

Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Programa de Mestrado em Ensino de Ciências



ALEXANDRE GERALDO VIANA FARIA

**DENSIDADE X FORÇAS INTERMOLECULARES – UMA PROPOSTA DE
SUPERAÇÃO DE UM OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO**

Campo Grande - MS
2010

ALEXANDRE GERALDO VIANA FARIA

**DENSIDADE X FORÇAS INTERMOLECULARES – UMA PROPOSTA DE
SUPERÇÃO DE UM OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO.**

Dissertação de Mestrado apresentada à Banca Examinadora, como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino, área de concentração em Química da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação da Prof^a. Maria Celina Piazza Recena.

Campo Grande - MS
2010

ALEXANDRE GERALDO VIANA FARIA

**DENSIDADE X FORÇAS INTERMOLECULARES – UMA PROPOSTA DE
SUPERACÃO DE UM OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO.**

Dissertação de Mestrado apresentada à Banca Examinadora, como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino, área de concentração em Química da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação da Prof^a. Maria Celina Piazza Recena.

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dr^a Maria Celina Piazza Recena - UFMS

Prof^o Dr^o Dario Pires Xavier - UFMS

Prof^o Dr^o Marcelo Carbone Carneiro – Unesp

A memória de Jari da Costa Viana

AGRADECIMENTOS

Várias são as pessoas que colaboraram para a realização deste trabalho e a elas prestarei meus sinceros agradecimentos.

À professora Maria Celina Piazza Recena, orientadora deste trabalho de dissertação, pela sua generosidade, dedicação e confiança.

Ao professor Dario Pires Xavier, pelas incessantes e entusiasmadas palavras de incentivo.

Ao professor Marcelo Carbone Carneiro, pelas valiosas indicações apontadas através do olhar que somente a filosofia permite.

Aos alunos que participaram da pesquisa e aos que, mesmo não participando, nos inspiraram a desenvolvê-la.

Ao professor João Samper Del Horno que, por meio da Instituição de Ensino Latino Americano, permitiu o desenvolvimento e a aplicação da pesquisa.

Aos meus professores, por dividirem comigo seus conhecimentos.

À minha irmã Adriana Viana, por seu criterioso trabalho de revisão.

À professora Jaira Leite Viana, por ter sido a primeira pessoa a incentivar-me nos caminhos da ciência.

Aos meus filhos Ian e Isna, e à minha esposa Marta, por compreenderem e se resignarem com minha constante ausência.

*A ciência abre à força a estreita fresta através
da qual estamos acostumados a enxergar o espectro de possibilidades.
Richard Dawkins*

RESUMO

Utilizando os pressupostos da epistemologia de Gaston Bachelard, identificamos que a densidade é um obstáculo epistemológico do tipo verbalista que impede a compreensão dos conceitos científicos envolvidos na heterogeneidade do sistema água e óleo, e que, apenas mostrar aos estudantes esses conceitos, não é suficiente para compreendê-los. A abordagem dada a misturas, pelos livros didáticos, em muitos casos se mostra confusa, e isso pode ser um dos motivadores da incompreensão observada em nossa pesquisa. Com as contribuições pedagógicas de Jean Pierre Atolfi, desenvolvemos uma sequência didática que objetivou fragilizar e superar esse obstáculo, e estabelecer uma compreensão dos conceitos científicos envolvidos nas misturas entre líquidos. Nossa pesquisa desenvolveu-se qualitativamente com estudantes do 1º ano do ensino médio na cidade de Campo Grande-MS e caracterizou-se por ser exploratória e descritiva. Os dados coletados foram tratados por meio da técnica de análise de conteúdo, e nos mostrou a eficiência da sequência didática proposta, que passa a ser mais um mecanismo pedagógico disponível aos docentes.

Palavras-chave: Densidade. Obstáculo Epistemológico. Misturas.

ABSTRACT

Using Gaston Bachelard's epistemological assumptions we found that density is an epistemological obstacle type verbalistic which prevents the understanding of scientific concepts involved in the heterogeneity of the water and oil system, and that just showing these concepts to the students is not enough to understand them. The approach about mixtures given by the textbooks is confusing in many cases and this may be one reason for the misunderstanding observed in our study. With pedagogy contributions from Jean Pierre Astolfi, we developed a didactic sequence that aimed to weaken and overcome this obstacle, and to establish an understanding of scientific concepts involved in the mixing of liquids. We developed a qualitative research with students from the 1st year of high school in the city of Campo Grande-MS, characterized for being exploratory and descriptive. The collected data were processed using the technique of content analysis and showed the efficiency of the proposed teaching sequence, which becomes one more pedagogical mechanism for teachers.

Keywords: Density. Epistemological obstacle. Mixtures.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Conceito de densidade nos livros do Programa Nacional do Livro Didático de Química aprovado para o ensino médio – PNLEM/2007	34
Quadro 2 – Conceitos envolvidos no fenômeno da imiscibilidade nos livros do Programa Nacional do Livro Didático de Química aprovado para o ensino médio – PNLEM/2007	36
Figura 1 – Representação dos sistemas obtidos na experiência 2	48
Figura 2 – Resultado parcial da experiência 3	51
Quadro 3 – Critérios de classificação para as respostas dadas pelos alunos	57
Gráfico 1 – Frequência das respostas dos alunos por categorias de análise	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Conceitos científicos envolvidos no fenômeno da imiscibilidade do sistema água e óleo	15
2.1.1 Densidade – Aspectos físicos, químicos, cotidianos e educacionais	15
2.1.2 Polaridade das Substâncias: Aspectos Químicos e Educacionais	19
2.1.3 Misturas – Definições, Implicações com a Densidade e Aspectos Educacionais	21
2.2 Referenciais para a Identificação de Obstáculos e Estruturação da Proposta Didática	22
2.2.1 Para Identificação do Obstáculo	22
2.2.2 Características da abordagem do conceito de densidade nos livros didáticos selecionadas pelo Plano Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio(PNLEM/2007)	32
2.2.3 Abordagem dos livros didáticos selecionados pelo Plano Nacional do Livro Didático(PNLEM/2007), dada aos conceitos científicos envolvidos no fenômeno da imiscibilidade do sistema água e óleo	34
2.2.4 Para Estruturação da Proposta Pedagógica	36
3 OBJETIVOS	38
4 METODOLOGIA	39
5 RESULTADOS	41
5.1 Proposta de Superação de um Obstáculo Epistemológico relacionado à Interpretação do Sistema Água e Óleo	41
5.2 Relato da Aplicação da Proposta	50
5.3 Dados Colhidos Após a Aplicação da Proposta Didática	55
6 CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS	61
ANEXO	66
APÊNDICE	68

1 - INTRODUÇÃO

Em sala de aula é provável que algumas ideias equivocadas dos alunos sobre conceitos científicos, surjam sem que sejam percebidas pelo professor. Mas quando essas ideias continuamente aparecem temos a obrigação, como educadores, de tentar sanar esse equívoco utilizando para isso todos os recursos disponíveis. Um conceito científico interpretado de maneira equivocada pode produzir dificuldades na aprendizagem de um aluno. Um equívoco que alunos, nos diferentes níveis da educação formal, manifestam recorrentemente é a impressão de que água e óleo são imiscíveis devido a diferenças em suas densidades. Nossa experiência de mais de quinze anos com o ensino de química mostrou-nos que essa interpretação não era esclarecida simplesmente apontando o erro, pois após algum tempo e até mesmo durante a explicação aceita cientificamente sobre o fenômeno, a ideia inicial persistia.

Durante a elaboração do trabalho de conclusão do curso de graduação em Química-Licenciatura (FARIA, 2006), foi possível sistematizar e quantificar essa dificuldade enfrentada pelos estudantes para compreender os conceitos relativos à densidade e forças intermoleculares envolvidos na interpretação da imiscibilidade de água e óleo. Em pesquisa realizada com 172 alunos do 1º ano do ensino médio de escolas particular e pública, verificamos que apenas dois desses, ou seja, 1,2% deles, responderam de maneira correta quais os motivos da imiscibilidade do sistema água e óleo; sendo que mais de 70% dos alunos pesquisados atribuíram o principal motivo à diferença de densidade.

Em um estudo sobre a evolução conceitual de estudantes na construção de modelos explicativos relativos ao conceito de solução e ao processo de dissolução (DO CARMO, MARTORANO, MARCONDES, 1999), foi constatado que é costume geral dos alunos associar a dissolução de substâncias em água à densidade dos materiais. A densidade das substâncias parece ser evocada em diversas situações para explicação de fenômenos.

A construção do conceito de densidade é de difícil compreensão, motivando diversas pesquisas na área educacional. Bazílio et al (2005, p.2)

desenvolveram pesquisa com alunos do primeiro ano do curso de farmácia e de mestrandos em química da Universidade Federal de Goiás, constatando que:

os alunos avaliados, embora tenham passado em um vestibular conceituado de um curso que figura entre um dos mais concorridos, apresentam, em sua maioria, grandes dificuldades na extrapolação do conceito de densidade”, e que “é preocupante que um aluno formado em Química não saiba definir e aplicar corretamente o conceito de densidade.

A explicação científica mais usada para o fato do sistema água e óleo não ser miscível é a que se refere à maior afinidade das moléculas da água entre si devido à polarização das moléculas – gerando polo negativo no oxigênio e positivo nos hidrogênios –, enquanto que nas moléculas de óleo apresentam caráter apolar. Isso faz com que as moléculas de água se atraiam e preferencialmente se agrupem, não interagindo com as moléculas de óleo. Uma explicação mais completa desse fenômeno faz uso de conceitos da termodinâmica e física estatística: óleo e água são imiscíveis porque nesse sistema a entropia é máxima se comparada com a do sistema óleo e água miscibilizados. Ou seja, a desordem desse sistema prevalece por ser maior do que a desordem do sistema água e óleo miscibilizados. Todo fenômeno natural espontâneo tende a atingir um estado estatisticamente mais provável – o estado de entropia máxima – de acordo com a segunda lei da termodinâmica.

No ensino médio, os conceitos da termodinâmica não são abordados com profundidade suficiente para que seja utilizado. Assim, as polaridades são indicadas para explicação do fenômeno, pois no ensino fundamental os conceitos de carga elétrica em átomos e moléculas são amplamente explorados.

Sabedores que somos de que a densidade não é o motivo causador da heterogeneidade do sistema água e óleo, e na interpretação, para o ensino médio, são suas características elétricas, por que a densidade aparece sistematicamente como explicação para este fenômeno? Como evitar que

alunos do ensino médio, quando questionados sobre o motivo da heterogeneidade dos sistemas, atribuem esse fato à densidade? De que forma poderemos resolver essa dificuldade de compreensão dos sistemas heterogêneos?

Com o objetivo de responder essas questões, deparamo-nos com o conceito de Obstáculo Epistemológico (BACHELARD, 1996) proposto por Gaston Bachelard, que mostra que a dificuldade em compreender um fenômeno deve ser investigada em termos de obstáculos, mas não os externos, como a complexidade, e nem os de caráter interno, como a fragilidade do raciocínio humano. É justamente no ato de conhecer que se encontram os principais entraves do conhecimento, e a atividade pedagógica e os livros são em grande parte responsáveis pela manutenção dessa condição. A aprendizagem, para Bachelard, pode, em muito, ser comprometida pela formação de obstáculos que impedem o conhecimento. Em sua obra, muitos desses obstáculos são investigados, porém não foi objeto de seus estudos propor uma prática coletiva que pudesse eliminá-los em sala de aula.

Como nossa prática se desenvolve em sala de aula, em situação de ensino formal, nos fizemos valer das considerações pedagógicas de Jean Pierre Astolfi, que, investigando a obra de Bachelard, propõe uma seqüência de passos que tem justamente esse objetivo. Para contribuir com a superação das dificuldades dos alunos do ensino médio na interpretação do fenômeno da imiscibilidade do sistema água e óleo que envolve a compreensão dos conceitos científicos relativos à densidade e às forças intermoleculares, investigamos a presença de obstáculos que impeçam sua compreensão utilizando como referencial teórico as idéias de Gaston Bachelard e as contribuições de Jean-Pierre Astolfi. Propomos uma seqüência didática que proporcione a superação dos obstáculos epistemológicos, que eventualmente o aluno possa apresentar sobre os conceitos que se articulam para explicar a imiscibilidade do sistema água e óleo. Avaliamos se essa seqüência didática é eficaz como meio de fragilizar, transpor e destruir os possíveis obstáculos epistemológicos sobre a compreensão do sistema água e óleo. A pesquisa, realizada com estudantes do ensino médio, demonstrou eficácia do modelo

proposto, que passa a ser uma alternativa didática para aprendizagem dos conceitos envolvidos.

Para apresentar o desenvolvimento do trabalho, optamos por um capítulo de referencial teórico sobre os principais conceitos científicos envolvidos no fenômeno da imiscibilidade do sistema água e óleo e a abordagem teórica que norteou a identificação de obstáculos e estruturou a proposta didática. A revisão bibliográfica foi realizada nos principais periódicos nacionais¹ e internacionais² da área de ensino de ciências, buscando pesquisas sobre densidade, forças intermoleculares e propostas didáticas com os referenciais escolhidos. Optamos por inserir comentários sobre os resultados das pesquisas encontradas ao longo do capítulo referencial teórico e resultados compondo um texto crítico. Na metodologia, delineamos a pesquisa, o grupo em que foi aplicada e os instrumentos de avaliação. Nos resultados, apresentamos a proposta didática juntamente com as discussões com os alunos que acompanharam cada etapa. Finalizando, o capítulo das conclusões e indicações sobre novas investigações no âmbito do contexto desta pesquisa.

¹ Ciência & Cultura, Pesquisa em Educação em ciências, Revista Brasileira de Ensino de Física, Química Nova, Revista Química Nova na Escola, Ciência e Educação.

² Enseñanza De Las Ciencias e Science Education.

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 - Conceitos científicos envolvidos no fenômeno da imiscibilidade do sistema água e óleo.

Quando água e óleo são postos juntos, torna-se importante a descrição de alguns conceitos científicos que envolvem a característica heterogênea desse sistema. Alguns desses conceitos serão descritos a seguir.

2.1.1 - Densidade - Aspectos físicos, químicos, cotidianos e educacionais.

Em 1686 Sir Isaac Newton publica sua obra, Principia: Princípios Matemáticos da Filosofia Natural, que lançou as bases para o pensamento científico e a matemática moderna. Logo no início Newton articula, pela primeira vez na história científica, uma relação matemática entre densidade, volume e quantidade de matéria – que mais tarde foi chamada de “massa”. Ele afirmou que a quantidade de matéria em um corpo era decorrente de sua densidade e seu volume e a compreensão da matéria nesses termos foi um precursor essencial para que Newton desenvolvesse as leis do movimento e as forças que atuam em um corpo (NEWTON, 1972).

Em química encontramos os termos: massa volúmica, massa volumétrica, densidade absoluta e densidade verdadeira, definidos como uma característica das substâncias e que correspondem à massa contida por unidade de volume, ou seja, a massa existente de um corpo no volume ocupado por esse corpo. Pode-se dizer que a massa volúmica nada mais é do que o grau de concentração da massa de uma substância em determinado volume ocupado por essa mesma substância. Essa é a definição usada para densidade no ensino médio, considerando como base os livros didáticos. Porém um número significativo de estudantes costuma confundi-la com peso (SILVA, 2009). Essa confusão também é constatada além do ciclo estudantil, podendo aparecer até mesmo em artigos científicos (VASQUEZ apud ROSSI et al, 2008).

Outro termo encontrado nos materiais didáticos do ensino médio é densidade relativa, definida como o quociente entre a massa volúmica de uma determinada substância em investigação e a massa volúmica de outra substância

de referência (normalmente é a água a 4°C). Trata-se, portanto de uma grandeza adimensional, devido à razão que se observa entre as massas volúmicas. É justamente por esse motivo que, quando se determina que um material possui densidade relativa de oito, equivale a dizer que sua massa volúmica é oito vezes superior à da água. E é também por esse motivo que quando indicamos a densidade relativa desse material, devemos acrescentar a qual outra substância ela se relativiza e em que condições essa relação se estabelece. Representa-se a densidade relativa pelo símbolo d_t^t , onde o expoente é a temperatura da substância em questão e o índice é a temperatura padrão da substância de referência. Assim d_4^{20} representa a densidade de uma substância a 20°C em relação à água a 4°C.

Também é preciso distinguir densidade como propriedade de um material da densidade do corpo, que pode ser constituído de diversos materiais. A densidade de um material é a de um corpo homogeneamente constituído desse material.

Ainda, podemos encontrar o termo densidade aparente, quando a medida é feita sem desconsiderar o empuxo do ar, e densidade verdadeira, quando a medida é feita no vácuo. A diferença é desprezível, mas é preciso ter cuidado com o termo densidade aparente, pois ele é muito usado quando se expressa a densidade de uma determinada substância que se apresenta em partículas fragmentadas e não contínuas. Se uma determinada massa de limalha de ferro é colocada em um recipiente, a relação entre esta massa de ferro e o volume lido no recipiente também é chamada de densidade aparente, pois representa a densidade que o ferro aparenta ter. Não se trata, portanto, da densidade real da substância ferro, pois se conta no volume medido o ar contido nos espaços entre os pequenos pedaços de ferro.

Assim, há muitos conceitos que abordam as relações entre matéria e volume, e podem gerar enganos em sua aplicação se não estiverem bem definidos para os alunos.

Quando o assunto densidade é apresentado nos livros de ensino médio, frequentemente é citado como exemplo o sistema água e óleo (FELTRE, 2004, p.28), (MÓL, SANTOS, 2006, p.32) e, em alguns casos, a maneira apresentada

pode induzir a interpretações equivocadas, como na seguinte explicação da técnica da decantação, que *...consiste na separação (afastamento) do componente líquido ou sólido de uma mistura heterogênea devido a diferenças de densidade* (BENABOU, ROMANOSKI, 2003, p.37,). Da maneira como está escrito pode levar o aluno a concluir que é a densidade a razão do afastamento das moléculas – o que poderia provocar uma barreira à compreensão do conceito cientificamente aceito, pois intuitivamente os alunos passam a atribuir ao termo densidade significados que ele não possui.

É muito comum usarmos o termo densidade para diferentes implicações cotidianas, mas em grande parte o emprego do termo está em desacordo com a sua definição, pois em alguns momentos densidade se confunde com peso (SILVA, 2009) e (VASQUEZ apud ROSSI et al, 2008), em outros momentos a confusão se verifica com a viscosidade (CASTRO e CARROZO apud ROSSI et al, 2008). O modo como o termo densidade costuma ser apresentado nas implicações cotidianas pode vir a produzir dificuldades na compreensão científica do termo o que poderá ser caracterizado como um obstáculo epistemológico.

Rossi et al (2008,p.1), em pesquisa realizada com 440 estudantes do ensino médio e superior, concluiu que *“...a associação direta de densidade com sua expressão matemática, que por semelhança dos termos envolvidos, gera um indevido paralelo com concentração”* e isso talvez explique expressões como: “densidade parasitária”, quando se pretende determinar a concentração de certo parasita em uma região (ALVES, GURGEL, ALMEIDA, 1991); “densidade de planta”, para o número de plantas por área plantada (NAKAGAWA, MACHADO, ROSELEM, 1986) e (ALMEIDA, et al, 2000); “densidade de lagarta”, para se apurar o número desse inseto em uma determinada região (OLIVEIRA et al, 2001), para citarmos apenas alguns casos. Isso sem contar com os inúmeros empregos do termo nas mais diferentes áreas de estudo como a História, Geografia, Literatura, Matemática, Agricultura, Agronomia, Estatística, Física (ROSSI et al, 2008). Porém, quando bem empregado, o conceito de densidade é um importante auxílio à aprendizagem de outras situações de estudos como o princípio de Arquimedes (PEREIRA, 2009) e no estudo da produtividade de plantas a partir da compactação do solo (SILVA, 2000), mas em geral o conceito

de densidade é uma questão mal interpretada, instalada no cotidiano das pessoas (BRASIL,1997).

O termo densidade, no sentido denotativo, segundo o dicionário, “...é a *relação entre a massa e o volume de um corpo*” (FERREIRA, 1993, p.165). Entretanto, como verificamos, o seu uso cotidiano parece estar sendo empregado com conotações diferentes. Casos em que uma mesma palavra é usada para representar significados diferentes são conhecidos na literatura como polissemia, entretanto não acreditamos que seja esse o caso, pois o termo densidade não é usado para diferentes significados, e sim é confundido com outros. Acreditamos que estas diferentes conotações poderiam ser evitadas com o uso do termo concentração. Um exemplo é o caso da densidade populacional, relação entre o número de habitantes por unidade territorial, que na verdade representa a *concentração* populacional, mas o termo densidade populacional já está homologado como correto. Ressalta-se que concentração e densidade, referindo-se aos materiais, indicam propriedades extrínsecas e intrínsecas, respectivamente, ou seja, numa determinada temperatura a concentração é variável e a densidade constante, podendo esta última ser usada como um indicador do tipo de material.

2.1.2 - Polaridade das Substâncias: Aspectos Químicos e Educacionais.

Assim como existem forças de atração entre os átomos originando as moléculas, existem forças de atração entre as moléculas, chamadas interações intermoleculares, também conhecidas como forças intermoleculares ou de Van der Waals, em homenagem ao físico holandês que primeiro documentou essas interações. Essas atrações existem principalmente nos estados líquidos e sólidos, pois neles as moléculas estão mais próximas umas das outras – o que praticamente não acontece em estado de vapor, pois as moléculas estão mais separadas entre si. Quando conhecemos a geometria da molécula e a polaridade de cada uma de suas ligações covalentes, podemos prever se o conjunto será polar ou apolar.

As moléculas polares podem ser representadas como um conjunto de dois polos elétricos, chamado dipolo, separados por uma distância d , os quais correspondem aos dois centros de carga $+q$ e $-q$ da molécula. Nessas moléculas o dipolo sempre existe, pois os dois centros de carga nunca coincidem no mesmo ponto, e é por essa razão que são referidas como moléculas polares de dipolo permanente. Em decorrência da polaridade dessas moléculas, há atração entre polos positivos e negativos, ocorrendo desse modo uma atração entre essas moléculas. A repulsão também faz parte de todo o conjunto de forças entre as moléculas, mas o equilíbrio entre a repulsão e a atração não determina o estado físico das moléculas, como é verificado em alguns livros didáticos (TIEDEMANN, 1998). Quanto maior a polaridade das moléculas, maiores serão as forças de atração entre esses dipolos permanentes. Tais forças atingem os maiores valores para as moléculas que contêm um ou mais átomos de hidrogênio ligados a átomos de grande eletronegatividade, como flúor, oxigênio e nitrogênio. Nesses casos a intensidade da força atrativa constitui um caso particular das forças intermoleculares entre dipolos, chamado de ligações de hidrogênio.

Quando duas moléculas apolares se aproximam uma da outra, suas nuvens de elétrons sofrem repulsão, por terem cargas elétricas de mesmo sinal. Essa repulsão deforma a nuvem de elétrons de cada molécula e isso resulta na concentração momentânea da nuvem em uma parte da molécula e, por esse motivo, uma diminuição dessa nuvem em outra parte. A região para onde a nuvem está mais deslocada passa a apresentar uma carga parcial mais negativa,

se comparada com a outra região, que se torna mais positiva. Temporariamente isso provocaria uma separação de cargas, resultando num dipolo temporário, ou dipolo induzido. Uma vez que esse dipolo é estabelecido, seu polo positivo atrairá os elétrons de outra molécula próxima, que será induzida a, também, apresentar um dipolo e, assim, sucessivamente, as moléculas se atrairão. As forças de atração entre dipolos temporários são muito fracas se comparadas com as forças entre dipolos permanentes, já que representam uma separação de carga muito menor. A distancia entre duas moléculas quaisquer é determinada pela igualdade entre as forças atrativas e repulsivas que nelas existem (COTTON, WILKINSON, 1978).

2.1.3 - Misturas – Definições, Implicações com a Densidade e Aspectos Educacionais.

Segundo Bueno (1986, p.435), mistura “...é a associação de duas ou mais substâncias em proporções arbitrárias separáveis por meios mecânicos ou físicos”. Analisando a abordagem dada por educadores de todos os níveis quando da definição de mistura heterogênea, é comum ouvir que se trata de sistemas polifásicos, e que água e óleo se enquadrariam nessa condição. No entanto, costumamos afirmar que água e óleo não se misturam “apesar de comum, a expressão ‘mistura heterogênea’ não é adequada, pois água e óleo não se misturam” (MORTMER, MACHADO, 2002 p.59). Assim, estabelecemos uma contradição, pois esse sistema é exemplo de **mistura** heterogênea. Também nos livros didáticos aparece a exemplificação da heterogeneidade de uma mistura entre líquido, geralmente representada pelo sistema água e óleo, sendo definida como imiscibilidade e ao mesmo tempo acompanhada da afirmação de que *...líquidos que não se misturam* (FELTRE, 1974 p.79), (MÓL, SANTOS, 2005 p.57). Como afirmar que água e óleo não se misturam, se o sistema formado pelos dois é justamente o exemplo dado para mistura heterogênea? No mínimo, temos aqui uma profunda confusão entre os conceitos de mistura e de miscibilidade sendo reforçada pelos livros didáticos. Está claro, portanto, que temos a palavra mistura em desacordo com a própria definição de mistura heterogênea.

2.2 – Referenciais para a Identificação de Obstáculos e Estruturação da Proposta Didática.

Nossa pesquisa utiliza como referencial necessário para a identificação da dificuldade em compreender os conceitos científicos atualmente aceitos os pré-supostos epistemológicos de Gaston Bachelard, e, para a fragilização e superação dessa dificuldade, a contribuição pedagógica de Jean-Pierre Astolfi, conforme descrevemos a seguir.

2.2.1- Para Identificação do Obstáculo

As idéias de Gaston Bachelard nortearam nossa interpretação sobre as dificuldades dos alunos em relação ao fenômeno estudado. Muitos pesquisadores se apoiaram nesse referencial para desenvolver reflexões no âmbito do Ensino de Ciências.

Em 1990, a publicação do livro Bachelard e a Química – no ensino e na pesquisa, de Letícia Parente, marca a divulgação mais ampla do pensamento do epistemólogo no ensino de ciências e especificamente em relação à Química. Ressaltam-se os trabalhos de Mortimer (1995;1996) em relação ao perfil epistemológico, discutindo mudança conceitual e posteriormente publicando o livro Linguagem e Formação de Conceitos (2000); Lopes (1993^a;1996), abordando o referencial de forma ampla e especificamente sobre obstáculos epistemológicos em livros didáticos (1992;1993^b); e Oliveira (1995), com análises sobre o substancialismo na química.

Assim, Bachelard é um importante balizador para referenciar discussões sobre o ensino-aprendizagem de química (PIAI, 2007; LÔBO, 2008) e balizou nosso trabalho de pesquisa sobre a identificação e caracterização de obstáculos para a aprendizagem, por alunos do ensino médio, dos conceitos envolvidos na compreensão da imiscibilidade do sistema água e óleo.

A vida desse epistemólogo francês foi fortemente marcada por profundas e bruscas mudanças de rumo tanto profissional como intelectual. Com pretensões de se tornar engenheiro, estudou matemática enquanto trabalhava nos correios, mas devido à guerra de 1914/1918 seu projeto é

substituído por uma carreira no magistério secundário, ensinando química e física. Aos 35 anos, nova mudança se processa: começa novos estudos, agora de filosofia, que também passa a lecionar. Após os 40 anos, inicia uma série de publicações e, já na primeira, *Ensaio Sobre o Conhecimento Aproximado*, de 1928, aparece uma das teses centrais de seu trabalho epistemológico: a idéia de que a abordagem do objeto científico deve ser feita por meio do uso sucessivo de diversos métodos, já que cada um deles seria destinado a se tornar primeiro obsoleto, pois, conforme o epistemólogo, a verdade científica é algo em processo, nunca é absoluta e imutável e, como consequência, qualquer que seja o método utilizado, com o tempo, estaria fadado a ser superado. Em segunda análise, o método se tornaria nocivo, já que seu uso constante poderia levar o pesquisador a acreditar na sua infalibilidade. A natureza obsoleta e nociva dos métodos científicos mais tarde veio a ser chamada de “aproximacionalismo” e levanta a questão de que o discurso científico é circunstancial (BACHELARD, 1983). Em consonância com as grandes mudanças científicas do século XX, como a teoria da relatividade geral e a física quântica, Bachelard publica *O Novo Espírito Científico*, de 1934, no qual sintetiza sua epistemologia não-cartesiana que o levou a combater o tradicionalismo presente no ensino – mostrando que devemos repensar a ciência e, conseqüentemente, a maneira de ensiná-la, abrindo espaço inclusive para a ciência do humano (BACHELARD, 1978). Isso origina a proposta de uma pedagogia nova, calcada na libertação das mentes jovens, vinculando-as à pesquisa científica, e que três anos mais tarde vai dar origem a uma de suas obras mais importantes: *A Formação do Espírito Científico*, na qual analisa os mais diversos obstáculos que devem ser superados para que se estabeleça um pensamento científico adequado (BACHELARD, 1996).

A preocupação de Bachelard, nessa obra, foi essencialmente a de acompanhar o desenvolvimento da racionalidade, aqui entendida como a compreensão científica de fenômenos, e vê-la em atuação em todos os domínios do conhecimento, livre dos fantasmas das intuições, dos preconceitos do conhecimento vulgar, das aparências das primeiras impressões, da força das imagens e palavras que teimam em explicar sem base teórica. Um importante aspecto de seu pensamento foi o de investigar as relações entre a

produção de conhecimento e o erro. Segundo Bachelard, o ato de conhecer depende da postura do sujeito conhecedor, pois é determinante no que diz respeito ao obstáculo epistemológico e ao erro. Vale lembrar que o conceito de erro para Bachelard não é o mesmo adotado pelo senso comum que insiste em refutá-lo, abandonando-o assim que é identificado. Na epistemologia bachelardiana, essa postura não é adotada, pois se considera o erro necessário ao aprendizado, já que *...o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos* (BACHELARD, 1996, 17). É a partir da superação do erro que se atinge um avanço no conhecimento científico, pois a prática científica não se caracteriza por um simples acúmulo de conhecimentos sem conflitos, e sim de questionamentos dos erros. Mas na contramão dessa postura, quando o erro é protegido e/ou defendido, ele transforma-se em obstáculo epistemológico. Quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, logo se chega à convicção de que é *“em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado”* (BACHELARD, 1996 p. 17). Bachelard entende por obstáculos as causas de inércia, de estagnação e até mesmo de regressão que todos estamos sujeitos no ato de conhecer. Esses obstáculos epistemológicos abordados por Bachelard (1996) dividem-se em categorias: obstáculo decorrente da experiência primeira; obstáculo decorrente do conhecimento geral; obstáculo substancialista; obstáculo animista; obstáculo do conhecimento utilitário e pragmático; obstáculos do conhecimento quantitativo; e obstáculo verbalista.

Obstáculo Decorrente da Experiência Primeira:

A experiência primeira ou, para ser mais exato, a observação primeira é sempre um obstáculo inicial para a cultura científica. De fato, essa observação primeira se apresenta repleta de imagens: é pitoresca, concreta, natural, fácil. Basta descrevê-la para se ficar encantado. Parece que a compreendemos (BACHELARD, 1996 p. 25).

Na formação do pensamento científico, devemos nos cuidar com a experiência primeira, pois é um pensamento colocado antes e acima da crítica e, para Bachelard, é justamente esse o elemento fundamental para a correta compreensão das ciências. Sem a ação da crítica, a experiência se torna estéril e fútil e não pode ser usada como apoio seguro ao conhecimento científico.

Obstáculo Decorrente do Conhecimento Geral:

É possível constatar que essas leis gerais bloqueiam atualmente as idéias. Respondem de modo global, ou melhor, respondem sem que haja pergunta [...]. A nosso ver, quanto mais breve for o processo de identificação, mais fraco será o pensamento experimental (BACHELARD, 1996, p. 71).

Conhecer o fenômeno geral e, por isso, valer-se dele para explicar tudo é um entrave tão grave ao conhecimento que Bachelard chega a classificá-lo como decadente e perigoso, principalmente porque pode proporcionar prazer intelectual, já que a generalização do fenômeno quando apressada se torna sedutoramente fácil.

Obstáculo Substancialista:

Atribui à substância qualidades diversas, tanto a qualidade superficial como a qualidade profunda, tanto a qualidade manifesta como a qualidade oculta (BACHELARD, 1996 p. 121)

Esse obstáculo é constituído por intuições muito dispersas e até mesmo opostas. É comum a aproximação de duas etimologias de origens diferentes provocar um movimento psíquico que pode dar a impressão de que se adquiriu

um conhecimento. A idéia substancialista quase sempre é ilustrada por uma simples continência. É preciso que algo contenha, que a qualidade profunda esteja contida. A qualidade do fenômeno é internamente mantida pelo seu invólucro, e essa valorização intuitiva do interior leva a afirmações curiosas, como a de Nicolas de Locques³ que, para enfrentar o forte calor, propôs uma “Friagem volátil que se lança na superfície para impedir a dissipação do calor e servir-lhe de vaso”.

Obstáculo Animista:

Com a idéia de substância e com a idéia de vida, ambas entendidas de modo ingênuo, introduzem-se nas ciências físicas inúmeras valorizações que prejudicam os verdadeiros valores do pensamento científico (BACHELARD, 1996 p.27).

Quando misturamos a noção dos três reinos da Natureza e ainda determinamos um lugar preponderante aos reinos vegetal e animal, em comparação com o reino mineral, intuitivamente atribuímos qualidades de um ao outro – o que acaba por determinar a formação do obstáculo animista que basicamente consiste em uma concepção que atribui vida a corpos inanimados.

Obstáculo do Conhecimento Utilitário e Pragmático:

A própria utilidade fornece uma espécie de indução muito especial que poderia ser chamada de indução utilitária. Ela leva a generalizações exageradas (BACHELARD, 1996 p.113).

Quando todas as dificuldades se resolvem diante de uma visão geral de mundo, por simples referência a um princípio da natureza, é porque o

³ Médico espagirico de sua Majestade em 1665, algo como alquimista e bruxo, citado por Bachelard.

conhecimento utilitário se estabeleceu como dificultador do conhecimento. As diversas atividades naturais tornam-se, assim, manifestações variadas de uma só Natureza, e essa necessidade de unidade traz pensamentos não científicos perigosos, como estabelecer correspondências com astros e metais e entre metais e as partes do corpo, criando uma espécie de triângulo universal que une o Céu, a Terra e o Homem. Tal triângulo se torna tão convincente que há quem nele confie para tratamentos das doenças, já que para cada desarmonia de um órgão existe um metal correspondente.

Obstáculos do Conhecimento Quantitativo:

à atração por um matemático demasiado vago, a atração por um matemático demasiado preciso (BACHELARD, 1996 p. 260).

O conhecimento qualitativo é naturalmente carregado de falsidades, pois traz a marca da impressão subjetiva, do imediatismo e das certezas prematuras, mas seria um erro de proporção semelhante achar que o conhecimento quantitativo escapa desse perigo. Determinações geométricas das mais esquisitas, resultados quantitativos fantasiosos, variáveis indesejáveis, são alguns exemplos do perigoso mundo da quantificação.

Obstáculo Verbalista:

A falsa explicação obtida com a ajuda de uma palavra explicativa. (BACHELARD, 1996 p. 27). ... uma única imagem, ou até uma única palavra, constitui toda a explicação (Idem, 1996 p. 91).

Esse é justamente o obstáculo pretendido de investigação neste trabalho, por isso vamos nos ater demoradamente em algumas questões que o

envolvem. Bachelard afirma que algumas palavras podem permitir expressar os mais variados fenômenos e isso se deve principalmente pelo acúmulo de imagens que prejudica a razão se apresentada sem a devida prudência, o que pode impedir a visão abstrata e nítida dos problemas reais. Para Bachelard, não só palavras provocariam essa dificuldade na aprendizagem como também imagens produziria o mesmo efeito. Com a intenção de separar esses diferentes vetores do obstáculo, propomos os termos *palavra-obstáculo* e *imagem-obstáculo*, como forma de identificá-los – o que, a nosso ver, permite compreendê-los distintamente.

Quando a explicação por meio da palavra-obstáculo é usada por alguém, todo o seu pensamento se nutre das sensações provocadas por ela, não conseguindo se desprejar de sua intuição primeira. Mesmo quando queremos apagar as suas impressões sua força explicativa persiste principalmente pelo movimento lingüístico que, ao associar a uma palavra concreta uma palavra abstrata, mostra-se, de maneira falsa, como um avanço na compreensão do fenômeno ao qual se quer explicar. Para se ter coerência na interpretação de um fato, é necessário nos afastar das impressões primitivas que esse fato certamente provocaria.

Bachelard (1996) exemplifica essa questão com a palavra-obstáculo *esponja* que por si só é usada em inúmeras e distintas situações em que a explicação parece satisfatória, mas que na realidade é uma avalanche de generalizações mal empregadas. O ar para Réaumur⁴ é definido como algo esponjoso já que tem a capacidade de ser comprimido, mostra-se rarefeito e aparece com grande volume. Para Franklin⁵, a matéria comum seria uma espécie de esponja para o fluido elétrico. Em 1785 o holandês Van Swinden⁶ ilustra, em um de seus artigos, que o ferro é um condutor do fluido magnético, ou que é a esponja desse fluido. O perigoso no uso dessas metáforas para a formação do conhecimento é que nem sempre são imagens passageiras, levando a um pensamento autônomo, e tendem a completar-se por meio da imagem.

⁴ René-Antoine Ferchault de Réaumur - Inventou em 1731 a escala de temperatura que leva seu nome

⁵ Benjamim Franklin, um dos líderes da Revolução Americana, e é muito conhecido pelas suas experiências com a electricidade.

⁶ Jean Henri van Swinder em 1776 foi ganhador de prêmio internacional pelo seu trabalho nas relações entre magnetismo e eletricidade.

2.2.1.1 A Densidade como Obstáculo Epistemológico Verbalista.

A seguir serão descritas seis possíveis situações em que a palavra densidade aparece como explicação para diferentes fenômenos. As quatro primeiras, já devidamente pesquisadas por este e por outros trabalhos de pesquisa, enquanto que as outras duas são apenas hipóteses, levantadas a partir da nossa experiência de observação em sala de aula.

A densidade costuma ser confundida com massa, e podemos ilustrar isso pelo relato de uma situação didática vivida pelo pesquisador em que no laboratório de química, ao analisar uma substância cuja massa é bastante perceptível, alguns alunos costumam classificar tal substância como sendo densa. Isso nos leva a pensar que, de alguma maneira, ao termo densidade é atribuída a característica de quantidade de matéria pura e simples. Como no caso em que o registro na balança de 2,35g de iodeto de potássio é lido e comparado com 1,04g de cloreto de sódio, e a um grupo de alunos é perguntado o motivo pelo qual a massa do KI é maior, dentre as respostas, sistematicamente aparece como fator dessa diferença na massa o fato de KI ser mais denso. Isso parece estar sendo reforçado por outras áreas do conhecimento, pois é comum nos depararmos com situações em que essa confusão se verifica.

*[...] essa medida referente ao petróleo define que o óleo é mais denso ou pesado quando o API (American Petroleum Institute – padrão de convenção norte-americano que estabelece...)
(VASQUEZ apud ROSSI et al, 2008, p.2).*

[...] a densidade do átomo de oxigênio, que compõe juntamente com mais dois átomos de hidrogênio a molécula do vapor d'água. Esta densidade é maior do que a densidade do átomo de hidrogênio. Portanto, vemos que o átomo de oxigênio é mais pesado, por isso sua tendência é se direcionar para a parte inferior da nuvem (DA SILVA, DE SOUZA, 2009, p.1).

Ao se comparar o tempo em que uma porção de água e outra de óleo levam para escorrer por uma superfície plana e lisa de metal (Al), é atribuído à

densidade o fato do óleo escorrer a uma velocidade menor. A quantidade de movimento por difusão molecular, ou seja, a viscosidade é, desta forma, confundida com a densidade (BERTULANI, 2009) – o que nos leva a concluir que, de alguma maneira, para alguns, ser denso significa ser viscoso. Novamente nos deparamos com uma situação em que a confusão é observada e poderia facilmente ser resolvida comparando experimentalmente a viscosidade do óleo e da água com suas respectivas densidades.

Como o próprio nome já diz, o petróleo pesado é mais denso e viscoso que sua outra versão leve, mais fácil de ser extraída e que é explorada no Brasil (CASTRO e CARROZO apud ROSSI, 2008).

Conforme do Carmo, Martorano e Marcondes (1999), ao se pedir uma explicação para o fato de determinados materiais serem solúveis ou não em outros, os estudantes apontam a densidade como principal argumento. Nessa mesma pesquisa, são apontados outros estudos que demonstram que é comum associar a densidade com a dissolução dos materiais (SANCHEZ et al,1997) e (EBENEZER, ERICKSON, 1996).

Uma das confusões mais comuns dos estudantes (FARIA, 2006) e também de professores (MARCONDES, 2008) é atribuir à densidade o fato de substâncias apolares, como o óleo de cozinha, não serem miscíveis em substâncias polares, como a água. A explicação mais usada para a impossibilidade do sistema água e óleo ser homogêneo é a que se refere à maior afinidade das moléculas da água entre si, isso se deve à polarização elétrica dessas moléculas – gerando polo negativo no oxigênio e positivo nos hidrogênios –, enquanto que as moléculas de óleo apresentam caráter neutro. Isso faz com que as moléculas de água se atraiam e se agrupem, não permitindo que as moléculas de óleo miscibilizem-se com a água. Apesar de existir outra explicação mais completa e que faz uso de conceitos da termodinâmica, não vamos considerá-la, por entendermos que alunos do nível analisado não possuem conhecimento para tal – o que não se aplica à primeira explicação, pois já no ensino fundamental os conceitos de carga elétrica, em átomos e moléculas, são amplamente explorados.

Quando da demonstração prática da reação do $Zn_{(pó)}$ com HCl 6M é feita, e a comparação com a diferença de velocidade verificada, quando a reação demonstrada é a do Zn em pedaço (parte de uma calha de chuva) com HCl 6M, estudantes atribuem à densidade o motivo da diferença de velocidade de reação. Uma substância com pouca ou nenhuma fragmentação é considerada uma substância densa, enquanto que a mesma substância muito fragmentada apresentaria densidade menor, e, se a densidade é menor, a reação seria mais rápida. Isso nos leva a pensar que a densidade como propriedade de uma substância não é compreendida por alguns alunos.

Algo semelhante é verificado quando, em outra experiência foram aquecidos diferentes recipientes contendo massas iguais de água, utilizando para queima, diferentes combustíveis, nota-se relativa diferença no tempo necessário para que todos se aqueçam a uma determinada temperatura. Entre as explicações dos estudantes, densidade, mais uma vez, é utilizada como motivo explicativo ao fenômeno.

Como podemos perceber, a palavra “densidade” é usada para explicar diversas situações não relacionadas à sua definição e, para Bachelard (1996), isso é definido como um Obstáculo Verbal, em que uma imagem ou palavra constitui toda a explicação. A palavra densidade se mostra carregada de adjetivos que permitem expressar os fenômenos mais variados. Ao dizer, por exemplo, que a viscosidade da substância se deve na verdade ao fato de ser densa, o fenômeno já parece explicado, a palavra se mostra clara, de forma tal, que o aluno não sente a necessidade de explicação. Podemos considerar então que densidade é uma palavra-obstáculo que impede a compreensão dos conceitos relativos a alguns fenômenos, entre eles, as dos envolvidos nas interações existentes no sistema água e óleo.

2.2.2 – Características da abordagem do conceito de densidade nos livros didáticos selecionadas pelo Plano Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio(PNLEM/2007).

A utilização do termo densidade pelos alunos pode estar sendo influenciada pela abordagem do tema nos livros didáticos. Analisando os livros didáticos selecionados pelo Plano Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio(PNLEM/2007), verificamos indicações nesse sentido, conforme apresentadas no quadro 1.

Característica Livro	Nº de páginas	Conteúdo apresentado na sequência	Flutuação dos materiais	Uso do sistema água e óleo
Química Ricardo Feltre Editora Moderna	• Menos de duas.	• Pureza das substâncias. • Separação de misturas.	• Não aborda o assunto, mas mostra a foto de um navio e um iceberg. Pág.23	• Como exemplo de fases de um sistema (foto pág.12). • Exercícios de densidade (desenhos pág.15, 27 e 28).
Química e Sociedade Gerson de Souza Mol Editora Nova Geração	• Três.	• Temperatura de fusão e ebulição. • Solubilidade.	• Aborda o assunto e exemplifica com diferentes líquidos.	• Ao investigar densidade (texto pág.32). • Como exemplo de mistura. (foto pág.50). • Como exemplo de material heterogêneo. (foto pág.51). • Como exemplo de separação por decantação. (foto pág.57).
Universo da Química José Carlos de Azambuja Bianchi Editora FTD	• Três.	• Água (incluindo misturas). • Energia.	• Aborda, quase exclusivamente, a flutuação do gelo em água líquida.	• Para exemplificar um sistema heterogêneo (desenho pág.15). • Exercício de densidade (desenho pág.41).
Química para o Ensino Médio Eduardo Fleury Mortimer Editora Scipione	• Nove.	• Temperaturas de fusão e ebulição. • Solubilidade.	• Aborda somente a flutuação de objetos na água.	• Questão para investigação dentro do assunto solubilidade (texto pág.33). • Exemplo de sistema heterogêneo (foto pág.59).
Química Olímpio Salgado Nóbrega Editora Ática	• Dez.	• Solubilidade. • Misturas.	• Somente em uma nota de margem: “gelo é menos denso que a água e por isso flutua” pág.65	• Exemplo de partículas que não interagem (texto pág.70). • Exemplo do processo de separação por decantação (foto pág.98).
Química na Abordagem do Cotidiano Francisco Miragaia Peruzzo Editora Moderna	• Quatro.	• Misturas. • Separação de misturas.	• Aborda o assunto e exemplifica com diferentes líquidos.	• Exemplo para definir fases (foto pág.23). • Exemplo de mistura heterogênea (desenho pág.25). • Exemplo de separação de misturas (desenho pág.29).

Quadro 1 – Conceito de densidade nos livros do Programa Nacional do Livro Didático de Química aprovado para o ensino médio – PNLEM/2007.

Os autores enfatizam diferentemente a discussão da densidade, se considerarmos o número de páginas. O conteúdo abordado, logo em seguida ao conteúdo densidade, na maioria dos livros é Misturas. Como os alunos ainda apresentam em mente o assunto densidade, isso pode proporcionar uma ligação entre os dois conteúdos, gerando interpretações equivocadas. Encontramos em todos os livros, de alguma forma, que a flutuação ou não de materiais em um meio líquido se deve às suas densidades. Em todas as obras encontramos menção, com o uso de imagem, do sistema água e óleo, como exemplo de misturas e/ou como exemplo no processo de separação de misturas e, em metade deles, esse sistema é também mostrado como exemplo de materiais de diferentes densidades. O fato desse sistema ser usado na discussão sobre densidade e misturas, pode mais uma vez propiciar uma ligação entre ambos, reforçado na maioria das vezes pela força que a imagem pode produzir levando-nos a supor, que a representação desse sistema na exemplificação de misturas, juntamente com a discussão sobre densidade produz uma imagem-obstáculo para o aluno.

2.2.3 – Abordagem dos livros didáticos selecionados pelo Plano Nacional do Livro Didático(PNLEM/2007), dada aos conceitos científicos envolvidos no fenômeno da imiscibilidade do sistema água e óleo.

É verdade que densidade está relacionada com o fato de óleo ser a fase superior do sistema água e óleo, mas não justifica a imiscibilidade entre ambos. A imiscibilidade desse sistema está relacionada com a intensidade das interações entre as moléculas desses materiais e são decorrentes de suas características de polarização. Analisando os livros didáticos selecionados pelo Plano Nacional de Livros Didáticos (PNLD), foi possível perceber como é apresentado o fenômeno da imiscibilidade do sistema água e óleo e os conceitos envolvidos na sua explicação científica, conforme apresentados no quadro 2.

Característica Livro	Interações	Miscibilidade	Polaridade
Química Ricardo Feltre Editora Moderna	<ul style="list-style-type: none"> • Não aborda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não explica o conceito, mas utiliza o termo. “Nos laboratórios empregam-se os funis de separação para separar líquidos imiscíveis de densidades diferentes”. pág.34 	<ul style="list-style-type: none"> • Não aborda
Química e Sociedade Gerson de Souza Mol Editora Nova Geração	<ul style="list-style-type: none"> • Aborda solubilidade, mas não explica o conceito. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não aborda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não aborda.
Universo da Química José Carlos de Azambuja Bianchi Editora FTD	<ul style="list-style-type: none"> • Não aborda o assunto, mas faz uso do termo dissolução. “Uma substância (sólida ou líquida) menos densa flutua em um líquido mais denso desde que não haja dissolução” pág.33. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não aborda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não aborda.
Química para o Ensino Médio Eduardo Fleury Mortimer Editora Scipione	<ul style="list-style-type: none"> • Usa o termo dissolução, mas não explica o conceito. “Nossa vivência com dissolução de materiais em geral envolve sólidos.” Pág.32 	<ul style="list-style-type: none"> • Não aborda o conceito, mas pede para o aluno procurar a explicação do fato de “a mancha de óleo se espalhar rapidamente pela superfície do mar”. Pág.33 	<ul style="list-style-type: none"> • Não aborda.
Química Olímpio Salgado Nóbrega Editora Ática	<ul style="list-style-type: none"> • Não explica o conceito, mas faz uso do termo. “...as partículas da água não interagem, ou interagem muito fracamente, com as partículas desse material, não conseguindo separá-las.” Pág.70 	<ul style="list-style-type: none"> • Ao tratar de mistura líquido – líquido, usa o termo solúvel. “óleo e gasolina são solúveis em querosene” pág.70 	<ul style="list-style-type: none"> • Não aborda.
Química na Abordagem do Cotidiano Francisco Miragaia Peruzzo Editora Moderna	<ul style="list-style-type: none"> • Não aborda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não aborda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não aborda.

Quadro 2 – Conceitos envolvidos no fenômeno da imiscibilidade nos livros do Programa Nacional do Livro Didático de Química aprovado para o ensino médio – PNLEM/2007

Os livros não enfatizam a discussão sobre interações, mas alguns utilizam termos relacionados com esse conceito, como solubilidade e dissolução, o que a nosso ver certamente se apresenta como incoerência. Não se pode tratar de solubilidade sem defini-la e sua definição, necessariamente passa por compreender as interações entre partículas. O conceito de miscibilidade não é definido em nenhum dos livros e apenas um apresenta o uso do termo, porém sem explicações e em um dos livros encontramos até uma citação em que a solubilidade é usada no lugar da miscibilidade. O conceito de polaridade é totalmente ignorado, quando da abordagem de misturas, por todos os livros pesquisados e esse conceito consideramos como fundamental para a interpretação do sistema água e óleo, conforme já indicado por Rossi et al (2009). aluno se vê diante de imagens do sistema água e óleo, inseridas na discussão sobre densidade, mas não lhe é proporcionada uma reflexão sobre as razões científicas para a imiscibilidade desse sistema. Embora o foco principal não seja esse, julgamos que ele deva estar presente para não provocar obstáculos epistemológicos.

2.2.4 - Para Estruturação Da Proposta Pedagógica

No processo de construção da aprendizagem, surge um conceito importante que é o de objetivo-obstáculo, cuja utilização em didática das ciências aparece em vários contextos (ASTOLFI, 1994). Esse conceito é introduzido por Jean-Louis Martinand e investigado com profundidade por Jean-Pierre Astolfi. Ele parte da idéia de unir duas preocupações pedagógicas que, costumeiramente, são vistas como divergentes. O primeiro é o objetivo pedagógico que na ação didática, ou seja, na prática do professor, não ocorre verdadeiramente, e isso se deve à análise dos objetivos de um conteúdo de ensino que conduz a uma “pulverização” destes, com a intenção de ganhar em precisão sobre os objetivos, produzindo perda de sentido sobre a finalidade pedagógica. Uma grande quantidade de objetivos possíveis é posta à disposição do pedagogo sem que o mesmo seja armado quanto ao modo de seleção a operar. Nas indicações curriculares, as definições dos objetivos são amplamente postas e especificadas, mas elas praticamente se omitem quanto aos procedimentos da aprendizagem e quanto às representações dos alunos. E é a previsão da dificuldade de atingir o objetivo que causa problema (ASTOLFI, 1994). O segundo é a idéia do obstáculo epistemológico que possuem inúmeros trabalhos, seguindo as orientações bachelardianas, que tentam descrever o que os estudantes encontram e que impedem a aquisição de conhecimentos científicos. As análises das representações ressaltam esse ponto de vista, porém deixam o pedagogo igualmente desarmado, já que apesar de tentar esclarecer as estruturas de acolhimento do aluno que necessitam vir a serem ultrapassadas, praticamente nada dizem sobre como essa ultrapassagem se efetivaria.

Para Astolfi (1994), alguns aspectos dos obstáculos deverão ser compreendidos e listados para que os esforços em superá-los realmente se concretizem. Entre esses aspectos podemos destacar:

- A representação do obstáculo.
- O conceito que se pretende ensinar.
- O que nesse conceito o obstáculo impede de se conhecer.

- As idéias que se interligariam e que explicariam a resistência do obstáculo e, também, que justificariam o seu não abandono pelo aluno.
- As condições para que a representação do obstáculo evolua e que permitiriam a sua superação.

Para tanto, amparado na idéia de objetivo-obstáculo, Astolfi propõem a criação de situações didáticas que poderiam suplantar os obstáculos. Para que isso se estabeleça é necessário que sejam respeitadas três questões básicas no momento da intervenção didática. São elas:

- A conscientização, por parte do aluno, da existência de um obstáculo que impede seu conhecimento de avançar.
- A fragilização de suas concepções em relação ao conceito que se pretende ensinar por meio de um conflito cognitivo.
- A elaboração de uma alternativa conceitual por parte do aluno que esteja de acordo com os princípios científicos.

Pela discussão aberta sobre o obstáculo, professor e alunos podem descobrir os motivos da manutenção da dificuldade de aprendizagem de determinado conceito científico. O conflito cognitivo tem se mostrado como uma eficiente alternativa para a fragilização das dificuldades em se superar uma dificuldade de aprendizagem. Somente poderemos ultrapassar um obstáculo epistemológico se, após a conscientização da existência desse obstáculos, por todos os envolvidos no processo e também após a utilização de um conflito cognitivo que fragilize esse obstáculo, o aluno for capaz de elaborar uma alternativa conceitual que esteja perfeitamente de acordo com os conceitos científicos pretendidos.

3 - OBJETIVOS

3.1 - Objetivos Gerais

Contribuir para a superação das dificuldades dos alunos do ensino médio na compreensão dos conceitos científicos relativos à densidade e à miscibilidade.

3.2 - Objetivos Específicos

- Investigar a presença de obstáculos que impeçam a compreensão dos conceitos científicos relativos à densidade e às forças intermoleculares, utilizando como referencial teórico as idéias de Gaston Bachelard.
- Propor uma definição para o conceito de misturas que não seja conflitante.
- Propor uma sequência didática de acordo com as contribuições de Jean-Pierre Astolfi que proporcione a superação dos obstáculos epistemológicos, que eventualmente o aluno possa apresentar sobre os conceitos que se articulam para explicar a imiscibilidade do sistema água e óleo.
- Avaliar se essa sequência didática é eficaz como meio de fragilizar, transpor e destruir os possíveis obstáculos epistemológicos sobre a compreensão da imiscibilidade do sistema água e óleo.

4 - METODOLOGIA

Desenvolvemos uma sequência didática, balizada pelas idéias de Gaston Bachelard e as contribuições pedagógicas de Jean-Pierre Astolfi. E a avaliamos seguindo uma abordagem qualitativa de pesquisa.

A pesquisa foi realizada com dois grupos de alunos: um constituído por 36 alunos do 1^o ano do ensino médio, cujo professor de química era o próprio pesquisador, designado por grupo=CP (conheciam o professor); e outro, por 16 alunos, da mesma instituição e série, cujo professor de química não era o pesquisador, designado por grupo NCP (não conheciam o pesquisador). O grupo NCP foi incluído para verificar possíveis interferências decorrentes do fato do pesquisador ser o professor da turma

O grupo CP foi dividido em dois, sendo um deles considerado como grupo de controle, sendo um delineamento experimental (CAMPBELL, STANLEY, 1979). Houve uma observação inicial em ambos os grupos e um deles foi submetido à sequência didática proposta (variável), havendo posteriormente uma segunda observação. O grupo experimental foi acompanhado por outros instrumentos de avaliação.

No grupo experimental, desenvolveu-se a sequência didática em um período de duas horas/aula no turno regular. No grupo controle, por questões éticas, o mesmo procedimento foi adotado após o término da pesquisa. Neste grupo, a abordagem do tema seguiu a apresentação tradicional adotada na escola, a qual consistia em aulas expositivas.

A pesquisa, quanto aos seus objetivos, caracterizou-se como exploratória e descritiva.

Os dados foram coletados diretamente dos participantes da pesquisa, considerando os seguintes instrumentos:

- questionário 1, com perguntas abertas abordando o tema em questão, aplicado antes da intervenção, em ambos os grupos;
- gravação, em áudio, das aulas com o desenvolvimento da sequência didática;

- relatórios escritos, após uma semana da intervenção didática;
- questionário aplicado após três meses da intervenção, em ambos os grupos;
- questionário 2, adaptado de pesquisa feita com alunos do ensino médio sobre as concepções de densidade (ROSSI, et al, 2008), após 5 meses da intervenção, em ambos os grupos. Sendo que a intervenção didática já havia sido aplicada também no grupo controle.

Para o tratamento dos dados obtidos foi utilizada a técnica de análise de conteúdo que visa identificar o que está sendo dito a respeito da cada questão ou situação proposta (FLICK, 2004).

Para Minayo (2006), a análise de conteúdo é uma expressão genérica que designa o tratamento de dados qualitativos. Trata-se de um conceito historicamente construído para dar respostas teórico-metodológicas e que se diferencia de outras abordagens. A análise de conteúdo, como técnica de tratamento de dados, possui a mesma lógica das metodologias quantitativas, uma vez que busca a interpretação cifrada do material de caráter qualitativo.

Na análise de conteúdo, utilizamos três etapas de execução: uma análise prévia, em que organizamos as respostas dos questionários e as manifestações gravadas; em seguida, uma análise exploratória, que consistiu em classificar as respostas, categorizando-as; e, por último, a interpretação, que consistiu na aplicação da análise descritiva das questões.

Com o grupo NCP, a pesquisa foi desenvolvida seguindo um delineamento não experimental (CAMPBELL, STANLEY, 1979), pois não foi adotado grupo de controle. Nesse caso, foram desenvolvidos os mesmos procedimentos do grupo experimental dos alunos CP. Com a preocupação da coerência com o referencial teórico que a embasa, a pesquisa se desenvolveu conforme descrito a seguir.

5 - RESULTADOS

5.1 - Proposta de Superação de um Obstáculo Epistemológico Relacionado à Interpretação do Sistema Água e Óleo

Considerando a identificação do obstáculo epistemológico, de acordo com os pré-supostos epistemológicos de Gaston Bachelard e as indicações pedagógicas que Jean-Pierre Astolfi sugere quanto à fragilização e superação deste obstáculo, elaboramos uma proposta redigida a professores que queiram utilizá-la como atividade didática, dividida em seis momentos distintos, descritos a seguir.

Como consequência de nossa pesquisa, elaboramos uma sequência didática, de acordo com os referenciais utilizados.

1º Momento - Conhecendo o Obstáculo.

Distribuir aos alunos uma folha contendo duas questões abertas para serem respondidas em até 3 minutos.

- *Água e óleo se misturam?*
- *Utilizando seus conhecimentos de química diga por que.*

Objetivo:

Conscientizar os alunos de que a resposta "*por causa da densidade*" é a prevista e que existem pesquisas que a comprovam e que essa resposta se constitui em obstáculo à compreensão da explicação aceita cientificamente.

Importante que todos respondam sem consultas, pois se quer aqui os conhecimentos que o aluno já traz sobre o assunto, e, se for permitido qualquer tipo de consulta, a contaminação da resposta pode trazer resultados não esperados.

2º Momento - Avaliação das Respostas Obtidas

Analisar as respostas, com a participação dos alunos, sem que seus autores sejam identificados. Durante esse processo é importante explicitar a

todos que a intenção da aula será justamente tentar resolver a dificuldade observada em compreender os motivos da imiscibilidade do sistema água e óleo e tentar superar a concepção equivocada de que é a densidade a responsável pela heterogeneidade do sistema.

Objetivo:

Confirmar a resposta esperada e já anunciada pelo professor.

O professor deve deixar claro que em algum instante do aprendizado houve uma má compreensão do assunto e isso perdurou até aquele momento, mas que dessa aula em diante essa dificuldade tenderá a desaparecer.

3º Momento - Discussão Aberta das Perguntas

Discutir as respostas, com todos, incentivando manifestações individuais e estabelecendo um diálogo para problematizar as concepções iniciais dos alunos.

Objetivo:

Dar conhecimento ao aluno de que sua incompreensão não é um problema individual, mas da maioria. E, sendo assim, devem-se investigar os fatores comuns a que todos estiveram submetidos.

Orientação para o professor:

Para que o aluno possa envolver-se melhor na discussão e diminuir o constrangimento natural pela não compreensão do assunto, é recomendável isentá-lo da responsabilidade da concepção errônea, deixando claro que isso se deve provavelmente pela pouca clareza dos livros didáticos e, principalmente, pela falta de informação de alguns professores que, ao longo do processo de ensino aprendizagem, não esclareceram devidamente os conceitos envolvidos nessa questão. Abrir uma discussão sobre tudo isso nos parece ser ideal, e algumas perguntas e depoimentos podem facilitar essa etapa, como os relatos de gravação das aulas que se seguem:

Profº - Por que vocês atribuíram a explicação do fenômeno à densidade?

Fazê-los Perceber que essa pergunta não tem resposta, já que a palavra densidade é, comprovadamente, muito forte e parece que explica tudo sem questionamentos.

Profº - Quero dizer que eu também tinha essa mesma impressão a respeito de densidade, e que isso que vocês me responderam eu também responderia ao meu professor na época em que era estudante de ensino médio.

Incluir-se entre aqueles que, devido a todos os fatores em comum, também se equivocava com essa questão pode mostrar aos alunos que a culpa pelo erro não é necessariamente deles.

4º Momento - Definindo Densidade

Sentindo que a etapa anterior já se esgotou e que os estudantes se encontram mais à vontade com o erro apresentado, passa-se para a etapa seguinte, que é entender o conceito de densidade.

Objetivo:

Apresentar o conceito de densidade apropriado ao nível de escolaridade dos alunos.

Desenvolver uma discussão com a turma, mostrando que a definição de densidade está, na maioria dos casos, disseminada entre eles e, quase sempre, de forma correta, mas que ter a definição correta não significa entender os conceitos envolvidos no assunto. Uma forma de comprovação é perguntar “*o que é densidade?*”, e invariavelmente temos alguns alunos que respondem “*é massa por volume*”.

Explicar que a densidade nada mais é do que um número que determina qual o máximo de matéria que se pode colocar em determinado espaço. Alguns exemplos poderão ser utilizados para melhor entendimento dos alunos.

Desenvolver a experiência 1.

Material necessário:

- 3 provetas de 50mL.

- Um recipiente contendo, pelo menos, 110mL de água destilada.
- Um recipiente contendo, pelo menos, 110mL de álcool 92,8° GL.
- Um recipiente contendo, pelo menos, 110mL de óleo de cozinha.
- Um bastão de vidro ou semelhante para escorrer os líquidos de forma lenta e cuidadosa.
- Balança de precisão com o sistema de tara.

Procedimento:

- Tara-se uma proveta na balança e despeja-se água suficiente para completar exatamente 50mL, tomando os cuidados necessários para evitar respingos na parede da pipeta. Em seguida, anota-se a massa observada⁷.
- O mesmo deverá ser repetido com o álcool⁸ e também com o óleo de cozinha⁹.

Resultado obtido:

Os dados deverão ser anotados no quadro negro juntamente com seus respectivos volumes, conforme exemplo a seguir¹⁰.

Água	álcool	óleo de cozinha
$m = 49,62g$	$m = 39,83g$	$m = 45,78g$
$v = 50 mL$	$v = 50 mL$	$v = 50 mL$

Em seguida, calculamos a densidade, com pelo menos três casas após a vírgula, obtendo os seguintes resultados.

Água	álcool	óleo de cozinha
$d = 0,9924g/mL$	$d = 0,7966g/mL$	$d = 0,9156g/mL$

Orientações ao professor:

Durante o procedimento experimental, o professor deverá atentar os alunos para o fato de que toda experiência desenvolvida em laboratório de

⁷ É normal a falta de precisão nesse processo e isso deve ser dito aos alunos, mas, devido a inúmeras repetições, é possível prever que o resultado seja próximo de 49,6g.

⁸ Resultado esperado próximo de 39,8g

⁹ Importante observar aos alunos que as diferentes marcas de óleo poderiam produzir diferentes densidades, pois se trata de uma mistura que contém um número muito maior de compostos que as amostras anteriores. É provável que o resultado fique entre 45g e 47g.

¹⁰ Esses dados são ilustrativos e foram retirados de uma média feita após três experiências.

ensino está sujeita a erros que poderão ser minimizados à medida que mais cuidados possam ter seus executores. No caso dessa experiência, os erros mais comuns que interfeririam no resultado, de forma a comprometê-los, seriam:

- Utilizar a pipeta molhada – o que pode registrar massa acima da correta.

- Não respeitar o menisco do líquido na medição do volume.

- No caso de não ter uma proveta, o uso de recipientes sem um estreitamento de gargalo aumentará significativamente o erro na medição do volume.

Comentar com os estudantes sobre essas questões, independentemente do uso ou não dos equipamentos de laboratório apropriados, alertá-los-ia para o erro – o que poderá vir a ser útil em experiências futuras.

O resultado da experiência prova que as densidades das amostras são diferentes e, também, que a densidade da água é mais próxima da densidade do óleo de cozinha do que da densidade do álcool. Fica claro assim que, se a explicação dada por eles no início fosse verdadeira, a água deveria ser mais facilmente miscível em óleo de cozinha do que em álcool, mas o que realmente se verifica é que o sistema água e óleo é heterogêneo, enquanto que o sistema água e álcool é homogêneo.

5º Momento - Produzindo Rachaduras no Obstáculo.

Desenvolver a experiência 2 como forma de esclarecer melhor a questão.

Experiência 2

Material necessário:

- *04 Recipientes transparentes, se possível becker de 250mL, numerados sequencialmente.*

- *Amostras de água, álcool e óleo de cozinha utilizadas na experiência 1.*

- *Um bastão de vidro ou semelhante para escorrer os líquidos de forma lenta e cuidadosa.*

Procedimento:

Escorrer com cuidado cerca de 50mL de óleo de cozinha no becker e, em seguida, acrescentar com os cuidados necessários um volume semelhante de água.

Repetir em outros dois beckeres o mesmo procedimento, utilizando em um, água e álcool e em outro, álcool e óleo de cozinha.

No quarto e último Becker, colocar cerca de 30mL de água, em seguida, 30mL de óleo, completando com 30mL de álcool. Nesse procedimento, o professor deverá ser especialmente cuidadoso para que, ao acrescentar o álcool, o mesmo não ultrapasse a barreira imposta pelo óleo de cozinha entrando em contato com a água – o que poderá comprometer a experiência.

Resultado obtido:

Verifica-se que no becker 1 e 3 o sistema é heterogêneo bifásico, no 4, o sistema é heterogêneo trifásico e que no 2, o sistema é homogêneo.

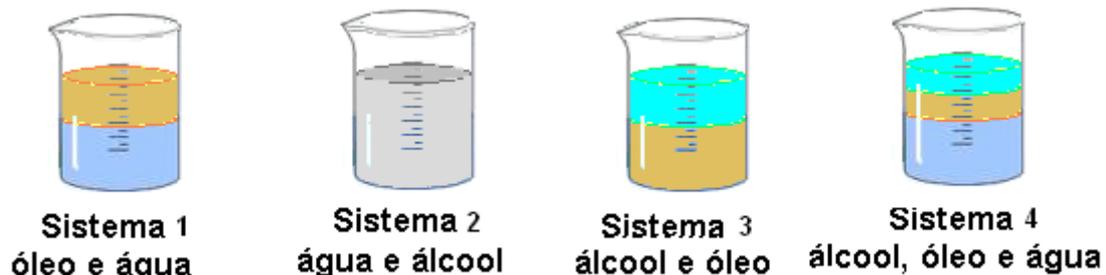


Figura 1 - Representação dos sistemas obtidos na experiência 2.

Objetivo:

Produzir uma fragilização no conceito do aluno de forma que não seja mais possível aceitá-lo como verdadeiro, pois, com as novas informações obtidas a partir da experiência, não se poderá creditar à diferença de densidade uma justificativa plausível para a imiscibilidade de qualquer sistema, incluindo, aí, a água e óleo.

Orientações ao professor:

Novamente a recomendação de que uma discussão com todos sobre o que foi observado é extremamente pertinente e só contribuirá com o aprendizado efetivo do assunto. Dentre as possíveis observações que o professor poderá fazer, algumas postas a seguir demonstraram bastante eficiência.

Profº - *O fato de no becker 1 ter se formado um sistema heterogêneo não comprova que a diferença de densidade é a causa disso?*

De início, esse primeiro resultado parece comprovar a expectativa dos alunos de que eles poderão estar certos. É de se esperar que alguns até tentem argumentar que é possível que eles estejam com a razão, mas o professor poderá, então, enfatizar que densidade e imiscibilidade não estão relacionadas, propondo a pergunta a seguir.

Profº - *Como o álcool possui a densidade menor que a do óleo de cozinha, não esperaríamos que o sistema no becker 2 também fosse heterogêneo?*

Aqui cabe observar aos alunos que se eles estão certos ao creditar à densidade o fato de uma imiscibilidade, então o sistema água e álcool também deveria ser heterogêneo, mas não é isso que se verifica. Para demonstrar outros sistemas heterogêneos, com a intenção de verificar as semelhanças entre água e álcool e a clara diferença dessas substâncias, como o óleo, é que o *becker 3* é preparado, pois mostra que o óleo é imiscível tanto na água quanto no álcool, enquanto que esses últimos são miscíveis entre si. Ao prepararmos o *becker 4*, temos a intenção de mostrar claramente que as diferentes densidades permitiriam a flutuação de um líquido sobre o outro, mas que isso não explicaria a imiscibilidade dos mesmos, pois se agitarmos os líquidos de maneira a todos terem contato entre si, resultaria em um sistema heterogêneo não mais trifásico, já que o álcool se miscibilizaria com a água.

6º Momento - Superando o Obstáculo

Com o desenvolvimento da proposta até o momento 5, é possível que o estudante tenha reconhecido que a diferença de densidade realmente não justifica o tipo de comportamento de um sistema entre líquidos, mas provavelmente ainda não produziu respostas que pudessem explicar essa questão.

Objetivo:

Oportunizar a elaboração de respostas, cientificamente aceitas, sobre a imiscibilidade do sistema em questão por meio de investigação, por parte dos alunos, de outras questões químicas e físicas que não envolvem o conceito de densidade. Para Rossi et AL (2008), não se pode discutir o conceito de densidade sem abordar o de polaridade, pois assim se evitam erros conceituais na compreensão de fenômenos associados à interação entre substâncias.

Desenvolver a experiência 3

Experiência 3 ou simulação¹¹ e vídeo¹²

Material necessário:

- 60mL de água destilada.
- 60mL de álcool 92,8º GL.
- 60mL de óleo de cozinha.
- 3 buretas de 50mL ou recipiente que permita escoar um fino filete do líquido.
- 3 beckeres de 125mL ou recipiente que permita recolher o líquido.
- Funil de vidro.
- Pedaco de lã ou flanela.
- Régua de plástico ou semelhante.
- Suporte universal.
- Presilhas e garras.

Procedimento:

Após montagem, preparar uma bureta com água até um volume de 50mL. Deixar escorrer um fino filete e aproximar com cuidado, sem deixar tocar, a régua atritada com o pano. Repetir o procedimento com os demais líquidos.

¹¹ <http://nautilus.fis.uc.pt/molecularium/pt/ligintermol/interaccoes/index.html>

¹² http://nautilus.fis.uc.pt/molecularium/pt/ligintermol/videos/video_agua.html

Resultado obtido:

Tanto o filete de água quanto o de álcool sofrem desvio provocado pela régua atritada, já o filete de óleo não.

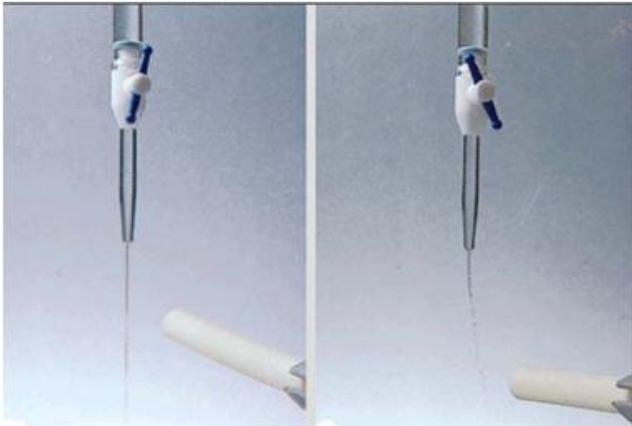


Figura 2 – Resultado parcial da experiência 3

Orientação ao professor:

Mais uma vez a discussão aberta com todos pode contribuir para a assimilação correta dos conceitos envolvidos. Algumas questões poderão ser propostas aos alunos, tais como:

Eletricamente, quais as substâncias semelhantes entre si?

Nesse momento, os alunos percebem que como o óleo não é, de forma alguma, atraído pelo material atritado, suas diferenças elétricas para com os outros líquidos estão evidenciadas.

Como poderemos classificar os três líquidos de forma a enquadrá-los em apenas dois grupos elétricos: os que apresentam polos elétricos e os que não apresentam?

Importante deixar claro aos alunos que todas as substâncias possuem cargas, mas que nem sempre essas cargas são perceptíveis – o que faz com que os cientistas as classifiquem em polares – aquelas que apresentam polos elétricos evidenciados – e em apolares – as que não possuem polos elétricos.

5.2 – Relato da Aplicação da Proposta

Com um grupo de dezoito alunos do 1º ano do ensino médio, iniciamos com a apresentação dos objetivos da aula e pedimos a permissão para que a mesma fosse utilizada em uma pesquisa e se todos concordariam de forma voluntária. Após a concordância de todos, iniciamos com as perguntas: “*água e óleo se misturam?*” e “*Utilizando seus conhecimentos de química explique por que*”, sendo postas no quadro para que fossem respondidas em uma folha identificada pelo nome do aluno e para que em seguida nos entregassem. Deixamos claro que não se tinha a intenção de avaliar a resposta com o objetivo de atribuir nota, e sim com o propósito de conhecer o que era sabido por todos a respeito do assunto.

Após recolhermos as folhas e antes mesmo da leitura de suas respostas, comentamos que a resposta esperada envolveria, em sua maioria, a palavra densidade – o que foi confirmado por vários alunos. Dissemos então que apesar da maioria acreditar que a densidade era o motivo da heterogeneidade do sistema, isso não era verdade, e que é muito comum essa confusão, não sendo eles os únicos a pensarem dessa maneira, pois vários profissionais, de diversas áreas, também se confundiam de forma igual. Dito isso, gerou-se certa incredulidade em alguns e surpresa em outros – o que possibilitou uma rápida discussão sobre o assunto e que foi aproveitada como introdução, ao conceito cientificamente aceito sobre densidade. Perguntamos se alguém na turma saberia defini-la, e as respostas obtidas variavam entre ser pesado, ser grosso, ser viscoso e a relação de massa por volume. Essa discussão se estendeu por alguns minutos, e permitimos todas as manifestações, para, assim, assegurar vez e voz a todos, pois desta maneira é possível tomar conhecimento das concepções dos alunos sobre densidade. Em seguida, explicamos a definição cientificamente aceita para densidade, demonstrando em detalhes o seu significado e utilizando exemplos cotidianos. Mostramos que materiais pouco densos, como o isopor, tendem a ocupar um espaço muito maior que materiais mais densos, como o ferro. Para um melhor entendimento da diferença nos espaços ocupados, utilizamos representações microscópicas de alguns materiais.

A partir desse instante, discutimos o conceito de massa com ênfase nas informações adequadas ao ensino médio e o conceito de volume. Percebemos que alguns relacionam massa ao peso e volume ao tamanho, notamos que alguns proferiram repetidas vezes frases em comum como: “*algo volumoso assim professor*” e “*é algo cheio*” para se referir a volume. Durante essa discussão, não deixamos de salientar o caráter tridimensional que o volume tem e o relacionamos com medidas cúbicas. Pedimos exemplo de materiais que ocupam um grande volume, mas é leve e obtivemos como resposta o ar. Pedimos um exemplo de algo que, mesmo com um pequeno volume, possui uma grande massa e a resposta dada foi o chumbo. Após toda a discussão apresentamos a fórmula matemática da densidade e, com os exemplos dados pelos alunos, propusemos um cálculo para mostrar que a densidade é menor para substâncias que, num dado volume, apresentam pouca massa e é maior se, nesse mesmo volume, sua massa for considerável.

Agora recordamos que, ao perguntar se água e óleo se misturam, todos responderam que não. No entanto, quando dissemos que essa resposta está errada, percebemos certa incredulidade de alguns, manifestada por expressões faciais e lamentos verbais. Alguns comentaram que, se até o seu professor tinha dito que água e óleo não se misturavam, então como que poderíamos afirmar que sim?

Em seguida, colocamos em um recipiente transparente água e óleo e mostramos a todos, perguntando como que esse sistema é conhecido por todos. Imediatamente obtivemos como resposta tratar-se de uma mistura heterogênea. Perguntamos se todos estavam de acordo ou se prefeririam outra explicação, mas não percebemos manifestações. Novamente, perguntamos se água e óleo se misturavam, e novamente tivemos como resposta, não. Então perguntamos como que é chamado o sistema em questão, e vários, com risos e espanto, responderam “mistura heterogênea”. Expusemos a todos que até aquele momento sempre foi dito que água e óleo não se misturavam, mas que o nome do sistema é “mistura”. Algo não está claro ou, melhor dizendo, parece que algo está bastante confuso nessa definição. Nesse momento, as palavras miscível e imiscível são apresentadas a todos para ser usadas no lugar de mistura homogênea entre líquidos e mistura heterogênea entre líquidos,

respectivamente, e as palavras solúvel e insolúvel quando se tratar de misturas entre sólidos e líquidos. Foi dito a todos que água e óleo não são miscíveis, mas que água e óleo se misturam, sim, só que de forma heterogênea.

Nesse instante, propomos outro sistema formado por óleo e álcool. Um dos alunos disse “acho que eles se misturam”, perguntamos, então: “você quer dizer que eles se misturam ou que eles são miscíveis?” – o que foi rapidamente corrigido pelo aluno. Em seguida, propomos: “O que vocês acham de esquecermos a palavra mistura para esses sistemas, afinal, misturar é colocar junto e isso eles podem fazer”. O sistema formado pelos dois é então mostrado a todos, e percebe-se uma reação de espanto em alguns ao notarem que nesse sistema é o óleo que se deposita por baixo. Mostramos os recipientes contendo as duas misturas, um em cada uma das mãos e ao mesmo tempo. Perguntamos se todos concordam com a afirmação de que água e óleo não são miscíveis e que álcool e óleo também não o são, mas que nos dois casos temos uma mistura. Heterogênea, mas uma mistura. Propomos uma pergunta para os alunos: “por que o óleo se deposita na parte superior em um sistema com a água, enquanto que, no outro sistema com o álcool, deposita-se na parte inferior?”. Alguns responderam que isso acontece devido à densidade. Destacamos que é justamente nisso que a densidade interfere, pois é ela que determina qual substância formará a fase superior e qual a fase inferior, mas não determina qual substância é miscível e qual não é.

Para comprovar o que foi dito, medimos 50mL de água e verificamos em uma balança sua massa, calculando, assim, o valor de sua densidade. Repetimos o procedimento com o óleo e com o álcool, encontrando os valores: 0,9924g/mL para a água, 0,9156g/mL para o óleo e 0,7966g/mL para o álcool. Depois do procedimento experimental, destacamos as densidades encontradas e mostramos a todos que, se o que imaginavam a respeito da densidade fosse correto, não poderiam a água e o álcool ser miscíveis, pois suas densidades são muito mais diferentes que da água e do óleo, quando comparadas. Porém, não é isso que se verificava, já que álcool é infinitamente miscível em água e não o é em óleo. Uma observação importante feita por nós é a verificação de que todas as densidades dos líquidos envolvidos são diferentes e, portanto, se a impressão de que alguns líquidos são imiscíveis por apresentarem

densidades diferentes estivesse correta, todos os líquidos quando misturados formariam sistemas heterogêneos. Nesse momento destacamos que, se colocarmos água e álcool juntos, o sistema formado deveria ser heterogêneo, pois suas densidades são as mais distantes das observadas, mas não é isso que se verifica. Colocamos álcool e água juntos em um Becker para mostrar essa afirmação. Fizemos com que todos notassem que, em um sistema, o óleo está em cima e no outro, ele está em baixo, e pedimos para que comparassem com o valor das densidades calculadas. Alguns comentaram que o óleo, por ser mais denso, depositou-se no fundo do sistema, enquanto que na água ele permaneceu na parte superior do sistema, pois a água apresenta densidade maior. Importante destacar que quem determinava qual substância se depositava na parte inferior e qual permanecia na superior era a densidade, mas não seria ela a responsável pela miscibilidade ou imiscibilidade dos sistemas.

Perguntamos agora: “se não é a densidade que determina se o sistema será homogêneo ou heterogêneo, o que determina então?” Não ouvimos uma resposta, e foi então apresentado o termo “polaridade das substâncias” como resposta à pergunta. Para comprovar o que foi dito, demonstramos uma nova experiência em que uma régua de plástico atritada em lã é aproximada de um filete de água provocando o desvio do mesmo. Fato semelhante se observa quando o filete é de álcool. Mas não é observado quando esse filete é de óleo. Imediatamente alguns já demonstram perceber semelhanças elétricas entre a água e o álcool e distinção desses com o óleo. Durante a experiência, comentamos sobre cargas elétricas que se atraem e se repelem. Relacionamos essa situação com as moléculas de um modo geral, comentando que as possuidoras de polos são chamadas de polares e as que não apresentam evidências de polos são as apolares. Mostramos o álcool sendo atraído pela régua atritada e pedimos uma explicação para o fato. Foi quando alguns propuseram que se tratava de uma substância polar. Isso foi repetido com a água e chegou-se a uma conclusão semelhante. Fizemos o procedimento todo com o óleo e verificamos que este não sofre atração pela régua. Foi quando vários alunos disseram: “porque ele é apolar”. Isso levou-nos a acreditar que muitos compreenderam a experiência.

Repassamos os fatos vistos até ali comentando que existe líquido que flutua em outro líquido, mas que quando colocado em um terceiro líquido, ele poderá afundar e que isso é determinado pela densidade de cada um dos líquidos envolvidos. Que encontramos líquido que é atraído por uma régua atritada e outro que não é atraído – o que determina as características elétricas dos mesmos, e que explicaria por que existe líquido que não é miscível em outro líquido, mas que pode ser miscível em um terceiro. Fizemos, então, novamente a pergunta: “água e óleo se misturam?” muitos responderam “sim, pois é uma mistura heterogênea”. Dissemos, então, que eles não são é miscíveis, mas que se misturam. Perguntamos a todos, “por que água e óleo não são miscíveis?”. Um aluno respondeu: “por causa da polaridade”. Vários alunos recordaram que o óleo é apolar e a água é polar. Em seguida, perguntamos, “por que água e álcool são miscíveis?” e vários responderam “devido a semelhanças na polaridade de suas moléculas”.

5.3 – Dados Colhidos Após a Aplicação da Proposta Didática

Após a aplicação da sequência didática, as respostas dos alunos foram categorizadas conforme os critérios apresentados no quadro 3. E a frequência das respostas dos alunos, por categorias de análise, é mostrada no gráfico 1.

Classificação da resposta	Critérios para a classificação das respostas
Satisfatório	A resposta está correta e o aluno usou de forma adequada os conceitos envolvidos.
Parcialmente satisfatório	A resposta está correta, mas o aluno apresentou confusões com algum termo científico.
Insatisfatório	A resposta está errada.
Não classificado	A resposta não está legível.
Não respondeu	O aluno não devolveu o material de pesquisa ou não participou dessa etapa da pesquisa.

Quadro 3 – Critérios de classificação das respostas dos alunos.

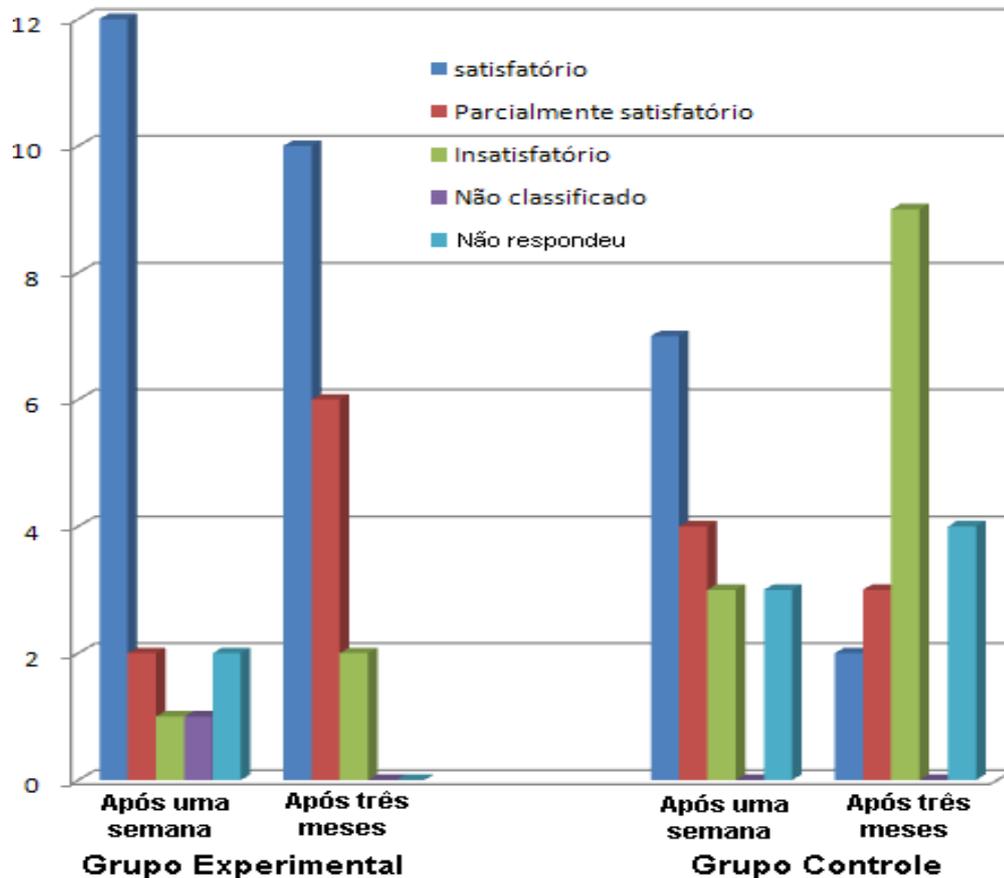


Gráfico 1 – Frequência das respostas dos alunos por categorias de análise.

Antes da intervenção didática, todos os alunos pesquisados afirmavam que água e óleo não se misturavam e 73,8% creditavam à densidade, e não às forças intermoleculares, o fato da imiscibilidade do sistema água e óleo. Porém, logo após a intervenção, somente um aluno permaneceu afirmando que água e óleo não se misturam e 66,7% foram devidamente satisfatórios em suas explicações sobre a imiscibilidade desse sistema como o aluno 22:

— *Eu concluí que a densidade determina apenas a substância que fica em cima e a que fica em baixo. Pois a polaridade determina o porquê da água e o óleo, ou qualquer outra mistura heterogênea, não ficam juntos.*

Ou parcialmente satisfatórios em suas explicações sobre a imiscibilidade desse sistema, como o aluno 26:

— *O melhor fator para justificar o porquê de água e óleo não se misturarem é a polaridade é o fator mais correto. A densidade é medida para sabermos a quantidade de matéria em um espaço.*

Três meses depois, esse número teve pequeno recuo para 63,8%, e quando, aos alunos é perguntado se água e óleo se misturam, tivemos respostas como a do aluno 08:

— *Sim, pois só o fato de eles estarem no mesmo recipiente eles são uma mistura. Eles não se miscibilizam.*

E como a do aluno 18:

— *Eles dois formam uma mistura heterogênea, por causa do nível de polaridade da água e do óleo, ao contrário do que muitos pensam não tem nada a ver com a densidade, a densidade só serve para “falar” quem fica em cima e quem fica em baixo.*

Cinco meses depois da intervenção didática, o número de respostas satisfatórias ou parcialmente satisfatórias permanecia praticamente inalterado, pois 61,7 %, das respostas dos alunos apontavam para um efetivo entendimento das implicações relativas a forças intermoleculares e o desaparecimento da palavra densidade como explicadora do fenômeno. 32,8% deles julgaram equivocada a formulação da questão número 04 da pesquisa

feita por Rossi et AL (2008, p.6) em que é dito “*Quem já tentou juntar óleo e água, notou que esses líquidos não se misturam*”.

Para a questão 02 do teste aplicado, passados cinco meses, o resultado foi semelhante ao relatado na pesquisa de Rossi et AL (2008), pois 85,3% dos alunos acertaram, e isso representa o maior número de acerto verificado. Mas para a questão 03, os números de nossa pesquisa indicam uma diferença bastante acentuada para a pesquisa de Rossi et AL (2008), pois somente 35,3% dos nossos pesquisados erraram, contra 70% dos investigados pela outra pesquisa – o que aponta uma clara modificação dos conceitos relativos à densidade.

6 - CONCLUSÃO

Como densidade não é um termo nascido do cotidiano, e é usado para explicar fenômenos diferentes, cujas causas não apresentam ligações entre si, é possível afirmar, após essa pesquisa, que se trata de um obstáculo epistemológico verbalista, segundo Bachelard, criado principalmente pelos livros didáticos que se mostraram confusos na abordagem de alguns conceitos envolvidos – o que explicaria por que a maioria dos alunos do ensino médio, 73,8%, usa esse termo como motivo para a imiscibilidade do sistema água e óleo.

A mudança de abordagem, relativa a misturas e densidade, demonstrou ser um caminho eficaz para se evitar que alunos do ensino médio, quando questionados sobre o motivo da heterogeneidade dos sistemas, atribuam esse fato à densidade, pois essa mudança impedia a formação do obstáculo epistemológico que hoje são criados e reforçados por professores e livros didáticos.

Utilizando os passos pedagógicos propostos por Astolfi, criamos uma sequência didática que se mostrou eficiente, pois notamos que a incompreensão sobre os conceitos de densidade não mais seriam motivadores da não compreensão, por parte dos estudantes do ensino médio, dos conceitos científicos relativos às forças intermoleculares evidenciados na imiscibilidade do sistema água e óleo – o que demonstra ser um indicativo de que densidade não mais representaria um obstáculo à compreensão de forças intermoleculares. Essa proposta de sequência didática contribuiu para solucionar esta situação e o desenvolvimento dessa pesquisa permitiu disponibilizá-la para a comunidade docente.

A análise das situações didáticas distintas, desenvolvidas pela nossa pesquisa, permitiu a conclusão de que realmente um obstáculo à aprendizagem pode, muitas vezes, estar sendo ignorado por educadores e, por consequência, criar dificuldades quase intransponíveis ao entendimento de conceitos científicos. Nossa pesquisa se preocupou em resolver uma dessas situações: a relação entre densidade e forças intermoleculares, mas outras

ainda pedem investigação, como a relação da densidade com a viscosidade, a confusão entre densidade e concentração e de densidade com massa.

Esta pesquisa teve a preocupação de destruir um obstáculo epistemológico já instalado há tempos no imaginário coletivo da sociedade, o que se efetivou com 61,7% dos entrevistados, mas o ideal é que se evite a formação do obstáculo. Para isso, propomos um estudo mais detalhado do que o visto nesta pesquisa, sobre o uso do termo *misturas* como sinônimo de homogeneidade, pois é provável que isso possa estar produzindo um dos pilares de sustentação do obstáculo epistemológico observado nesta pesquisa, já que é comum frases como: *...ouvirem falar em derramamento de petróleo e que este fica na superfície, não se “misturando” com a água do mar e nem afundando* (MARCONDES, 2008 p. 72). Que não seja utilizado em sala de aula, e também nos livros didáticos, o termo misturar para exemplificar sistemas homogêneos e não misturar para sistemas heterogêneos, pois também é comum frases como *“Quem já tentou juntar óleo e água, notou que esses líquidos não se misturam* (ROSSI et al – 2008 p. 6), equívoco esse observado inclusive por 38,2% dos alunos em nossa pesquisa.

Também como sugestão de estudo, propomos a possibilidade de, nos livros didáticos e nas aulas dos professores de química, o conceito de misturas ser contraponto do conceito de reação química, pois, se existem substâncias que não se misturaram, então é porque elas reagiram. Atualmente, da forma como os conceitos de misturas e reações são expostos, os alunos entendem que água e óleo *NÃO se misturam*, e isso é possivelmente reforçado pelos livros didáticos, por ditados populares, por pesquisadores e professores de diferentes áreas. Porém, quando perguntados sobre que tipo de sistemas, eles formam são instruídos a responder que se trata de uma mistura heterogênea. Como podemos afirmar que água e óleo não se misturam, se classificamos esse sistema como uma mistura? Propomos, então, uma investigação para a viabilidade de se trocar os termos mistura homogênea e mistura heterogênea por sistema homogêneo e sistema heterogêneo, e de que mistura seja apenas a reunião de substâncias que não reagem entre si.

O desenvolvimento desta pesquisa contribuiu para a superação das dificuldades dos alunos do ensino médio na compreensão dos conceitos

científicos relativos à densidade e miscibilidade, para a maioria dos pesquisados. Mas se pretendemos que os alunos, ao final do ensino fundamental, tenham capacidade de saber utilizar conceitos científicos básicos, associados à energia, matéria, transformação, espaço, tempo, sistema, equilíbrio e vida, conforme estabelecidos nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997), temos que, urgentemente, modificar a abordagem de alguns assuntos vistos em química, pois, no que diz respeito à densidade e a misturas, esses objetivos estão longe de serem atingidos. Fica claro para nós que o conceito de miscibilidade para os alunos é completamente ignorado, e essa lacuna é preenchida pela densidade. Como essa generalização ocorre com praticamente todos os alunos pesquisados, parece-nos óbvio que o erro seja cometido devido a abordagens equivocadas dos educadores, que, por sua vez, também apresentam profundos equívocos conceituais que podem ser reforçados pelos próprios materiais didáticos disponíveis.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, P. C. C. Naturalizando a epistemologia. **Epistemologia e cognição**. Brasília: Editora UnB, 1993. 171-218.
- ALMEIDA, M. L.; MEROTTO JR A.; SANGOI L.; ENDER M.; GUIDOLIN A. F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento, **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30 n.1, Jan./Mar, 2000.
- ALVES M. C. G.P.; GURGEL S. DE M.; ALMEIDA M. DO C. R. Plano amostral para cálculo de densidade larvária de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* no Estado de São Paulo, Brasil, **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v.25 n.4, 1991.
- ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. **A didática das ciências**. 7 ed. Campinas: Papyrus, 2002.
- ASTOLFI, J.P. El Trabajo Didáctico de los Obstáculos, en el Corazón de los Aprendizajes Científicos, **Enseñanza de las Ciencias**, v.12 n.2, p.206-216 1994.
- AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicología educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto Editora, 1996.
- BACHELARD, G. **Epistemologia**: Trechos escolhidos por Dominique Lecourt. trad. Nathanael C. Caixeiro. 2 ed. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1983.
- BACHELARD, G. **A Filosofia do Não/O Novo Espírito Científico/A Poética do Espaço**: Coleção Os Pensadores. São Paulo: Ed Abril, 1978.
- BARRA, E. S. O. A Realidade do Mundo da Ciência: um Desafio para a História, a Filosofia e a Educação Científica. **Ciência & Cultura**, UNESP, Bauru, SP, v.5, n.1, p.15-26. 1998.
- BAZÍLIO, H. O.; NAVES, A. T.; MENDONÇA, D. M.; SOARES, M. H. F. **Como os Alunos Entendem o Conceito de Densidade – Parte 2**. 29ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2005 Disponível em: <<http://sec.sbq.org.br/cd29ra/resumos/T0165-1.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2009
- BENABOU, J. E.; ROMANOSKI, M. **Química**. Volume Único. São Paulo: Ed. Atual, 2003.
- BERTULANI, C.A. **Viscosidade, Turbulência e Tensão Superficial** - Projeto de Ensino de Física a Distância. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/hidrodinamica/viscosidade.html>>. Acesso em: 29 set. 2009.

BIANCHI, J. C. A.; ALBRECHT, C. H.; MAIA, D. J. **Universo da Química: Ensino Médio**. Volume único. 1 ed. São Paulo: FTD, 2005.

BRASIL. 1997 **Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências Naturais**. Brasília/DF: MEC/SEF,.

CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. C. **Delineamentos Experimentais e Quase-Experimentais de Pesquisa**. São Paulo: E.P.U., 1979.

COELHO, S. M. **Referências Bibliográficas Organizadas em Didática das Ciências**. Cad. Cat. Ens. Fís. , Florianópolis, v. 8, n. 3, p. 181-192, dez. 1991.

COTTON, F.A.; WILKINSON, G. **Química Inorgânica**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científico Editora, 1978.

DA SILVA, C. E. ; DE SOUZA, F. S. **A Aplicação da Lei de Coulomb no Modelo de Formação das Nuvens**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em:
<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0532-1.pdf>>.
Acesso em: 18 set. 2009.

DE SOUZA M. V. J. ; DANTAS V. A. ; DE FREITAS FILHO J. R.; DE ALMEIDA M. A. V. Utilização de Situação de Estudo Como Forma Alternativa para o Ensino de Física. **Ensaio – Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 11, n.1, jun. 2009.

DO CARMO, M. P.; MARTORANO, S. A. A.; MARCONDES, M. E. R. Um Estudo Sobre a Evolução Conceitual dos Estudantes na Construção de Modelos Explicativos Relativos ao Conceito de Solução e ao Processo de Dissolução. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. extra, p. 1-8, 2005.

EBENEZER, J. V.; ERICKSON, G. L. Chemistry Student's Conceptions of Solubility: A Phenomenography. **Science Education**, v. 80, n. 2, p.181 - 201, abr. 1996.

FARIA, A.G.V. **Por Que Água e Óleo Não se Misturam?** – Trabalho de conclusão de curso. Campo Grande: UFMS, 2006.

FELTRE, R.; YOSHINAGA, S. **Química Geral Teoria e Exercícios**. São Paulo: Ed. Moderna, 1974.

FERREIRA, A,B.de H. **Dicionário de Língua Portuguesa**. 3 ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 1993.

FLICK, U. **Uma Introdução a Pesquisa Qualitativa**. trad. Sandra Netz . 2 ed. Porto Alegre: Editora Brokman, 2004

GARNIER, C. **Após Vygotsky e Piaget: Perspectiva Social e Construtivista**. Escola Russa e Ocidental. trad. Eunice Gruman. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

LABURÚ, C. E.; CARVALHO, A. M. P. Uma Descrição da Forma do Pensamento dos Alunos em Sala de Aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.17, p. 243-254, set. 1995.

LAKATOS, i.; MUSGRAVE, A. **A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento**. São Paulo: Editora Cultrix, 1979.

LÔBO, S.F.O. Ensino de Química e a Formação do Educador Químico, Sob o Olhar Bachelariano. **Revista Ciência e Educação**, v.14, p.89-100, 2008.

LOPES, A. C. Livros Didáticos: Obstáculos ao Aprendizado da Ciência Química - Obstáculos Animistas e Realistas. **Química Nova**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 254-261, 1992.

LOPES, A. C. Contribuições de Gaston Bachelard ao Ensino de Ciências. **Enseñanza de Las Ciencias**, v.11, n. 3, p. 324-330, 1993^a.

LOPES, A. C. Livros Didáticos: Obstáculos Verbais e Substancialistas no Aprendizado da Ciência Química. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v. 177, n. 74, p. 309-334, 1993^b.

LOPES, A. C. Bachelard: o Filósofo da Desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n. 3, p. 248-273, 1996.

MARCONDES M. E. R. Proposições Metodológicas para o Ensino de Química: Oficinas Temáticas para a Aprendizagem da Ciência e o Desenvolvimento da Cidadania. **Em Extensão**, Uberlândia, v. 7, p. 67 - 77, 2008.

MINAYO, M. C. de S. **O Desafio do Conhecimento: Pesquisa Qualitativa em Saúde**. 9 ed. São Paulo: Hucitec, 2006.

MORTIMER, E.F. Conceptual Change or Conceptual Profile Change?. **Science & Education**, v. 4, n. 3, p. 267-285, jul. 1995.

MORTIMER, E.F. Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 1, n. 1, p. 20-39, mar.1996.

MORTIMER, E.F. **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: ed. UFMG, 2000.

MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. Quanto mais Quente Melhor: Calor e Temperatura no Ensino de Termoquímica. **Revista Química Nova na Escola**, n. 7, p. 30-34, mai. 1998.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química para o Ensino Médio**. volume único. São Paulo: Scipione, 2002.

MÓL, G. de S.; Dos SANTOS, W. L. **Química e Sociedade**. Volume Único São Paulo: Nova Geração, 2005.

NAKAGAWA J., MACHADO, J. R., ROSELEM, C. A. Efeito da Densidade de Plantas e da Época de Semeadura na Produção e Qualidade de Sementes de Sojarevista. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 8, n.3, p. 99-112, 1986.

NEWTON, I. **Philosophiae Naturalis Principia Mathematica**. The 3rd edition 1726 com modificações de Bernard Cohen, Cambridge University Press, 1972.

NÓBREGA, O. S.;SILVA, E. R.;SILVA,R. H. **Química volume único**.1 ed. São Paulo: Ática, 2005.

OLIVEIRA, R. J. O Mito da Substância. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 8-11, mai.1995.

OLIVEIRA, R. J. **A Escola e o Ensino de Ciências**. São Leopoldo: ed. UNISINOS, 2000.

OLIVEIRA, J. E .M., TORRES J. B., MOREIRA A. F. C.; ZANUNCIO J. C. **Efeito da Densidade de Presas e do Acasalamento na Taxa de Predação de Fêmeas de *Podisus Nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) em Condições de Laboratório e Campo**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ne/v30n4/a20v30n4.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2009

PARENTE, L. T. de S. **Bachelard e a Química: No Ensino e na Pesquisa**. Fortaleza: EUFC / Stylus, 1990.

PEREIRA, M. M. **Do Empírico Ao Teórico: Um Plano de Aula para o Ensino do Princípio de Arquimedes no Ensino Médio**. - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Disponível em: <http://omnis.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/anais/2009snef/MartaMT0140-2.pdf>. Acesso em: 20 set. 2009.

PERUZZO, F. M.;CANTO, E. L. – **Química na Abordagem do Cotidiano**. 3 ed. São Paulo: Moderna, 2003.

PIAI D. **Hipóteses Sobre a Combustão Entre os Alunos do Ensino Médio: a Epistemologia de Gaston Bachelard**. Mestrado. Universidade Estadual de Maringá, 2007. Disponível em: <<http://www.pcm.uem.br/media/dissertacoes/bcc7146af3048fc.pdf> >. Acesso em: 23 set. 2009.

PIAGET,J. **Experiências Básicas para Utilização pelo Professor**. Trad. Íris Barbosa Goulart. 3 ed.Rio de Janeiro: Vozes, 1983.

PIAGET, J.; GARCIA, R. **Psicogénesis e Historia de la Ciencia**. 2 ed. México: Siglo Veintiuno Editores, 1984.

PIAGET, J. **Como se Desarrolla la Mente del Niño. Los Años Postergados: La Primera Infancia**. Paris : UNICEF, 1975.

POSNER, G.J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W. e GERTZOG, W.A.. Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. **Science Education**, Nova York, v. 66, n. 2, p.211,1982.

ROSSI, A. V.; MASSAROTTO, A. M.; GARCIA, F.B.T.; ANSELMO, G.T.; DE MARCO, I. L. G.; CURRALERO, I.C.; TERRA, J.; CORREA S. Z.; Reflexões Sobre o que se Ensina e o que se Aprende Sobre Densidade a partir da Escolarização – **Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química**. Curitiba/PR: UFPR, jul. 2008. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0034-2.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2009.

RUSSEL, J. B. **Química Geral**. Trad. Márcia Guenkezian. 2 ed. São Paulo: Books do Brasil Ed Ltda, 1994.

SANCHEZ, G.; BUENO, A.; PÉREZ, M. A. V. La Utilización de un Modelo de Planificación de Unidades Didácticas: El Estudio de las Disoluciones en la Educación Secundaria. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 15, n. 1, 1997.

SILVA V. O. **Hidrostática e o Cotidiano do Aluno**. Instituto Superior de Educação. Disponível em : <<http://www.unisalesiano.edu.br/encontro2007/trabalho/aceitos/PO35948903842.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2009.

SILVA, V. R., REINERT, D. J., REICHERT, J. M. - Densidade do Solo, Atributos Químicos e Sistema Radicular do Milho Afetados pelo Pastejo e Manejo do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 191 - 199, 2000.

TIEDEMANN, P. W. - Conteúdos de Química em Livros Didáticos de Ciências. **Ciência e Educação**, v. 5, n. 2, p. 15-22, 1998.

WADSWORTH, B. **Inteligência e Afetividade da Criança**. 4. ed. São Paulo : Enio Matheus Guazzelli, 1996.

ANEXO

Anexo A - Modelo do questionário aplicado após cinco meses da intervenção.

As quatro primeiras questões foram retiradas da pesquisa sobre densidade (ROSSI, A. 2008). A questão 05 foi acrescentada para se investigar o conceito relativo à densidade e a questão 06, para verificar se os alunos perceberiam o equívoco da questão 04 destacado aqui em negrito.

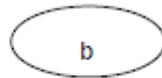
01. VOCÊ SABE O QUE É DENSIDADE?

- NÃO, NADA UM POUCO MAIS OU MENOS MUITA COISA
 SIM, TUDO

02) UMA CAIXA PARA TRANSPORTE DE CARGA ESTÁ TOTALMENTE LOTADA COM 10 KG DE CHUMBO. ESTA MESMA CAIXA SERÁ USADA PARA TRANSPORTAR 10KG DE ISOPOR EM FLOCOS. RESPONDA O QUE DEVE ACONTECER:

- A CAIXA FICARÁ LOTADA, CABENDO TODO O ISOPOR, E O TRANSPORTE PODERÁ SER FEITO.
 A CAIXA FICARÁ LOTADA, CABENDO TODO O ISOPOR, E É PRECISO REFRIGERAR A CARGA PARA O TRANSPORTE .
 A CAIXA NÃO FICARÁ LOTADA, CABENDO TODO O ISOPOR E O TRANSPORTE PODERÁ SER FEITO.
 A CAIXA FICARÁ LOTADA E NÃO CABERÁ TODO O ISOPOR .
 A CAIXA FICARÁ LOTADA MAS CABERÁ TODO O ISOPOR SE HOUVER REFRIGERAÇÃO PARA O TRANSPORTE.

3) AS FIGURAS ABAIXO REPRESENTAM 3 PEDAÇOS DE ISOPOR: A, B E C. O QUE SE PODE DIZER SOBRE OS VALORES DAS DENSIDADES D_A , D_B E D_C ?

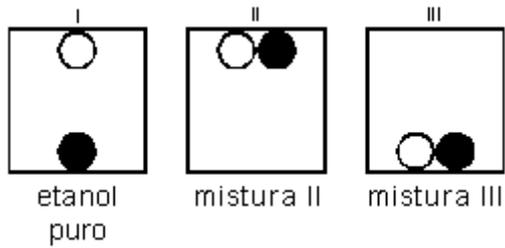


- $D_A = D_B = D_C$ $D_A = D_B > D_C$ $D_A = D_B < D_C$
 $D_A > D_B > D_C$ $D_A < D_B < D_C$

4) QUEM JÁ TENTOU JUNTAR ÓLEO E ÁGUA, NOTOU QUE **ESSES LÍQUIDOS NÃO SE MISTURAM**: O ÓLEO FICA BOIANDO SOBRE A ÁGUA. PARA EXPLICAR ISSO, VÁRIAS IDÉIAS PODEM VIR À MENTE. ASSINALE A ALTERNATIVA MAIS CORRETA.

- LÍQUIDOS COM DENSIDADES DIFERENTES NÃO SE MISTURAM
 LÍQUIDOS COM MOLÉCULAS DIFERENTES NÃO SE MISTURAM PORQUE TÊM DENSIDADES DIFERENTES
 LÍQUIDOS COM POLARIDADES DIFERENTES MAS COM DENSIDADES IGUAIS PODEM SE MISTURAR
 LÍQUIDOS COM POLARIDADES DIFERENTES MAS COM DENSIDADES IGUAIS NÃO SE MISTURAM
 TODOS OS LÍQUIDOS COM DENSIDADES IGUAIS MISTURAM -SE ENTRE SI

05. OBSERVE AS FIGURAS:



Essas figuras representam densímetros como aqueles utilizados em postos de gasolina. O primeiro contém etanol puro ($d = 0,8 \text{ g/cm}^3$). Dos dois restantes, um está cheio de etanol e água ($d = 1,0 \text{ g/cm}^3$) e outro, de etanol e gasolina ($d = 0,7 \text{ g/cm}^3$). Com base nessas informações, é possível afirmar que:

- a densidade da bola preta é maior que $1,0 \text{ g/cm}^3$
- no densímetro II, a mistura tem densidade menor que $0,8 \text{ g/cm}^3$
- no densímetro II, a mistura contém gasolina
- a densidade da bola branca é menor que $0,8 \text{ g/cm}^3$
- no densímetro III, a mistura contém água

06. Analisando todas as questões propostas acima, qual ou quais você mudaria a elaboração, apontando as mudanças sugeridas e justificando o motivo dessas mudanças.

APÊNDICE

Apêndice A - Por que água e óleo não se misturam? Respostas dos alunos conforme Faria (2006).

