÁLISE**

<b>Categoria de análise</b>	<b>Manifestação da categoria nas ações do professor</b>
Processo de Identificação do obstáculo	<p>Estimular a tomada de consciência dos estudantes de seu próprio funcionamento intelectual.</p> <p>Provocar a explicitação de diversas representações sobre o assunto</p> <p>Promover atividades de registro por parte do estudante como desenho e escrita.</p> <p>Realizar atividades para que os estudantes apontem os obstáculos epistemológicos em seus discursos ou em textos.</p>
Processo de Fissuração do obstáculo	<p>Provocar uma desestabilização das diversas representações dos estudantes levantadas previamente.</p> <p>Criar situações de conflito sociocognitivo.</p> <p>Promover a convergência de opiniões por meio de debate.</p>
Processo de Superação do obstáculo	<p>Construir um novo modelo explicativo com os estudantes.</p> <p>Utilizar desse modelo para sanar as dúvidas anteriores.</p> <p>Realizar atividades e exercícios visando a apropriação da simbologia envolvida.</p> <p>Estimular previsões de fenômenos usando essa nova forma de pensar.</p>

#### **4. Análise das aulas**

##### **4.1. Aula 01**

No início, pela sua pesquisa, o professor esclareceu aos alunos os objetivos do projeto e aplicou um questionário para eles com o intuito de sondar obstáculos com relação ao conteúdo que seria trabalhado. Em seguida, promoveu a realização de uma atividade experimental em que um estudante vendado recebeu materiais como uma barra de metal, um tecido, um pedaço de madeira e um de plástico e precisava acusar se o material era quente ou frio. Antes de entregar cada objeto ao estudante vendado, o professor pedia que os demais colegas escrevessem em um papel suas expectativas. Assim que haviam anotado suas respostas, o estudante vendado dava seu parecer. Nesse momento, o professor então perguntou se os colegas haviam escrito o mesmo, o que não ocorreu. Por exemplo, quando discutindo sobre o pedaço de metal: uma estudante acusou que ele era quente, enquanto outro disse que era um material frio, tal como a resposta dada pelo estudante vendado.

Assim que o docente pergunta aos estudantes suas expectativas e contrasta-as com as do estudante vendado, estabelece uma situação em que eles passam a perceber as diversas representações, por exemplo: alguém palpitou que o metal era “quente”, e o tato do estudante informou “frio”. Essa situação teria sido mais favorável à tomada de consciência dos estudantes sobre sua forma de pensar se o professor tivesse questionado sobre o que os teria levado a afirmar tal efeito.

Houve, portanto, a realização parcial do processo de Identificação do Obstáculo da experiência primeira e preparação para um posterior conflito sociocognitivo. No entanto, não houve ainda nesse diálogo qualquer menção explícita sobre o obstáculo em si para os estudantes, ou seja, eles não foram estimulados a tomar consciência dos obstáculos presentes no seu processo intelectual. A expectativa que tínhamos era que isso fosse trabalhado na aula seguinte, mas também não ocorreu. Apesar de haver o registro das representações de cada um e comparação com os demais, não foi feito registro mencionando a forma de pensar ou os motivos que os levaram a expor tal ideia.

Esse processo de tentativa de estabelecer um ambiente de conflito sociocognitivo entre os estudantes, de acordo com nossas inferências anteriores, precisa ser feito com muita cautela, já que é preciso diferenciar as representações de seus obstáculos. O foco do referencial assumido é a superação de obstáculos, não de representações. Isso seria levado em conta pelo professor nas próximas aulas em que se buscava a fissuração do obstáculo?

### **4.2. Aula 02**

Ao retomar a discussão levantada na primeira aula, o professor questiona os quais seriam os motivos que resultaram nas diferentes respostas do experimento, expondo alguns casos específicos, e focando no caso do tecido e na água líquida. Partindo do questionário aplicado, havia uma pergunta se a água líquida seria quente, morna ou fria, e que gerou bastante controvérsia. Os estudantes encontram dificuldades para entrar em consenso, uma estudante aponta que: “ela pode ser morna ou fria [o professor questiona como isso seria possível] (...) depende do ambiente (...) se ela for colocada na geladeira, fica fria e, no fogão, fica quente”, mas o professor não consegue avançar na discussão coletiva sobre esse fenômeno.

Logo no início notamos que a explicação dessa estudante pode remeter ao obstáculo da experiência primeira e até mesmo obstáculo verbal, pela resposta acabada em si ao usar os

termos geladeira e fogão. Esse momento, em que a estudante expõe a “origem” de sua resposta seria ótimo para estabelecer na sala a tomada de consciência sobre a forma de pensar de cada um e que o professor chamasse atenção para os obstáculos presentes nas suas linhas de raciocínio. No entanto, isso não ocorreu, houve mudança de foco: ele pergunta se o pano seria quente ou frio. Diante das diversas opiniões, a maioria afirma que é quente e um estudante afirma que “o pano isola”. Diante do questionário eram previstas essas respostas e o professor, nesse momento, busca causar um conflito cognitivo usando um experimento.

Ao colocar um pedaço de gelo na mão de uma estudante, o professor questiona o que está acontecendo e o que ocorrerá quando embrulhar o gelo com o pano, cuja resposta mais saliente durante essa atividade é de outra estudante que afirma que “o calor da mão derrete o gelo” e que com o pano isso não estava ocorrendo. Após a confirmação da resposta por parte do professor de que o pano é isolante, ele parte para uma atividade prevista para fissurar o obstáculo da experiência primeira. Antes de analisarmos a próxima parte da aula, é importante salientar que o professor tinha como meta gerar um conflito cognitivo, mas pelo diálogo podemos notar que não ocorreu isso, há omissão de resposta por parte dos estudantes e muitos aceitaram sem restrição atribuir ao pano o caráter de isolante. Além disso, ao simplesmente confirmar que o pano era isolante, sem qualquer problematização ou tentativa de esclarecimento do significado físico desse termo, o professor reforça o obstáculo verbal e o da experiência primeira.

Para realizar o principal experimento, o professor entrega para quatro equipes três copos plásticos, cada um marcado com uma letra (A, B e C). No copo (A) é colocada água líquida com gelo, no segundo água líquida (B) e no terceiro é colocado água aquecida (C). O professor pergunta para eles qual dos copos tem água fria, morna e quente, eles devem usar os dedos para medir essa sensação. Em seguida, entrega um questionário para que as anotações sejam feitas.

Logo a seguir, é solicitado aos estudantes que mergulhem a mão nas águas dos copos A e C e, depois, mergulhem-na na água em B, os resultados são anotados e discutidos. Percebe-se que o professor estimula a tomada de consciência dos estudantes com o auxílio da atividade proposta, questionando os alunos durante o procedimento.

Professor: - coloquem o dedo no copo A, na água do copo A, e depois coloquem no copo B. Fizeram isso? Quando vocês colocam a mão no copo B, o que vocês sentem?

Estudante: - quente. (resposta mais evidente)

## TENTATIVA DE SUPERAR OBSTÁCULOS DE APRENDIZAGEM

P.: - agora vamos fazer ao contrário. Coloque a mão no copo C e depois no copo B.

E.: - está mais fria (resposta mais evidente)

P.: - Prestem atenção no que vocês estão falando. Antes vocês me disseram que a água do copo B estava quente e agora ela está fria. O que tem de diferente no copo C e no copo A?

E.: - Uma quente e outra é fria. (...)

P.: -A água no copo B pode ser morna, quente e fria ao mesmo tempo?

A partir desse questionamento há confusão nas respostas dos alunos, alguns concordam com a afirmativa do professor, outros não apresentam uma explicação clara. Diante disso, ele questiona se o tato está medindo a temperatura da água do recipiente B, ao que uma estudante diz que não e outros confirmam aparentando pouca confiança. O professor então pergunta o que seria/provocaria essa sensação, mas não há avanço no diálogo e alguns estudantes voltam a falar no tato medir a temperatura (que confirma a presença do obstáculo de experiência primeira), seguida novamente da ênfase do professor no “problema” da água do copo B estar quente, morna e fria ao mesmo tempo.

Quanto ao fato de a palavra temperatura aparecer frequentemente no diálogo e, aparentemente para resolver a situação, o professor entrega aos alunos termômetros, na tentativa de promover a fissuração do obstáculo ao conflitar com a representação do tato como “instrumento” de medida da temperatura, pedindo que meçam a temperatura de cada água e anotem os resultados. O professor coloca os valores médios de cada recipiente no quadro. Nesse momento, ele pergunta novamente sobre o tato (o que o dedo havia acusado) e um estudante aponta que nosso tato acusa uma sensação térmica.

Considerando isso, o professor lembra novamente da pergunta do que seria a sensação térmica e o que o nosso corpo mediria. Nesse momento um estudante responde “troca de calor”. Mas quando o professor questiona os colegas, ninguém tenta ajudar e explicar melhor o que seria isso. Dada a aparente falta de resposta, o professor insiste e usa os copos de uma equipe de estudantes, refazendo a pergunta em uma situação pontual: o que acontece quando retiro o dedo desta água em C e coloco em B? Cujas respostas foram novamente que tem a troca de calor. Ao longo do diálogo os alunos chegam à conclusão de que a sensação de quente ocorre quando o calor entra no dedo, e a de frio quando o calor sai do dedo e que isso vai depender da temperatura do dedo e da água, de qual terá a maior temperatura.

Podemos observar que o professor conseguiu promover o processo de Fissuração do Obstáculo da experiência primeira, com a desestabilização das explicações de alguns estudantes e com a convergência do discurso da turma durante a discussão, surgindo uma nova maneira de explicar o fenômeno (o tato acusa uma “sensação térmica” ao invés de temperatura). No entanto, deve-se ressaltar, que o diálogo fica centrado no professor, ou seja, pouco há explicitação dos estudantes da sua própria maneira de pensar. Por mais que o fato da água do copo B estar “quente, morna e fria ao mesmo tempo” tenha gerado dúvidas e confusão, não quer dizer que os estudantes estavam refletindo sobre sua atitude experimental. Nesse sentido, a evidente pressa do professor em dar continuidade às atividades, centralizando o diálogo em si, foi desfavorável ao processo de Identificação do obstáculo da experiência primeira . (ver Quadro 2).

### **4.3. Aula 03**

No início da aula o professor tentou lembrar o que havia sido feito na aula anterior, perguntando aos estudantes e tentando partir deles. Tentou discutir também – baseado na atividade experimental anterior – sobre o equilíbrio térmico e a troca de calor entre a pele e a água, enquanto há diferença de temperatura.

Nesta terceira aula (uma semana depois), a atividade experimental envolve aquecer água de 20 °C até 100 °C; foram usados fundos de latinha tanto como caldeira quanto como fogareiro, onde havia estopa embebida de álcool. Houve uma breve discussão sobre como aquecer a água e a necessidade da chama como fonte de calor. A atividade demorou devido ao tempo de entrega ao material, na organização da sala e ao próprio experimento. O professor entregou termômetro e pediu que os estudantes anotassem a cada 10 °C o tempo total de fornecimento de calor pela chama. Ao mesmo tempo, questionou o que deveria ocorrer então quando o termômetro acusasse 100 °C, mas não houve argumentos claros ou qualquer diálogo e o professor apenas perguntou se o termômetro iria explodir; sem resposta. Durante esse procedimento, percebe-se a grande movimentação dos alunos e necessidade do professor chamar a atenção destes. Portanto, não houve neste momento a tomada de consciência dos estudantes sobre o obstáculo substancialista, apesar dos indicativos.

Assim que chegava até os 100 °C (ou próximo a isso) e, não havia mudança na temperatura, ia perguntando às equipes se havia mudança ou não de temperatura e questionava se achavam isso normal ou não; em uma equipe houve a troca de termômetro para ver se ele estava funcionando. Devido ao tempo de atividade, a aula acabou e não houve

avanço na discussão, que o professor indicou que a explicação ficaria para a próxima aula. Somente uma equipe apontou que quando a 70 °C a água começou a evaporar bastante.

Para duas equipes que terminaram mais cedo, o professor pediu que testassem misturar a água que estava a 80 °C com um pouco de água a 20 °C (medido pelos estudantes). Perguntou o que esperavam que acontecesse se a água misturada somaria a temperatura. Note que essa representação pode ser manifestação do obstáculo substancialista, que o calor está nos corpos e, portanto, misturando-os, soma o calor. Pelo experimento houve a visualização da diminuição. No entanto, não houve discussão detalhada. Se a intenção era provocar um conflito sociocognitivo e fissurar o obstáculo substancialista, houve falha didática em vários momentos propícios nesta aula. Esta aula visava a etapa de superação do obstáculo da experiência primeira e do substancialismo, ao começar a elaborar um novo modelo explicativo. Novamente, a pressa para que concluíssem as atividades e anotassem os resultados, demonstra a falta de cuidado do professor com a explicitação da forma de pensar dos estudantes. Não foi feito uso de nenhum outro instrumento didático além das atividades experimentais, nessa aula. As aulas, portanto, carecem de outras formas de registrar, comparar ou analisar os diferentes modos de pensar sobre os fenômenos (ver Quadro 2).

#### **4.4. Aula 04**

Novamente a aula começa com uma revisão da anterior. Os estudantes falaram que o fogo foi usado para aquecer a água, e vários usavam a expressão “aumentar a temperatura”, e quando o professor comentava que o calor provocou o aumento de temperatura, um estudante alertou que “até um certo ponto”. O professor então usa essa afirmação para concluir junto aos estudantes que calor e temperatura não são a mesma coisa, pois o fornecimento foi mantido, mas a temperatura não mudava mais; mantinha-se perto de 100 °C. É importante ressaltar que durante esse diálogo houve a convergência dos estudantes e do professor sobre um ponto, que faz parte da etapa de Fissuração e inicia o processo de Superação. Podemos notar nesse momento como um novo modelo explicativo é necessário, pois não há qualquer tipo de reação no diálogo após essa constatação: que há diferença entre calor e temperatura. Depois, o professor pergunta aos estudantes quanto de tempo cada equipe demorou até que a água atingisse 100 °C e sobre quais razões teriam levado a essa diferença, ao que os estudantes responderam a quantidade de água, a quantidade de calor e a altura da chama em relação à caldeira. Com isso o professor esboça as variáveis no quadro da equação

fundamental da calorimetria, dizendo que a matemática será trabalhada posteriormente. A maneira muito rápida com que trabalhou os signos e a falta de esclarecimento quanto à relação algébrica nesta aula podem ter sido falhas, pois fariam parte da superação do obstáculo.

Tendo em busca construir os conceitos de calor e temperatura em uma visão microscópica, o professor chama atenção para o fato de não haver mudança na temperatura enquanto havia o aquecimento, mas lembra então que estava acontecendo algo durante os 100 °C, ao que um estudante disse que a água estava se transformando em gás. Após isso, pediu que desenhassem como as moléculas de água se comportariam quando no estado líquido e vapor, ao que os estudantes acusaram não saber como fazer isso, e o professor pediu que as moléculas fossem desenhadas como bolinhas. Como um estudante começou a falar em agitação das moléculas, o professor avisou a turma que se eles achassem que elas faziam alguma ação, que escrevessem junto ao desenho ou indicassem por asteriscos, setas ou aspas.

É interessante salientar que houve um momento em que o obstáculo animista se mostrou presente no diálogo entre o professor e um estudante, que disse que ia aumentando a quantidade de moléculas durante o processo. Quando questionado “de uma [molécula] sai duas?”, o estudante mostra um pouco de resistência e fala - buscando confirmação - que elas vão se separando. Houve bastante dificuldade dos estudantes nesta atividade, como no depoimento: “não consigo imaginar”. Ao menos, isso permite ao professor identificar a dificuldade de alguns em raciocinar algo que para eles é concreto fazendo uso de algo abstrato (moléculas e bolinhas). Isso pode ser encarado como a existência do obstáculo ontológico e da falta de modelização no ensino, um obstáculo didático.

Partindo da representação dos estudantes, o professor estabelece um diálogo mais intenso sobre a diferença entre líquido e vapor quando faz uso de um modelo (maquete) das moléculas de um sólido (bolas de isopor presas por molas entre si e a um quadro). Questiona, lembrando o experimento da aula anterior: o que ocorre com as moléculas de água para que haja a transformação da água líquida em vapor? Um estudante fala que as moléculas precisam se mexer e separar, quando tiverem bastante movimento e energia, mas ele, depois de interagir com o modelo das moléculas, responde: “quebrar a conexão entre elas”. Quando o professor pergunta o que deveria ser feito para romper a tal ligação, o mesmo estudante responde: “aumentar a temperatura, calor”; o professor não escuta e continua: “tem que fornecer uma coisa”; outro estudante fala “energia, no caso”. O professor começa a falar que existe uma energia responsável para manter as moléculas presas, nisso ele para o raciocínio e

faz uma analogia com o sistema Terra-Lua. A analogia usada pelo professor é que a força gravitacional está associada a uma energia potencial gravitacional e, como no sistema massa-mola há uma força relacionada à ligação, poderíamos dizer que há uma energia potencial relacionada, que ele chama de potencial elétrica.

Para Astolfi e Peterfalve (1997) usar analogia é positivo desde que feita a devida associação entre os conceitos que se quer construir e aqueles análogos. Assim, a ação didática acima pode ter promovido a internalização dos conceitos e do novo modelo explicativo, servindo como mecanismo de apropriação e construção de novos significados. No entanto, o perigo foi que a maquete já representava analogamente a interação entre moléculas, e o sistema Terra-Lua serviu mais como analogia do sistema massa-mola da maquete do que sobre as ligações eletrônicas entre as moléculas.

Dando continuidade, ele traz outro experimento: um tubo de vidro em que há um pistão, acoplado a um motor, que agita verticalmente pequenas bolinhas de isopor. Para demonstrar o comportamento das moléculas de um gás qualquer, os estudantes apontam que há agitação das moléculas e o professor diz que o vínculo entre as moléculas é muito pequeno. Ele usa isso para explicar o experimento de aquecimento e vaporização da água: começa lembrando que havia fornecimento de calor que aumentava a temperatura até certo ponto, questionando os estudantes para pensarem o que o calor fornecido estava fazendo com as moléculas da água. Os estudantes respondem que a energia cedida pelo calor estava agitando as moléculas e o professor pergunta se só ocorre isso e diz que minutos antes eles falaram de outra coisa. O professor tenta chamar atenção à transformação de água líquida em vapor e diz que durante esse momento a temperatura não está mudando. Um estudante diz que o calor está aquecendo a água, o professor pergunta o que seria isso pensando nas moléculas, ao que os estudantes respondem que seria o aumento da agitação. Concluindo, o professor afirmou que “a temperatura era a média da agitação das moléculas e que o calor, portanto, seria a quantidade de energia que é trocada podendo provocar o aumento da energia cinética das moléculas e o rompimento das ligações entre elas”.

Gostaríamos de lembrar que o professor promoveu a construção de um novo modelo explicativo e tentou utilizá-lo para sanar as dúvidas anteriores, os experimentos de certa forma foram atividades com o intuito de construir significados de termos e conceitos. Vale ressaltar o esforço do professor para que o modelo representacional das bolinhas (quadro com bolinhas acopladas por molas) auxiliasse no enfrentamento do problema em aberto, embora o processo

de abstração e idealização, ou seja, a construção do objeto-modelo de moléculas, não foi enfatizado para os estudantes. Não houve atividades em que o estudante estivesse sozinho, tampouco se realizaram previsões de fenômenos usando essa nova forma de pensar. Portanto, parte do processo da superação dos obstáculos foi realizada.

#### **4.5. Aula 05**

No início da aula, o professor pergunta se os estudantes lembram para quem serviu o modelo representacional das moléculas de um sólido, ao que alguns apontam que para indicar a agitação e a união das moléculas. Alguns estudantes ainda disseram que “a agitação” seria a diferença entre o líquido e o vapor. Diante disso o professor mostra os modelos (maquetes) ao que um estudante diz que a diferença é a “quebra da conexão entre as moléculas” para transformar líquido em vapor. Ao perguntar novamente sobre o que deveria acontecer com as moléculas de água durante a mudança de fase, os estudantes ficaram em silêncio, o que fez o professor retomar o que havia sido visto nos modelos de maquete do sólido e do gás. O diálogo com esses aparatos mantém-se por mais alguns minutos. O objetivo dessa revisão parece ter sido conceituar novamente temperatura e calor em uma visão microscópica da matéria.

Podemos notar que os estudantes ainda não estão usando esse “novo modelo explicativo” como ferramenta (automatização), o modelo microscópico da matéria ainda está sendo internalizado e precisa ainda ser trabalhado junto com o professor. Notamos pelo diálogo a instauração de parte do processo de Superação, já que o novo modelo é usado como alternativa conceitual para explicar a evaporação e o aquecimento da água.

Outra atividade experimental foi realizada, demonstrativamente, cujo aparato é semelhante ao do experimento da aula 3, mas agora consiste em aquecer água por meio de uma caldeira de papel. Foi dito que o objetivo era tentar explicar o fenômeno à luz do que foi discutido. O que a nosso ver se mostra como uma das etapas do processo de Superação, pois envolve a previsão de outro fenômeno usando essa nova forma de pensar. Lembrando que os obstáculos enfocados pelo professor nesta aula são o da experiência primeira, do substancialismo, ontológicos e didáticos.

Neste momento, o professor começa a trabalhar no novo experimento. Retira um papel e pede que os estudantes tentem entender o que vai ocorrer à luz dos dois conceitos recém-trabalhados. Retira um palito de uma caixa de fósforos, acende-o e coloca a chama tocando o

## TENTATIVA DE SUPERAR OBSTÁCULOS DE APRENDIZAGEM

papel, que queima. O professor tenta chamar atenção para o fenômeno. Um estudante começa a falar que o fogo “aquece o papel”, o professor questiona qual o significado disso e dois estudantes dizem “aumentar a energia cinética”, o professor continua e pergunta que isso vai continuar até ocorrer, o quê? Os mesmos dois estudantes falam que houve o rompimento das ligações das moléculas e o papel começou a pegar fogo. O professor afirma que, para o material entrar em combustão, ele precisa atingir certa temperatura “de combustão”.

Ele pega uma caixinha com o mesmo tipo de papel, enche-a de água, acende uma vela e coloca-a por baixo da caixa. Um estudante já acusa que não está queimando a caixa. Uma estudante afirmou que a água não está deixando o papel atingir a temperatura para queimar; o professor não escutou por duas vezes. Na terceira vez que ela falou ele pediu que repetisse, mas a estudante não quis mais. Dois estudantes estavam discutindo entre si sobre o que havia acontecido, enquanto um estava dizendo que o papel estava superaquecendo a água e o outro disse que o papel estava conduzindo a energia para a água; o professor interrompe para expor essa ideia para a turma. O efeito inesperado do experimento permitiu criar uma situação de conflito sociocognitivo, e fissurar obstáculo do substancialismo e ontológico, como o pensamento que calor tem atributos de matéria: o “superaquecimento” na resposta de um estudante indica que ele estava provavelmente pensando calor como matéria que deveria estar sendo acumulada no papel. Estabelece-se um diálogo, fazendo uso da temperatura de ignição do papel, sobre a importância da água no fenômeno e o professor pergunta quanto tempo demoraria para que o papel pegasse fogo, um estudante respondeu que “até a água evaporar”. A discussão se volta sobre a condutividade do papel e da latinha usada no experimento da aula anterior.

Neste momento o professor fez um experimento mental, pensando em um sólido que atravessasse a sala para falar que, pela ligação entre as moléculas, a energia cinética seria transmitida e cedida de molécula em molécula, instante em que uma estudante fala que haveria diferença de temperatura nessa situação. A partir disso, o professor questionou caso fosse o ar. Os estudantes afirmam que a ligação entre as moléculas é muito baixa e o professor usa isso para falar então da baixa condutividade de calor pelo ar. O docente também trouxe dois modelos de estruturas cristalinas (utilizando bolinhas de isopor e palitos), um era *cúbico centrado* e o outro de *face centrada*, e trabalhou em cima dessas estruturas para justificar a condutividade dos materiais segundo a quantidade de moléculas/átomos ligados entre si.

Essa aula evidentemente teve como foco trazer novas situações para aplicar o novo modelo explicativo. Notamos como os aspectos da etapa de Superação foram realizados nesta aula (apesar de que ainda com bastante participação do professor): a construção de um novo modelo explicativo; a utilização desse modelo para sanar as dúvidas anteriores; o estímulo a previsões de fenômenos usando essa nova forma de pensar. No entanto, notamos que não houve tratamento adequado no que diz respeito à realização de atividades e exercícios visando à apropriação da simbologia envolvida. A fissuração do obstáculo substancialista não parece ter ocorrido com o experimento da queima (ou não) do papel, pois a identificação desse obstáculo não fora feita antes do experimento “surpreendente”: não parece ter havido a tomada de consciência dos estudantes do pensamento substancialista e as diferentes representações sobre o fenômeno não ficaram evidentes. Portanto, não se estabeleceu um conflito sociocognitivo; lembramo-nos do estudante que disse que o papel estava “superaquecido” e como isso não foi trabalhado na turma.

#### **4.6. Aula 06**

Dando continuidade à aula anterior, o professor revisa o ocorrido no fenômeno com ajuda de uma estudante. Ele traz como novidade uma análise à relação entre oxigênio, agitação das moléculas, reação química e energia de ativação. Continuando no fenômeno principal do experimento e desenhando no quadro, um estudante questiona sobre o fato de ter ar em baixo do papel; que havia ficado em dúvida. O professor utiliza o desenho para analisar o fenômeno parte por parte, desde o acendimento da chama e analisando a interação entre as moléculas. Durante o diálogo um estudante aponta que o papel conduz o calor para a água, que foi um conceito construído na aula anterior.

Baseando-se na aula anterior, sobre o material condutor, o professor trouxe outro experimento: a “cascata de tachinhas”. O professor pede que alguém anote o tempo e afirma que as tachinhas vão cair todas juntas, o que os estudantes negaram. No diálogo estabelecido, para responder sobre o que mudaria o tempo marcado, uma estudante disse calor, e outra disse temperatura; o professor tenta diferenciar e justificar porque esses dois conceitos podem ser aplicados ao caso. A relação feita pelos estudantes foi com a distância entre a chama e a tachinha. O professor extrapola isso para as faces do papel interagindo com a água, o ar e a chama da vela. Quando fala da condutividade do ar, não há esclarecimento evidente para os estudantes – apesar da aula anterior –, o que o fez dirigir a aula para fazer outro experimento.

## TENTATIVA DE SUPERAR OBSTÁCULOS DE APRENDIZAGEM

O experimento era segurar uma barra de metal e um pedaço de madeira juntos e encostar a ponta de ambos em água com gelo e também na chama. Primeiro foi usado na chama. Os estudantes foram acusando que o metal esquentou antes e disseram que ele é melhor condutor, o professor perguntou sobre o que aconteceria se eles encostassem esses dois materiais no gelo, mas não houve avanço no diálogo. As atividades experimentais demoraram bastante e consumiram bastante tempo da aula.

Através do diálogo entre professor e alunos, podemos observar que os alunos começavam a se apropriar da linguagem científica em questão e ainda passavam a elaborar seus modelos explicativos utilizando o novo conhecimento, buscando fazer previsões com esse novo modelo. A discussão sobre a condutividade do metal seria um ponto crucial para resolver os problemas levantados na primeira aula, sobre o que o tato estava medindo. Assim, esclarecer isso seria um ponto chave na Superação do obstáculo da experiência primeira e do substancialismo, pois o metal não seria mais frio, ele seria um bom condutor térmico devido ao arranjo iônico. Nesse sentido, a problematização inicial, provocada no primeiro encontro, não teve um fechamento e uma síntese adequada. Novamente o diálogo ficou centrado no professor, e sua pressa em terminar as atividades experimentais suprimiu os cuidados necessários para como os estudantes estavam compreendendo os fenômenos térmicos em uma visão microscópica.

Na sequência, a sétima aula foi apenas uma revisão para a prova que os alunos iriam fazer. Logo, o objetivo do professor nesta aula foi de apenas rediscutir alguns pontos com os estudantes e resolver exercícios. Em seguida a oitava aula foi de aplicação da avaliação pelo professor, a discussão dessas aulas não foi abordada neste artigo, pois entendemos que não traz aspectos relevantes.

### **Considerações Finais**

Elaborar e aplicar uma sequência didática com finalidade de superar obstáculos mostra-se um desafio, é uma prática que precisa ser amadurecida e constantemente revista pelo professor. Definitivamente, boa parte do desafio está no fato de que o pensamento científico passa a ser parte do conteúdo, sendo um dos pontos que mais diferencia esta prática em relação às sequências de conteúdo que normalmente encontramos nas escolas. Para Astolfi (1993; 1994), isso começa de imediato na elaboração da sequência didática, pelo processo de identificação do obstáculo.

Notamos que sobre esse processo, as dificuldades e falhas do professor se voltam em criar situações para a tomada de consciência dos estudantes de seu próprio funcionamento intelectual e para a identificação dos obstáculos epistemológicos em suas representações e falas. Os momentos propícios eram quase que totalmente dominados pelas falas do professor. Praticamente não existiram atividades ou discussões em que os estudantes tivessem que acusar sua forma de pensar. Optou-se por somente utilizar atividades de cunho experimental, carecendo de outras ferramentas didáticas, como a discussão de aspectos históricos da Física. Os trabalhos de Gomes (2012) e Gurgel e Pietrocola (2006) apresentam elementos históricos e epistemológicos sobre a Física Térmica que, em sala de aula, o professor poderia utilizar para enriquecer a identificação de obstáculos epistemológicos com os estudantes.

Se a proposta era superar a experiência primeira, o professor não conseguiu gerar situações claras de que uma nova atitude empírica (reflexiva e problematizadora) estava sendo construída. De modo geral, faltou clareza na problematização dos fenômenos, pois houve frequente pressa para realizar as atividades mesmo sem que os estudantes soubessem como e por que, e quase nada se nota de discussão sobre a abstração e idealização dos fenômenos (modelização).

As tentativas de configurar situações de conflito sociocognitivo mostraram-se pontos extremos, pois o professor em alguns momentos fazia bom uso dos resultados experimentais e da discussão para tentar convergir as ideias dos estudantes, mas em outros (como no caso da “panela de papel”) não houve preparação adequada.

Facilmente podemos apontar que o professor estava dando ênfase e cuidado para que os estudantes construíssem um novo modelo explicativo e que ele fosse usado para explicar os problemas em aberto e os experimentos cujos resultados ficaram confusos ou duvidosos por parte dos estudantes. Podemos dizer que as discussões sobre os experimentos foram uma maneira de construir os conceitos e internalizá-los, o desenho se mostrou uma atividade interessante como meio de apropriação tanto do modelo quanto da simbologia, mas nenhuma outra atividade foi feita para associar símbolos algébricos a esses conceitos do modelo.

Durante o processo de Superação dos obstáculos, o professor construiu situações (diálogos e experimentos) como maneira de os estudantes exercitarem o uso do novo modelo explicativo e da nova forma de pensar. Porém, precisamos fazer uma ressalva, o estudante fazer uso de um modelo microscópico da matéria para explicar um fenômeno não é indicativo que ele esteja consciente dessa sua ação. Em outras palavras, o fato de o professor não ter explicitado a necessidade de construção do fenômeno – o uso intencional das representações

## TENTATIVA DE SUPERAR OBSTÁCULOS DE APRENDIZAGEM

para saber o que “perguntar para a natureza” – faz refletir se os estudantes realmente tiveram consciência da mudança de atitude experimental (BACHELARD, 1996).

Um dos riscos dessa prática é que o professor trabalhe em cima das representações e não nos obstáculos, ou seja, modifique as representações e não a atitude para com o saber. Agindo dessa forma, o risco é de que as representações dos estudantes mantenham-se mesmo após longos anos de escolaridade.

Usar somente de atividades experimentais, como neste caso, mostrou-se limitado para alcançar todas as etapas de superação de obstáculos. As aulas poderiam ter abordado história da ciência para discutir o pensamento substancialista (modelo do calórico, por exemplo). O professor também poderia ter utilizado outras ferramentas, como vídeos e imagens, contendo falas ou registros com representações equivocadas referentes aos fenômenos térmicos. Essas ações trariam maior clareza do que se pretende analisar, favorecendo a tomada de consciência dos estudantes sobre os obstáculos epistemológicos e potencializando os conflitos sociocognitivos.

O professor que pretende elaborar uma sequência didática em torno da superação de obstáculos de aprendizagem deve ter em mente que:

- as atividades experimentais, para promover a atitude experimental científica, necessitam de mais tempo de discussão tanto antes quanto depois da obtenção de resultados, possibilitando assim a problematização, a desestabilização de representações, os conflitos sociocognitivos e a construção de novos modelos explicativos;
- a identificação de obstáculos epistemológicos por parte dos estudantes pode ser potencializada com o uso de diversas atividades, como a análise de textos, notícias, vídeos e trabalhos que apresentem debates históricos envolvendo o fenômeno enfocado;
- o novo modelo explicativo deve ser utilizado para sanar as dúvidas e solucionar os problemas que tenham surgido e ficado em aberto durante as discussões nas aulas;
- o tempo para uma sequência didática, visando à superação de obstáculos, é maior do que costuma ser utilizado para abordar os fenômenos naturais. Neste

caso analisado, por exemplo, foram utilizadas 6 horas-aulas para abordar Calor e Temperatura conceitualmente.

## Referências

AMARAL, E. M. R; MORTIMER, E. F. Uma proposta de Perfil Conceitual para o conceito de calor. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. Vol. 1, n.3, p. 5-18, set., 2001.

ASTOLFI, J. P. El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*. V. 12, n.2, Barcelona/Valencia, 1994.

\_\_\_\_\_. *Los Obstáculos para El Aprendizaje de Conceptos en Ciencias: La forma de fraquearlos didácticamente*. In: PALÁCIOS, C.; ANSOLEAGA, D.; AJO, A. (Org.). Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias. Madrid, 1993.

ASTOLFI, J. P.; PETERFALVI, B. In. *ASTER* n° 25. Enseignants et élèves face aux obstacles. p. 193-216. Paris: INRP, 1997.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Tradução por Estela dos Santos Abreu. 1ª edição, 9ª reimpressão (2011). Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BROUSSEAU, G. *Obstacles épistémologiques, conflits socio-cognitifs et ingénierie didactique*. Montréal: 1986. Disponível em: <<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00516586/fr/>> Acessado em 07 de fev. de 2012.

\_\_\_\_\_. Les obstacles épistémologiques et la didactique des mathématiques. In BEDNARZ, N.; GARNIER, C. (Ed.), *Construction des savoirs, Obstacles et Conflits*. Montréal: CIRADE Les éditions Agence d'Arc inc, p. 41-63, 1989. Disponível em: <<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00516581/fr/>> Acessado em 07 de fev. de 2012.

\_\_\_\_\_. Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In: VOSNIADOU, S. (Ed.), *Handbook of research on conceptual change*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, p. 61-82, 2008. Disponível em: <[http://chilab.asu.edu/papers/Chi\\_conceptualchangechapter.pdf](http://chilab.asu.edu/papers/Chi_conceptualchangechapter.pdf)> Acesso: 02 de fev. 2012.

GOMES, Luciano Carvalhais. A ascensão e queda da teoria do calórico. *Caderno brasileiro de ensino de Física*. v. 29, n. 3. p. 1030-1073. Florianópolis, 2012.

GURGEL & PIETROCOLA. *Modelos e realidade: um estudo sobre as explicações acerca do calor no século XVIII*. In.: Atas do X EPEF. Londrina: 2006. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/x/atas/>>. Acesso: 01 de mar. 2012.

MORTIMER, Eduardo Fleury. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de Ciências*. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

ORANGE, C. Problématisation, savoir et apprentissages em sciences. In.: (Org.) FABRE, M.; VELLAS, E. *Situations de formation et problématisation*. P. 75-90. 1ª Ed. Bruxelas, Bélgica: De Boeck & Larcier, 2006.

PETERFALVI, B. L'identification d'obstacles par les élèves. *ASTER*. n° 24. Obstacles: travail didactique. p. 171-202. Paris: INRP, 1997.

\_\_\_\_\_. Problématisation et travail sur les obstacles en sciences. In.: (Org.) FABRE, M.; VELLAS, E. *Situations de formation et problématisation*. P. 97-106. 1ª Ed. Bruxelas, Bélgica:De Boeck & Larcier, 2006.

PFUETZENREITER, M. R.; CUSTÓDIO, J. F.; KOEPESEL, R. Análise de uma situação didática: a compreensão do processo saúde-doença. *Investigações em Ensino de Ciências – V8(2)*, pp. 165-184, 2003.

RIBEIRO, E. O. R. *Obstáculos Epistemológicos no Estudo do Calor*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemáticas. Universidade Federal do Pará. Belém: 2004.

RICARDO, E. *As Relações com os Saberes nas Situações Didáticas e os Obstáculos à Aprendizagem*. In: Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física, Curitiba, 2003.

SCHROEDER, E.; GIASSI, M. G.; MENESTRINA, T. C. *As concepções alternativas dos alunos como referencial para o planejamento de aulas de ciências: análise de uma experiência didática para o estudo dos répteis*. In: Atas do V ENPEC, n. 5, Bauru, 2005.

WESTPHAL, M.; PINHEIRO, T. C. O Objetivo Obstáculo segundo Astolfi: uma análise da formação prática do professor de ciências. *Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Rio de Janeiro, 2005.

**THIAGO FARIAS** é licenciado em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina (2009), mestre em Educação Científica e Tecnológica na mesma instituição (2013). Atua principalmente com os temas: atividades experimentais, ensino de Física e formação de professores. Bolsista do CNPq - Brasil.

**BRUNO DOS SANTOS SIMOES** é licenciado em Física pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (2010), mestre em Educação Científica e Tecnológica na Universidade Federal de Santa Catarina (2013). Atua principalmente com os temas: ensino de Física, afetividade, autoeficácia, Teoria da Atribuição e formação de professores.

**ELIZABETH CRISTINE ADAM TRINDADE** é licenciada em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina (2008), atualmente é mestranda do Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica na mesma instituição. Professora do ensino básico, dedicando-se a pesquisar temas como: atividades experimentais, afetividade, ensino de Física e formação de professores.

Recebido: 14 de abril de 2013

Revisado: 29 de agosto de 2013

Aceito: 03 de outubro de 2013