UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

RENATA ROSA DOTTO BELLAS

O ENSINO E A APRENDIZAGEM DO CONCEITO QUÍMICO DE SUBSTÂNCIA COMO MATERIAL PURO

Salvador

2012

RENATA ROSA DOTTO BELLAS

O ENSINO E A APRENDIZAGEM DO CONCEITO QUÍMICO DE SUBSTÂNCIA COMO MATERIAL PURO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Instituto de Física da UFBA, Universidade Federal da Bahia, Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Luis de Paula Barros Silva

Salvador
2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Em elaboração

RENATA ROSA DOTTO BELLAS

O ENSINO E A APRENDIZAGEM DO CONCEITO QUÍMICO DE SUBSTÂNCIA COMO MATERIAL PURO

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia.

Banca Examinadora

Prof. Dr. José Luis de Paula Barros Silva – Orientador _____
Universidade Federal da Bahia

Prof[a]. Dra. Rosiléia Oliveira de Almeida _____
Universidade Federal da Bahia

Prof[a]. Dra. Irene Cristina de Mello _____
Universidade Federal de Mato Grosso

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sabedoria e por me conceder o bem maior: A VIDA.

Ao inesquecível orientador José Luis de Paula Barros Silva, sempre atencioso, paciente e prestativo, pelo incentivo, crescimento e aprendizado.

Aos meus pais Lázaro e Elizete, pela dedicação, princípios e valores que contribuíram para minha formação. Em especial, dedico esta realização à minha mãe, pelo apoio e por estar presente em todas as horas da minha vida, fazendo-me renovar as forças até nos momentos mais difíceis.

À minha filha Eduarda e ao meu esposo Marcelo, pelo amor, carinho, e por compreenderem os momentos em que não pude estar presente.

Aos meus irmãos Nathalia e Rodrigo pela torcida, estímulo e admiração.

À minha tia Niscinha, pelas palavras de incentivo, apoio e orações.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, pela relevante colaboração.

A Edilson Fortuna de Moradillo, Irene Cristina de Mello e Rosiléia Oliveira de Almeida, por aceitarem o nosso convite e terem contribuído no aprimoramento do trabalho.

Aos estudantes da primeira série do ensino médio que participaram desta investigação, tornando possível a realização de nossa pesquisa.

À professora Juliana, por ter nos recebido muito bem, acolhido nossa proposta e cedido parte de suas aulas para execução da mesma.

Muito obrigada por possibilitarem essa experiência enriquecedora, extremamente importante para meu crescimento pessoal e profissional.

Ainda pior que a convicção do não e a incerteza do talvez é a desilusão de um quase.

É o quase que me incomoda, que me entristece, que me mata trazendo tudo que poderia ter sido e não foi.

Quem quase ganhou ainda joga, quem quase passou ainda estuda, quem quase morreu está vivo, quem quase amou não amou.

Basta pensar nas oportunidades que escaparam pelos dedos, nas chances que se perdem por medo, nas ideias que nunca sairão do papel por essa maldita mania de viver no outono.

Pergunto-me, às vezes, o que nos leva a escolher uma vida morna; ou melhor não me pergunto, contesto. A resposta eu sei de cór, está estampada na distância e frieza dos sorrisos, na frouxidão dos abraços, na indiferença dos "Bom dia", quase que sussurrados. Sobra covardia e falta coragem até pra ser feliz.

A paixão queima, o amor enlouquece, o desejo trai.

Talvez esses fossem bons motivos para decidir entre a alegria e a dor, sentir o nada, mas não são. Se a virtude estivesse mesmo no meio termo, o mar não teria ondas, os dias seriam nublados e o arco-íris em tons de cinza.

O nada não ilumina, não inspira, não aflige nem acalma, apenas amplia o vazio que cada um traz dentro de si.

Não é que fé mova montanhas, nem que todas as estrelas estejam ao alcance, para as coisas que não podem ser mudadas resta-nos somente paciência, porém, preferir a derrota prévia à dúvida da vitória é desperdiçar a oportunidade de merecer.

Pros erros há perdão; pros fracassos, chance; pros amores impossíveis, tempo.

De nada adianta cercar um coração vazio ou economizar alma. Um romance cujo fim é instantâneo ou indolor não é romance.

Não deixe que a saudade sufoque, que a rotina acomode, que o medo impeça de tentar.

Desconfie do destino e acredite em você. Gaste mais horas realizando que sonhando, fazendo que planejando, vivendo que esperando porque, embora quem quase morre esteja vivo, quem quase vive já morreu

Quase

Luís Fernando Veríssimo

RESUMO

O conceito de substância tem um papel fundamental na química, já que este se refere à composição dos materiais, que é uma ideia estruturadora do pensamento químico. Diversas pesquisas da área de ensino de química apontam uma série de problemas associados ao ensino e à aprendizagem deste conceito. Devido ao seu papel central na química, elaboramos uma proposta de ensino a fim de favorecer a aprendizagem do conceito químico de substância segundo o critério de pureza material. O problema principal da pesquisa foi investigar o ensino e a aprendizagem do conceito químico de substância fundamentados pela Teoria da Aprendizagem Significativa. Antes da elaboração da proposta, analisamos o conceito de substância no conhecimento químico e nos livros didáticos de química para o Ensino Médio. Verificamos que nenhum livro didático atende o nosso referencial teórico e que a forma simplista como o conceito de substância é apresentado pode ter como resultado uma aprendizagem capaz de se constituir em obstáculo para uma posterior compreensão do conceito em estudo. A investigação ocorreu em uma sala de aula do primeiro ano do ensino médio no Colégio Estadual Odorico Tavares. O diagnóstico do conhecimento prévio ao ensino mostrou que os estudantes desconheciam o conceito de substância como material puro e que o conhecimento espontâneo (concepções do senso comum) influenciava fortemente suas concepções. Após a aplicação da sequência didática, verificamos que a maioria dos estudantes apresentou concepções adequadas em relação aos conceitos de material puro, material impuro, substância e mistura e passaram e estabelecer relações conceituais coerentes. Esta evolução em relação à aprendizagem dos estudantes foi constatada na análise do exercício de consolidação, dos mapas conceituais, do pós-teste e das falas dos estudantes. Portanto, concluímos que a nossa proposta de ensino, apoiada na Teoria da Aprendizagem Significativa, favoreceu a aprendizagem do conceito de substância como material puro.

Palavras-chave: ensino de química, aprendizagem significativa, pureza material, conceito de substância.

ABSTRACT

The concept of substance has an important role in chemistry, since this refers to the composition of materials, which is a structuring idea of chemical thought. Several researches of chemistry teaching area indicate a number of problems associated with teaching and learning of this concept. The main problem of the research was to investigate the teaching and learning of the concept of chemical substance justified by Meaningful Learning Theory. In order to foster the learning of the concept of chemical substance at the discretion of material purity we elaborate a teaching proposal. Before elaborating the proposal, we discussed the concept of substance in the chemical knowledge and in textbooks of chemistry for high school. We note that no textbook meets our theoretical referential because the concept of substance is simplistically presented. It can result in a barrier for a later understanding of the concept under study. Research occurred at a first year classroom of high school in Colégio Estadual Odorico Tavares. The diagnosis of prior knowledge showed that students didn't know the concept of substance as a pure material and their knowledge was strongly influenced by spontaneous conceptions. After applying the didactic sequence, we see that most students have shown appropriate concepts in relation to the concepts of pure material, impure material, substance and mixture and established consistent conceptual relations. This evolution in relation to students' learning was observed in the analysis of the consolidation exercise, conceptual maps, post-test and speeches of the students. Therefore, we conclude that our educational proposal based in Meaningful Learning Theory, favored learning concept of substance as a pure material.

Keywords: teaching chemistry, meaningful learning, purity material, concept of substance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Mapa conceitual sobre classificação dos materiais em relação à pureza química 22

Quadro 1 Síntese das aulas que compuseram a sequência de ensino 26

Figura 1: Experimento intitulado Aquecendo uma substância "pura" 27

Figura 2: Experimento intitulado Purificando um material 29

Quadro 2 Livros analisados com subsequente código de identificação 36

Quadro 3 Propriedades que diferenciam substâncias e misturas no Livro C 41

Quadro 4 Classificação das substâncias no livro C 42

Quadro 5 Categorias para os conceitos de substância e mistura evidenciadas nas obras 47

Quadro 6 Síntese de respostas consideradas adequadas às questões do pré-teste e pós-teste 66

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO **11**

2. REFERENCIAL TEÓRICO 14

2.1 A teoria da aprendizagem significativa 14

2.1.1 Um ensino facilitador da aprendizagem de significados 16

2.2 O significado químico do termo substância 17

3. DELINEAMENTOS METODOLÓGICOS 23

3.1 A escola, os estudantes e a professora 24

3.2 A proposta de ensino 25

3.3 Levantamento dos dados 30

3.4 Análise dos dados 31

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 32

4.1 Investigações sobre o conceito químico de substância 32

4.2 O conceito de substância em livros didáticos de química para o ensino médio 36

4.2.1 Análise do Livro A 36

4.2.2 Análise do Livro B 39

4.2.3 Análise do Livro C 41

4.2.4 Análise do Livro D 42

4.2.5 Análise do Livro E 44

4.2.6 Análise do Livro F 45

4.2.7 Sobre o conjunto dos livros analisados 47

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 49

5.1 Conhecimento prévio ao ensino 49

5.2 Exercício de consolidação 59

5.3 Conhecimento posterior ao ensino 61

5.4 Os mapas conceituais 67

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 72

REFERÊNCIAS 74

APÊNDICES 77

1. INTRODUÇÃO

Optar por uma carreira acadêmica não é uma decisão simples de se tomar, principalmente por jovens que acabam de sair do ensino médio com suas inseguranças e inquietações. O acesso ao mercado de trabalho, condições de emprego, valorização profissional, remuneração, entre outros fatores, são questões pensadas no momento de decisão. Se indagarmos alguns profissionais da área da educação, com certeza, não teremos respostas motivadoras, já que a maioria conhece e convive com os problemas existentes no sistema público de ensino. Mesmo cientes desta realidade, a vontade de ensinar e a paixão pela química, que surgiu na primeira série do ensino médio, foram suficientes para a nossa escolha em fazer o curso de Licenciatura em Química na Universidade Federal da Bahia.

Após um ano de graduação, começamos a participar do Programa de Iniciação Científica, que foi um momento em que pudemos perceber que tínhamos tomado a decisão correta, pois a participação em um grupo de pesquisa voltado para o ensino de química só aumentava a nossa atração pela educação. Dentre os participantes do grupo, havia uma colega estudante de mestrado, graduada em Ciências Naturais, cujo projeto de pesquisa inicial estava relacionado ao conceito de substância. A fim de auxiliá-la, fomos convidados para participar do estudo.

Ao investigar o conceito de substância, tendo em vista seus aspectos históricos e epistemológicos, percebemos a sua importância para o ensino de química, o que nos motivou a estudá-lo com o propósito de propormos uma sequência didática que favorecesse uma aprendizagem significativa do mesmo. O estudo resultou num trabalho de conclusão de curso intitulado Os Conceitos Químicos de Substância e Mistura e, posteriormente, num projeto de mestrado, do qual derivou a presente dissertação.

A ideia de que, na sociedade atual, o exercício da cidadania requer o domínio de conhecimentos científicos (BRASIL, 2006) levanta a questão dos conteúdos mínimos necessários para uma formação coerente com tal finalidade. Os conceitos científicos constituem apenas uma parte desses conteúdos (SANTOS; SCHNETZLER, 1997), porém imprescindível, já que não se pode ensinar procedimentos e atitudes científicas ou relativas às ciências sem referência aos seus núcleos conceituais.

Entendemos que o conhecimento escolar tem no conhecimento científico uma forte referência. Por isso, um dos critérios — embora não seja o único — de validação dos conteúdos conceituais do conhecimento científico escolar é o vínculo com o núcleo conceitual da ciência de referência. Em decorrência desse pressuposto, consideramos que a escolha dos

conceitos químicos para compor o conhecimento escolar de química pode ser fundamentada na história da química e na epistemologia química, uma vez que o conhecimento da gênese e do desenvolvimento de um conceito permite compreender a evolução e o seu significado, favorecendo uma aprendizagem significativa.

A química possibilita a compreensão de parte do mundo material e o conceito de composição química é, como mostra a história da química, um dos eixos de sistematização do pensamento químico. Com o desenvolvimento da noção de composição química surgiram conceitos tais como substância e mistura, átomos, moléculas e íons, a noção de níveis de complexidade, entre outros de menor generalidade (SILVA et al., 2007). A composição é uma ideia estruturadora do pensamento químico. Por ideias estruturadoras entendem-se "aquelas que potencializam nosso pensamento e nossa capacidade de relacionar, sintetizar, propor explicações a partir daquilo que já se conhece" (LIMA; BARBOZA, 2005). Uma ideia estruturadora conecta com outras ideias, agregando-as em uma estrutura de pensamento.

Através da química estudam-se a composição, as propriedades e as transformações dos materiais. Desde a antiguidade, desejava-se conhecer os constituintes da matéria, a sua essência. Esses constituintes combinam-se de diversos modos originando os materiais, que podem ser classificados como puros (substâncias) ou impuros (misturas).

Devido à relevância do conceito de substância para o ensino de química, analisamos propostas de ensino de química/ciências para a educação básica que tratam a composição/constituição dos materiais como um conceito fundamental. Verificamos que tais propostas (APEC, 2003a APEC, 2003b; MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000; MORTIMER; MACHADO, 2002) associam a constituição aos modelos microscópicos: modelos cinético-corpusculares para gases, líquidos e sólidos, para substâncias e misturas, modelos atômicos, modelos de ligações químicas. A menor ênfase dada ao conceito de mistura e substância química é um ponto questionável, porque é na análise deste par de conceitos que se pode discutir melhor a ideia de pureza (e impureza) material, importante na compreensão do mundo moderno. Além disso, como veremos, a discussão do conceito de substância possibilita ampliar a noção de modelo químico para o plano macroscópico.

A forma simplista como o conceito de substância é trabalhado na sala de aula, através das definições oriundas dos livros didáticos (TAVARES; ROGADO, 2005), não apresenta aos alunos diversos aspectos deste conceito e pode ter como resultado uma aprendizagem capaz de se constituir em obstáculo para uma posterior compreensão da complexidade desse conceito. Devido ao seu papel central na química, verificamos a necessidade de trabalhar didaticamente o conceito de substância de modo mais completo, para que os estudantes

tenham um melhor entendimento deste e possam compreendê-lo como um modelo químico dos materiais.

Temos consciência de que o conhecimento científico possui uma complexidade que, muitas vezes, está além de sua socialização nos processos de ensino e aprendizagem, de modo que, faz-se necessário um procedimento de adequação do ensino ao nível de escolaridade, para que os conhecimentos científicos sejam transpostos para o sistema didático (LOPES, 1997).

A nossa pesquisa de mestrado busca favorecer a aprendizagem significativa do conceito químico de substância, segundo o critério de pureza material. O problema principal da pesquisa era **investigar o ensino e a aprendizagem do conceito químico de substância a partir do conceito de pureza material, fundamentados pela Teoria da Aprendizagem Significativa.**

O nosso problema de pesquisa poderá ser esclarecido por meio das seguintes questões específicas:

- O que os alunos entendem por substância química?

- Como os alunos relacionam os conceitos de substância, material puro, material impuro, pureza material e mistura?

- A aprendizagem do conceito científico de substância é favorecida quando ensinada a partir do conceito de pureza material?

Buscamos responder as questões de pesquisa a partir desse trabalho de dissertação, que inclui a aplicação e avaliação de uma sequência de ensino executada em uma turma da primeira série do ensino médio de uma escola pública da Rede Estadual de Ensino da Bahia.

Esta dissertação está dividida em quatro capítulos. Na Introdução apresentamos a problemática e as questões da pesquisa. No capítulo 1 dissertamos sobre o nosso referencial teórico e metodológico, que inclui a Teoria da Aprendizagem Significativa e o significado químico do termo substância. O Capítulo 2 refere-se aos delineamentos metodológicos que direcionaram a investigação, na tentativa de obtermos respostas às nossas indagações. No capítulo 3 apresentamos as bibliografias revisadas, buscando investigar o conceito de substância em publicações de ensino e analisar os livros didáticos do ensino médio, quanto ao enfoque dado ao conceito em estudo. No capítulo 4, analisamos e discutimos os resultados da investigação. Por fim, apresentamos algumas considerações que sintetizam os resultados da nossa pesquisa e as conclusões obtidas durante o trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A teoria da aprendizagem significativa

As respostas à questão de pesquisa requerem uma teoria de aprendizagem, bem como sua articulação com uma epistemologia de caráter histórico. Fundamentamos nosso estudo na teoria da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003; AUSUBEL; NOVAK; MOREIRA, 2006).

A teoria da aprendizagem significativa, de base cognitivista, é oriunda dos trabalhos de David Ausubel e tem como principal colaborador Joseph Novak, que deu continuidade ao desenvolvimento da teoria, implantando o sistema de mapas conceituais, os quais se caracterizam por diagramas hierárquicos, que apresentam os conceitos e as relações existentes entre estes. Consideramos que os mapas possuem grande contribuição no processo de ensino e aprendizagem, podendo ser adotado como um método de ensino e/ou avaliação, dependendo dos objetivos do professor (MOREIRA, 2006).

A preocupação de Ausubel é com a clareza e a estabilidade da estrutura cognitiva, que corresponde ao conjunto de conhecimentos encontrados na mente do indivíduo, adquiridos ao longo de sua vivência. Segundo este mesmo autor, o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Para que a aprendizagem ocorra, é necessário que as ideias-âncora estejam bem elaboradas e estáveis na estrutura cognitiva do aprendiz, que este esteja disposto a aprender e que o conteúdo da aprendizagem seja logicamente significante.

Vale ressaltar que, ao estudar determinado conteúdo, cada aluno irá assimilar as informações de modo distinto, uma vez que indivíduos diferentes possuem estruturas cognitivas diferentes. Se a estrutura cognitiva é clara, estável e adequadamente organizada, significados precisos e não ambíguos emergem e tendem a ser retidos, ou seja, haverá dissociação e manutenção do novo significado modificado (MOREIRA, 2006).

Um dos grandes desafios do professor é criar alternativas que facilitem a aprendizagem de seus alunos, tornando-a mais significativa. A teoria da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003; AUSUBEL; MOREIRA, 2006) trata, como sua denominação indica, da aprendizagem de significados. A aprendizagem significativa ocorre quando as novas informações interagem com o conteúdo existente na estrutura cognitiva do indivíduo, conhecido como subsunçor ou ideia-âncora. Essa interação, entre a nova informação e o conhecimento prévio, proporciona uma modificação e crescimento do conceito subsunçor, ao passo que o conhecimento novo adquire significados.

As relações estabelecidas podem ser de natureza substantiva (potencialmente produtoras de significado) e não arbitrárias (coordenadas por outros significados), de modo a originar novos significados por interação do conhecimento novo com o conhecimento prévio. Ou podem se constituir em associações literais e arbitrárias, simples adição de informação sem produção de significados, com pouca ou nenhuma associação a conceitos relevantes na estrutura cognitiva, resultando em aprendizagem mecânica ou automática.

A aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica não são mutuamente excludentes. Um indivíduo pode iniciar uma atividade de aprendizagem de modo mais próximo do mecânico (por exemplo, gravando termos químicos com a finalidade de responder questões de provas) e, posteriormente, assimilar os significados daquele assunto (os significados dos termos que havia memorizado mecanicamente). Entende-se, então, que o processo de aprendizagem pode evoluir continuamente do modo mecânico ao significativo. Contudo, os processos psicológicos subjacentes a um e outro modo são qualitativamente diferentes e, nesse sentido, há uma descontinuidade entre os dois tipos de aprendizagem.

Ausubel (2003) descreve o processo de aprendizagem significativa através do que ele denomina de "princípio da assimilação", que pode ser representado como:

$$\mathbf{a + A \rightarrow a' + A' \rightarrow A'a'}.$$

Para este autor, a assimilação ocorre quando um conceito **a** (nova informação), potencialmente significativo, é assimilado por um conceito mais inclusivo A, já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Esta relação entre **a** e **A** proporciona a modificação da nova informação — de **a** para **a'** — assim como do conceito subsunçor — da **A** para **A'** —, originando o produto da interação **A'a'**.

Durante certo tempo, **A'a'** é dissociável em **A'** e **a'**, o que significa que houve retenção de **a'** e uma modificação de **A**. Embora o processo de assimilação e retenção favoreça que a aprendizagem aconteça significativamente, é muito comum a ocorrência de um segundo estágio da subsunção: a assimilação obliteradora, mais conhecida como a fase do esquecimento. Neste caso, a dissociação de **A'a'** disponibilizará apenas **A'** (subsunçor modificado), uma vez que a nova informação **a'** não se encontra disponível como uma entidade individual.

Apesar de a assimilação obliteradora ocorrer após a aprendizagem significativa, vale destacar que o subsunçor não retorna ao seu estado inicial, já que **A'** é o subsunçor modificado. Isso ocorre porque é mais simples a retenção de conceitos mais gerais e estáveis que as novas informações assimiladas.

2.1.1 Um ensino facilitador da aprendizagem de significados

Segundo Moreira (2006), a facilitação da aprendizagem significativa requer do professor a realização de algumas tarefas prévias ao ensino. A primeira consiste em elucidar a estrutura conceitual da matéria a ser ensinada. A identificação dos conceitos primitivos, mais gerais, inclusivos e abstratos, dos diversos níveis de inclusividade, de conceitos específicos e exemplos, é uma atividade essencial à organização do conteúdo para o ensino. O conhecimento da estrutura conceitual da matéria de ensino, também é imprescindível à seleção e à preparação dos materiais didáticos. A apresentação dos conteúdos, para ser adequada, requer relações conceituais explícitas e claras. Um modo conciso e hierarquicamente organizado de realizar esta tarefa é por mapeamento conceitual.

Em segundo lugar, é necessário o professor proceder à identificação das ideias-âncora especificamente relevantes à aprendizagem do assunto a ser ensinado. São essas, em geral, as ideias com maior poder de inclusão, para que possam servir à ancoragem de outros conhecimentos mais específicos. De posse dessa informação, o professor pode verificar a disponibilidade de conhecimento apropriado na estrutura cognitiva dos alunos. Isso pode ser realizado por intermédio de testes, questionários, entrevistas, mapas conceituais, etc.

A organização do ensino pode ser feita através de dois princípios, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. No primeiro, o assunto é programado partindo das ideias mais gerais e inclusivas às mais específicas; trata-se de hierarquizar o conteúdo. No segundo princípio, destacam-se as semelhanças e diferenças entre os conceitos, para que o conhecimento seja integrado de modo harmônico. Nota-se que à medida que as novas informações vão sendo apresentadas segundo uma hierarquia, é necessário explicitar as relações conceituais, portanto, ao mesmo tempo em que se pratica a diferenciação progressiva dos conceitos, realiza-se a reconciliação integradora.

Um modo de expressar a organização do ensino e a sequência hierarquizada dos conteúdos é através de mapas conceituais, que são diagramas que apresentam os conceitos e as relações entre eles. Os mapas representam uma estrutura que vai desde o conceito mais abrangente até os menos inclusivos.

Trabalhar a consolidação do assunto aprendido facilita a aquisição dos novos conteúdos, pois dá estabilidade e clareza às ideias-âncora necessárias para sua assimilação. A consolidação é realizada através da repetição, confirmação, correção, clarificação, aplicação a diferentes situações, revisão ao longo de repetidas exposições. A consolidação como princípio orientador do ensino se conecta diretamente com o princípio de que o conhecimento prévio do aluno determina sua aprendizagem.

O ensino deve buscar desenvolver e enriquecer a estrutura cognitiva do aluno, sem forçar o abandono das antigas ideias que podem ser úteis em determinados contextos diferentes daquele a que a matéria de ensino se refere. O ensino dos conhecimentos conceituais não deve ter como objetivo que o aluno abandone sua visão de mundo, mas que amplie suas possibilidades de ver o mundo (OKI, 2006).

2.2 O significado químico do termo substância

A busca da essência da matéria é antiga e continua sendo uma das principais atividades dos químicos, que estão envolvidos em problemas classificatórios e encaram o desafio de distinguir e caracterizar as substâncias existentes na natureza. A identificação química exige o conceito de identidade das espécies, que é característico de seu contexto sócio-histórico.

No período alquímico, acreditava-se que a substância tinha um interior, o que despertou nos alquimistas o desejo de "abrir" as substâncias a fim de desvendar os segredos da matéria (OLIVEIRA, 1995). Já no século XVII Boyle advogava que as substâncias eram formadas por corpúsculos elementares que se uniam de uma forma tão íntima, que nem o fogo nem outro método de análise poderiam separá-las (DUHEM, 2002). A concepção moderna de composição química surgiu em fins do século XVIII, com a noção operacional de simplicidade material introduzida por Lavoisier (2007): um material é considerado elementar — um elemento químico, uma substância simples — se não pode ser decomposto por meios químicos.

É importante salientar a relação entre decomposição e purificação. Do ponto de vista da química, quando submetemos um material impuro a um processo de separação, estamos purificando este material. Purificar um material significa partir de uma mistura, separando (decompondo) seus componentes até se obter a substância desejada isoladamente. No entanto, vale salientar, que as transições de fase durante um processo de purificação separam/decompõem a mistura, mas, não decompõem substâncias compostas. Estas são decompostas por métodos mais energéticos, a exemplo da eletrólise, que é um processo que separa os elementos químicos de um composto através da eletricidade, por exemplo, na eletrólise do sal (NaCl), se obtém os elementos sódio (Na) e cloro (Cl).

A adoção do critério operacional de pureza resultou em que a determinação da composição de um material fosse tratada como uma questão de ordem experimental. O conceito de substância tem um papel fundamental na química, já que este se refere à

composição dos materiais. Do ponto de vista químico, qualquer material é composto por substâncias químicas.

Em primeira aproximação, definimos substância como material puro e, mistura, como material impuro, ou seja: uma mistura é um sistema material composto por mais de uma substância. De acordo com Schummer (1998), um material é considerado puro quando passa por testes de pureza, ou seja, quando é submetido a tentativas de purificação que não produzem resultados reconhecíveis. Logo, a pureza de um material fica determinada pelos limites de detecção dos métodos de análise dos resultados das operações de purificação.

Do ponto de vista teórico, uma substância costuma ser definida como uma porção da matéria que tem um e somente um tipo de constituinte. No entanto, esta caracterização não distingue substância de mistura, por exemplo, a água pura não contém apenas moléculas de H_2O, mas também íons H_3O^+ e íons OH^-. A definição de substância como um conjunto de moléculas de um só tipo ou espécie a caracteriza como um material que possui partículas de mesma estrutura, o que não ocorre.

Para Schummer, (1998) as abordagens empíricas (as propriedades químicas e físicas da matéria) e teóricas (uma amostra de uma substância química pura consiste em moléculas de um só tipo) não são suficientes para determinar se uma amostra desconhecida é uma substância ou mistura. É necessário o material passar por um processo de purificação. Trata-se de um critério de natureza operacional/experimental utilizado para classificar os materiais e determinar sua composição.

Concordamos parcialmente com Schummer (1998), pois a maioria das propriedades químicas e físicas não serve para distinguir substância de mistura, entretanto, as propriedades físicas como ponto de fusão e ebulição são indispensáveis no reconhecimento de um material puro, já que durante a mudança de estado físico a constância das temperaturas de fusão, de ebulição, de sublimação, etc, é um critério de pureza. Vale salientar que tais propriedades permitem diferenciar substância de mistura, no entanto, para saber de que substância se trata, é necessário recorrer a métodos de identificação, como a espectrometria.

Podemos associar alguns métodos de separação, como a sublimação, cristalização e destilação, ao que Schummer (1998) chama de testes de pureza, ou simplesmente métodos de purificação. Por exemplo, se temos uma mistura sólida em que um dos componentes sublima facilmente, ou seja, passa diretamente do estado sólido para o estado gasoso ao ser aquecido, podemos utilizar a sublimação para purificar este material. Neste caso, o sólido é aquecido até que sua pressão seja suficiente para ele vaporizar e, posteriormente condensar numa superfície

fria colocada acima. A substância será contida na superfície fria enquanto as impurezas estarão no fundo do recipiente.

No caso de uma mistura líquida supersaturada, podemos separar o soluto do solvente por meio da cristalização, criando condições termodinâmicas (abaixamento de temperatura) que levam as moléculas do soluto a se aproximarem e se organizarem em estruturas ordenadas, formando os cristais. Os cristais obtidos ainda podem apresentar impurezas, de modo que seja necessário fazer novas cristalizações. Uma maneira de observar se os cristais encontram-se puros, é separando-os a cada cristalização e submetendo-os a fusão. Na fração inicial obtida, se os cristais apresentarem impurezas, observaremos que durante a fusão sua temperatura irá variar. Após sucessivas cristalizações, à medida que os cristais obtiverem maiores graus de pureza, notaremos que a sua temperatura durante a fusão tenderá a permanecer constante. Quando esta permanecer constante durante a mudança de fase, pode-se considerar que o material está purificado.

Outro método de separação que nos permite discutir graus de pureza e valorizar o uso da temperatura de ebulição como critério de pureza é a destilação. Neste processo, é possível separar as substâncias presentes em uma mistura líquida, desde que estas tenham volatilidades razoavelmente diferentes, ou seja, diferente facilidade de passar do estado líquido para o estado gasoso.

Considere uma solução a ser destilada composta por duas substâncias que apresentam pontos de ebulição diferentes, consequentemente, apresentam diferentes volatilidades, já que as temperaturas necessárias para passá-las do estado líquido para o gasoso são distintas. Ao aquecer o material, as substâncias sofrerão vaporização seguida de condensação, logo, não obteremos a substância isoladamente, uma vez que a fração destilada pode apresentar impurezas. Se o objetivo do processo de purificação é obter a substância isolada, deve-se coletar as gotas iniciais do destilado, a fim de obter a amostra com uma maior quantidade da substância mais volátil. Se esta amostra inicial passar por uma nova destilação e coletar-se novamente as gotas iniciais, teremos um material ainda mais rico em relação à substância mais volátil, a qual se quer obter. Quanto maior o número de etapas de separação pelas quais o material passar, maior será o seu grau de pureza.

Por exemplo, se pegarmos cada fração destilada, considerando que as primeiras frações ainda têm resquícios de impureza e que as demais, à medida que são novamente purificadas, tornam-se cada vez mais puras, verificaremos que a temperatura de ebulição tenderá a permanecer constante em relação às frações que passaram por diversas destilações,

isto é, quando se obter uma fração em que a temperatura de ebulição seja invariável, pode-se afirmar que o material está puro.

No período de 1900 a 1950 a "forma canônica de caracterização de uma substância" (SCHUMMER, 2002) consistia em seis tipos de informação: 1. descrição detalhada de sua preparação, purificação e rendimento; 2. análise elementar e fórmula empírica; 3. ponto de fusão e ebulição; 4. cor e forma cristalina; 5. solubilidade em vários solventes; 6. reações tipicamente exemplares. Ainda hoje, se utilizam alguns dos procedimentos acima, na pesquisa e nas aulas experimentais de química para identificar uma substância.

Embora a identificação da substância seja feita por meios operacionais, deve-se evitar uma visão da química como uma ciência predominantemente experimental, uma vez que toda experiência está vinculada a referencial(is) teórico(s) que sistematiza(m) o conhecimento químico.

Nota-se que a melhor definição da palavra substância simples continua sendo aquela apresentada por Lavoisier (2007, p.118-119):

> (...) não podemos, portanto, assegurar que o que vemos como simples hoje, o seja de fato: tudo o que podemos dizer é que tal substância é o limite atual a que se chega à análise química e que ela não pode subdividi-la no estado atual dos nossos conhecimentos.

Do tempo de Lavoisier aos dias de hoje, ocorreram modificações consideráveis nos métodos de purificar e identificar as substâncias. Com o refinamento das técnicas de purificação, o que antes era considerado como um material puro pode ser caracterizado como uma amostra impura, uma vez que diferentes técnicas de separação determinam diferentes padrões de pureza. A identificação é mais precisa, comparada aos métodos de antigamente, e necessita de amostras menores (SCHUMMER, 2004).

O conceito de mistura como material impuro formado por mais de uma substância depende do conceito de substância e da noção de pureza adotada. O caso da água é exemplar. A água doce bruta, encontrada em rios, lagos, lençóis e fontes subterrâneos não costuma ser adequada para o consumo humano (água potável) e é submetida a tratamento antes de ser distribuída ao público das cidades. Esse tratamento é um conjunto de processos de purificação da água: retirada de partículas sólidas, eliminação de microorganismos e ajuste da acidez. Nas casas, a água tratada é considerada adequada para lavagem. Para ser bebida, a água purificada é submetida à nova purificação através de um filtro mais fino e nova esterilização (as velas dos filtros costumam conter um material esterilizante).

Entretanto, se a água destina-se a um bebê, costuma-se fervê-la para ter-se maior garantia quanto à redução de microorganismos. Nota-se que a água que é considerada pura

para uma finalidade pode ser impura para outra. Neste caso, o conceito de pureza é relativo, apresentando-se como um conceito espontâneo (do senso comum). Do ponto de vista químico, um material é puro quando passa pelos processos de purificação, originando uma só substância.

A água a ser empregada em trabalhos de laboratório químico, além dos tratamentos usuais da água potável, é submetida a uma ou mais destilações ou processos de deionização que a tornam muito mais isenta de partículas microscópicas. Tais processos, contudo, não eliminam os íons H_3O^+ e íons OH^-.

De acordo com a IUPAC (2006), uma substância é um material de composição constante, caracterizado por entidades (moléculas, átomos) e propriedades físicas como densidade, índice de refração, condutividade elétrica, ponto de fusão, etc. Reconhecemos a importância das propriedades físicas na identificação de uma substância, mas discutiremos adiante a ideia de uma substância ser caracterizada por uma só molécula.

Chamamos atenção para uma das definições que a IUPAC atribui ao conceito de elemento químico:

> Uma substância química pura composta de átomos com o mesmo número de prótons no núcleo atômico. Algumas vezes este conceito é chamado de substância elementar diferentemente de elemento químico, mas na maioria das vezes o termo elemento químico é usado para ambos os conceitos.

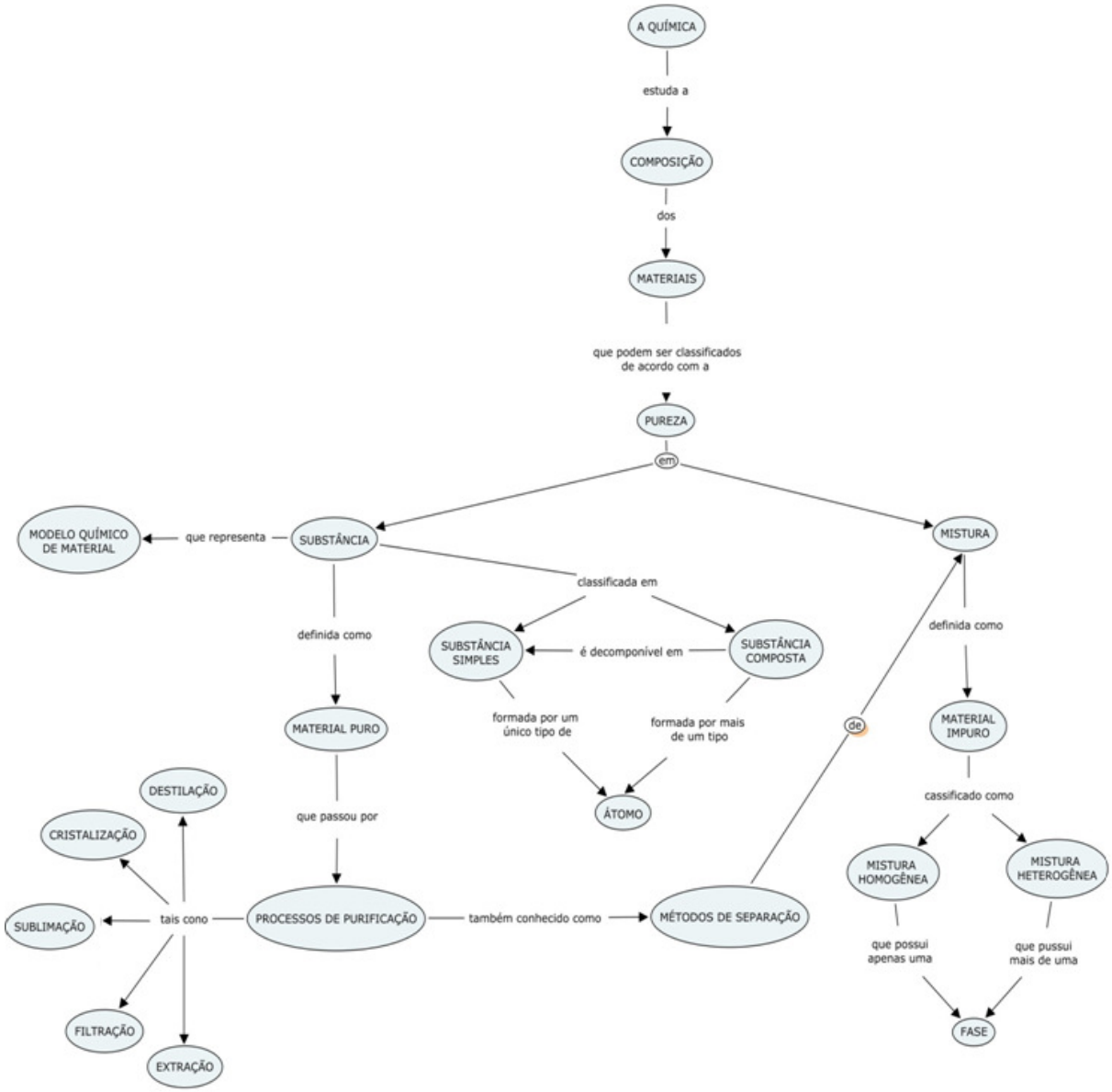
Acreditamos que a forma como o conceito de elemento é apresentado causa ambiguidade e confusão em relação ao conceito de substância e elemento químico, podendo ser um obstáculo à aprendizagem deste par de conceitos. Notamos que a crítica feita por Schummer quanto às abordagens empíricas e teóricas utilizadas na identificação e classificação dos materiais também se aplicam à definição de substância proposta pela IUPAC (2006), uma vez que a substância é caracterizada por moléculas e propriedades físicas constantes.

Como dito anteriormente, definimos uma substância como um material puro e estamos de acordo com a afirmação de Schummer (1998) de que um material é considerado puro quando é submetido a tentativas de purificação que não geram resultados reconhecíveis, logo, verificamos que é necessário discutir os conceitos de material puro, material impuro, substância, mistura, pureza material e grau de pureza, bem como suas relações, para que o ensino do conceito em estudo favoreça a sua aprendizagem significativa.

A extrapolação desse critério operacional de pureza ao plano ideal conduz ao conceito de substância como um material que passa por processos de purificação que separam todos os componentes da mistura original, sem deixar quaisquer resquícios. Isso nos permite

compreender as substâncias como uma idealização que representa um modelo químico dos materiais (SILVA et al., 2007).

Para expressarmos a nossa compreensão acerca do conceito de substância e correlatos, elaboramos o seguinte mapa conceitual a fim de elucidar a nossa estrutura conceitual de ensino:



Mapa conceitual sobre classificação dos materiais em relação à pureza química

3. DELINEAMENTOS METODOLÓGICOS

A nossa pesquisa se insere na linha de investigação qualitativa, apresentando as principais características discutidas por Bogdan e Biklen (1994) em relação a este tipo de abordagem, tais como:

1. A fonte direta dos dados foi um ambiente natural: frequentamos o local de estudo, a sala de aula, para compreendermos a dimensão cognitiva dos estudantes naquele contexto.
2. A investigação foi predominantemente descritiva; a observação, os dados coletados e os resultados foram registrados em forma de palavra escrita e gravações em áudio. A nossa intenção no registro das observações e na transcrição dos dados era capturar os detalhes durante a pesquisa.
3. Apesar de analisarmos se houve ampliação do repertório conceitual dos estudantes, a nossa ênfase foi no processo através do qual procuramos favorecer a aprendizagem significativa do conceito em estudo, investigando indícios de compreensão do conceito.

O tipo de pesquisa qualitativa adotado foi o estudo de caso, que "consiste na observação detalhada de um contexto, ou indivíduo, de uma única fonte de documentos ou de um acontecimento específico (MERRIAM, 1988 apud BOGDAN e BIKLEN,1994)". No nosso caso, atuamos como observador participante e o foco do estudo, o ensino e a aprendizagem do conceito químico de substância, ocorreu na sala de aula de uma turma de primeiro ano do ensino médio do Colégio Estadual Odorico Tavares, no turno matutino, situado na cidade de Salvador.

Iniciamos o trabalho em duas turmas de primeiro ano do turno matutino com cerca de 40 alunos em cada uma delas. Cientes da grande quantidade de estudantes e do trabalho que teríamos pela frente, principalmente durante a análise dos dados, decidimos utilizar os dados provenientes de uma das turmas, apesar da proposta ter sido realizada e concluída nas duas. Optamos pela Turma II, onde a maioria dos estudantes estava presente em quase todas as aulas e demonstravam mais envolvimento com a proposta. Já na Turma I, a participação dos estudantes era menor, pois o número de alunos variava em função da frequência às aulas.

Concordamos com Bogdan e Biklen (1994) quando afirmam que um ambiente físico bom para estudar é aquele que um mesmo grupo de pessoas utiliza repetidamente e que, quanto menor for o número de indivíduos maior a probabilidade de que o comportamento destes seja alterado pela presença do pesquisador. A par da complexidade do âmbito escolar,

procuramos nos inserir no ambiente da sala de aula e tentamos fazer com que a nossa presença não interferisse significativamente no comportamento dos estudantes. Por isso, nos primeiros dias, atuamos exclusivamente como observador. Esperamos os estudantes se familiarizarem com a nossa presença e, na medida em que conseguimos uma melhor aproximação, estabelecemos relações e participamos mais ativamente das aulas. Algumas vezes, sentíamos vontade de assumir o papel da professora, uma vez que tínhamos mais intimidade com a proposta de ensino, entretanto, preferimos contribuir com a mesma auxiliando-a na execução do trabalho.

As aulas ocorriam durante dois dias na semana. Cada uma tinha duração de cinquenta minutos. O desenvolvimento da pesquisa aconteceu durante três meses, tendo como sujeitos da pesquisa os alunos da turma selecionada. Nossa pretensão era realizar a investigação durante um mês e meio, mas houve contratempos que prolongaram o período planejado (greve de ônibus, paralisação dos professores, Atividade de Coordenação no horário da aula). Como o trabalho foi executado na primeira unidade, período em que se trabalha o conceito de matéria e a classificação dos materiais (substância ou mistura), não houve muito prejuízo em relação ao planejamento da escola quanto à disciplina de química.

3.1 A escola, os estudantes e a professora

Decidimos executar e avaliar nossa proposta no Colégio Estadual Odorico Tavares por dois motivos; primeiro, por termos feito o estágio curricular do curso de Licenciatura em Química nesta instituição, período em que fomos bem recebidos e, segundo, por termos uma interação com a escola por meio do Programa de Iniciação à Docência (PIBID).

Verificamos que a escola possui uma área ampla (7000 m^2), e além das salas de aula, conta com laboratório de informática, de química, física e biologia, biblioteca, quadras esportivas e sala de vídeo. O laboratório de Química apresenta um bom espaço e uma quantidade favorável de vidraria e instrumentos para a realização das atividades práticas. Entretanto, verificamos falta de organização em relação às vidrarias e reagentes, falta de equipamentos de proteção individual e coletiva, além de apresentar aparelhos novos que não foram ainda instalados.

A bibliografia adotada é um dos livros fornecidos pelo Ministério da Educação para os professores e alunos: Química, de Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado, Vol. único, Ed. Scipione. Este livro também foi analisado durante nossa investigação.

O primeiro contato com a turma foi bastante tranquilo. Quando nos viram pela primeira vez, os alunos perguntaram se éramos estagiária ou professora de química. Fomos

apresentados à professora de química por uma colega do nosso grupo de pesquisa que também era professora de química da escola. Desde o início a professora mostrou empolgação em aplicar a nossa sequência de ensino e seus estudantes também demonstravam satisfação em participar. Antes da execução da sequência didática, nos reuníamos com a professora para discutirmos a proposta e esclarecermos algumas dúvidas que ela apresentava quanto a nossa concepção sobre o conceito de substância. Apresentamos para ela o planejamento de nossa sequência de ensino (Apêndice B) com alguns comentários acerca do nosso referencial, para que ela pudesse se apropriar do trabalho. Tivemos vários encontros para discutirmos a proposta didática.

O uso do vídeo e as atividades experimentais estimularam a participação e interação dos alunos, de modo que a discussão e reflexão predominavam em cada etapa do processo de ensino e aprendizagem. Apesar de não haver um consenso acerca dos objetivos e significado da experimentação no ensino de ciências, as atividades práticas devem ser momentos de meditação e compreensão dos fenômenos químicos, favorecendo uma melhor relação professor-aluno.

A atividade prática pode colaborar para o ensino de diversas maneiras, dependendo do objetivo do professor. Através do experimento, pode-se desenvolver a habilidade de manipulação do estudante, motivá-lo em relação ao ensino de química, comprovar uma teoria, investigar um problema, estabelecer relações entre os aspectos teóricos e as atividades práticas.

Apesar da contribuição dos experimentos ao ensino, deve-se evitar uma visão da química como uma ciência predominantemente experimental, uma vez que toda observação e experiência estão vinculadas a referencial(is) teórico(s) que sistematiza o conhecimento químico.

3.2 A proposta de ensino

De acordo com o nosso referencial adotado, A Teoria da Aprendizagem Significativa, após sondarmos o conceito de substância no conhecimento químico e nos livros didáticos de química, elaboramos nossa proposta de ensino. Vale salientar que a análise das concepções prévias dos alunos possibilitou algumas mudanças significativas à nossa sequência didática, que nos fez incluir novas discussões e assuntos relevantes para a compreensão dos conceitos de substância e mistura, tais como os conceitos de material natural e artificial. O quadro abaixo representa uma síntese das aulas que constituíram o trajeto de ensino.

Quadro 1: Síntese das aulas que compuseram a sequência de ensino

Encontros	Atividades	Objetivos
1º semana	**1º etapa:** Pré-teste e mapa conceitual Vídeo sobre o tratamento da água	✓ Avaliar o conhecimento prévio ao ensino. ✓ Apresentar e discutir os conceitos de pureza química, material puro, material impuro e grau de pureza.
2º semana	**2º etapa:** Experimento 1 -Aquecendo uma substância "pura"	✓ Fazer gráficos de aquecimento e discutir a diferença entre os gráficos de uma substância e uma mistura. ✓ Apresentar a temperatura de fusão e a temperatura de ebulição como critério de pureza material. ✓ Discutir a importância das TF e TE na identificação das substâncias.
3º semana	Experimento 2 - Distinguindo substância de mistura	✓ Utilizar o ponto de ebulição para distinguir substância de mistura. ✓ Explicar destilação para compreensão da próxima atividade.
4º semana	Experimento 3 - Purificando um material	✓ Realizar uma destilação simples com água para exemplificar e discutir o processo de purificação.
5º semana	**3º etapa:** Leitura de texto Exercícios de consolidação	✓ Contribuir para a consolidação dos conteúdos abordados.
6º semana	**4º etapa:** Pós-teste e mapa conceitual	✓ Avaliar o conhecimento posterior ao ensino.

A sequência de ensino foi distribuída em quatro etapas. Inicialmente examinamos o conhecimento prévio dos estudantes acerca do conceito de substância química e correlatos, como material puro, material impuro, mistura homogênea, mistura heterogênea, pureza material, ponto de fusão e ponto de ebulição. As respostas foram obtidas por meio do questionário (Apêndice A).

Após o pré-teste, a professora falou sobre mapas conceituais e deu alguns exemplos, para que os estudantes compreendessem o que era um mapa e como fazê-lo. Foi pedido que elaborassem um mapa conceitual com as palavras: material, pureza, substância, mistura, material puro, material impuro, ebulição e fusão. Os alunos apresentaram dificuldade para elaborar os mapas e perguntavam se tinham que relacionar os conceitos na mesma ordem em que foram escritos no quadro. A professora argumentou que os mapas apresentam uma hierarquia entre os conceitos e que normalmente partimos do conceito mais abrangente, pedindo aos estudantes que partissem da palavra material, deixando-os livres para representar suas relações conceituais.

O nosso objetivo neste primeiro momento era avaliar o que os estudantes pensavam sobre aqueles conceitos e como os relacionavam.

Para dar início à discussão, contemplando os temas apresentados nas questões do pré-teste, a professora passou um vídeo sobre o tratamento da água. O uso do vídeo foi problemático porque não sabíamos manusear a TV pen-drive, e mesmo contando com a ajuda

dos estudantes, não conseguimos transmitir o vídeo inteiro, que foi interrompido quase na metade. Para não atrapalhar o planejamento da aula, a professora narrou o que seria passado no resto da gravação, que eram alguns processos de purificação da água e logo deu início à discussão com algumas questões problematizadoras.

Diversas respostas surgiam e podíamos perceber que o conhecimento espontâneo (do senso comum) influenciava fortemente as concepções dos estudantes acerca dos termos substância (material puro) e mistura (material impuro). Durante o diálogo, a professora favoreceu a interação e a reflexão dos estudantes em sala de aula. Entretanto, em alguns momentos, sentíamos a necessidade de deixar a discussão fluir naturalmente, sem uma direção por parte da professora, para verificarmos se os estudantes apresentavam ideias mais elaboradas em relação aos temas abordados.

Após a discussão sobre material puro, material impuro e graus de pureza, a segunda etapa foi constituída por uma sequência de atividades experimentais. A aula foi iniciada com o experimento Aquecendo uma substância "pura", durante a qual os alunos observavam o que acontecia ao aquecer a água, acompanhavam a variação da temperatura e anotavam os dados numa tabela.

Figura 1: Experimento intitulado Aquecendo uma substância "pura"

Durante a experiência, a professora aproveitou a mudança de estado físico da água para falar sobre fusão e ebulição. Com os dados da tabela, foi pedido aos alunos que construíssem em casa o gráfico da temperatura versus tempo e observassem o comportamento do material ao ser aquecido, deixando a discussão para a próxima aula.

Na aula seguinte, todos os alunos apareceram com seus gráficos querendo saber se tinham feito corretamente. Com os dados do experimento feito em sala, a professora fez o gráfico do aquecimento da água no quadro e outro gráfico para o aquecimento de uma mistura de água (H_2O) e sal (NaCl), cujos dados foram retirados de um livro de química para o ensino médio (SANTOS, 2005).

O gráfico da água não saiu perfeito, mas dava para mostrar que na passagem de um estado físico para o outro a temperatura variou muito pouco. A professora colocou um modelo de um gráfico para o aquecimento de uma substância e comparou com o gráfico obtido com os dados experimentais, salientando que todo experimento está susceptível a erros e falhas, até mesmo do próprio operador. O interesse maior em realizar este experimento era mostrar ao aluno que o gráfico de um material puro, uma substância, apresenta dois patamares, que indicam que todo material puro muda de estado físico a uma temperatura constante. Neste caso, a *temperatura de fusão e a temperatura de ebulição* foram apresentadas como um *critério de pureza material*, ressaltando a importância destas propriedades físicas na identificação de uma substância.

Na semana seguinte foi realizado o experimento Distinguindo substância de mistura. Partindo de dois recipientes, contendo líquidos distintos, que aparentemente apresentavam o mesmo aspecto visual, foi questionado aos alunos a maneira como eles identificariam qual era o material puro e qual era o material impuro. O indício de pureza foi verificado inicialmente pela constância da temperatura de ebulição. A professora aproveitou a oportunidade para chamar atenção de que as misturas também podem apresentar um aspecto homogêneo e que a visão não é um método seguro para caracterizar se o material encontra-se puro ou misturado. Além disso, deixou claro que uma única propriedade física não é suficiente para identificar se o material encontra-se puro ou misturado, e sim, um conjunto de propriedades.

Na terceira e última atividade prática, intitulada Purificando um material, utilizamos uma destilação simples para exemplificar e discutir os métodos de separação como métodos de purificação material. Durante todos os experimentos, favorecíamos a participação e discussão entre os estudantes, tentando verificar se os estudantes apresentavam uma melhor compreensão acerca do conceito de substância.

Figura 2: Experimento intitulado Purificando um material

No final de cada aula, conversávamos com a professora da turma acerca do desenvolvimento dos alunos durante a execução da sequência de ensino e ela demonstrava bastante admiração e interesse pela proposta, afirmando: "Os alunos estão percebendo a diferença entre material puro e impuro, quando a gente fala de substância, eles já conseguem associá-la a um material puro".

Após a realização dos experimentos, iniciamos a terceira etapa, um momento de consolidação do conteúdo abordado. Elaboramos um texto (Apêndice C) que foi lido e discutido com os alunos a fim de que as ideias tratadas anteriormente fossem retomadas, relacionadas e melhor compreendidas. Após o texto, aplicamos um exercício de consolidação (Apêndice D), com questões que contemplavam ideias apresentadas pelos alunos no pré-teste. O exercício foi corrigido e discutido em sala.

Na última etapa, buscamos verificar qual o significado construído para o conceito de substância, analisar se houve aprendizagem dos conceitos trabalhados e qual a relação que os alunos estabeleciam entre estes. Para isso, levantamos as concepções dos alunos após o ensino e utilizamos mapas conceituais como avaliação.

3.3 Levantamento dos dados

O trabalho de campo, que se constituiu na aplicação de uma proposta didática para o ensino e a aprendizagem do conceito de substância, foi realizado em situação real de sala de aula.

Coletamos diversas produções dos estudantes para avaliarmos o processo de significação do conteúdo, tais como, pré e pós-testes, exercício de consolidação e o registro de suas falas. Também solicitamos a elaboração de mapas conceituais antes e após a aplicação de nossa proposta, para analisarmos como os alunos apresentavam relações entre os conceitos de modo sintético.

A avaliação diagnóstica (Apêndice A) continha treze questões abertas, elaboradas para serem respondidas individualmente. Decidimos utilizar as mesmas questões antes e após o ensino para avaliarmos se houve ampliação no repertório conceitual dos estudantes. Apesar do questionário não constituir-se em um instrumento de coleta de dados confiável, quando utilizado com outros instrumentos contribui para triangulação dos dados e, por sua vez, pode garantir a validade e confiabilidade da nossa fonte de dados.

Os questionários foram validados com alunos do primeiro e segundo ano do ensino médio. A nossa intenção em elaborar questões abertas foi evitar que questões pré-estabelecidas influenciassem na concepção dos estudantes acerca dos temas abordados.

As respostas às questões do pré-teste contribuiram significativamente para o aprimoramento de nossa proposta, de modo que planejamos um exercício de consolidação a fim de discutir as concepções que os estudantes apresentaram anteriormente, favorecendo a diferenciação entre as ideias previas e as novas informações.

No exercício de consolidação, utilizamos novas questões, a fim de verificar se os conceitos possuídos pelos alunos a priori passaram por um processo se diferenciação.

Ao observarmos o processo, buscamos anotar detalhadamente os acontecimentos e atentamos para os seguintes aspectos:

1. Identificávamos momentos necessários a nossa intervenção.
2. Registrávamos a fala dos estudantes, analisando se e como ocorria a apropriação da linguagem química.
3. Gravávamos os questionamentos, dúvidas e observações dos alunos durante os debates e as atividades experimentais.

As observações constituíram os fios condutores do processo, sendo que foi possível registrar os desenvolvimentos dos estudantes.

3.4 Análise dos dados

O nosso material de análise foi constituído pelas respostas aos questionários, ao exercício de consolidação, pelos mapas conceituais elaborados, pelas anotações de observação e pela transcrição das falas dos estudantes e da professora.

Buscamos organizar as anotações, as transcrições e todos os materiais recolhidos durante a aplicação de nossa sequência didática. Destacamos palavras e frases que representavam formas de pensamentos semelhantes, dando início ao processo de categorização.

Apesar de parte das categorias surgirem durante a análise, vale ressalvar que os questionários, exercícios, experimentos e discussões refletiram os nossos interesses, e que todo o trabalho carrega nossos vieses.

O processo de análise aconteceu em paralelo à aplicação da proposta e coleta dos dados, onde pudemos verificar questões importantes que foram introduzidas no exercício de consolidação e discutidas posteriormente.

Para analisar o conteúdo oriundo de nossa coleta de dados, foi necessário criar alguns critérios na seleção dos materiais produzidos pelos estudantes. Verificamos que houve alunos que fizeram apenas o diagnóstico prévio ao ensino e alunos que fizeram apenas o pós-teste. Neste caso, decidimos excluir os registros destes estudantes e ficamos com um recorte de materiais dos alunos que participaram dos diagnósticos prévio e posterior à aplicação da proposta.

Além disso fizemos uma seleção dos mapas conceituais produzidos, considerando aqueles que foram feitos pelos mesmos alunos antes e após o ensino, a fim de compará-los e verificarmos se houve mudança nas relações conceituais estabelecidas pelos estudantes.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Investigações sobre o conceito químico de substância

De acordo com Chagas (1997), a atividade do químico apresenta um aspecto prático e um teórico, caracterizando a interação entre o fazer e o pensar. Segundo este autor, para se analisar o pensar do químico é necessário discutir alguns conceitos fundamentais, como matéria, material, corpo e substância. Para ele, "o conceito de substância é o mais fundamental da química e, como todos os conceitos fundamentais, é vago, difuso e indefinível, porém todos os químicos o compreendem". Concordamos com este autor quanto à relevância do conceito de substância para o ensino de química, entretanto, discordamos quando afirma que se trata de um conceito vago, indefinível (HOFFMANN, 1988 apud CHAGAS, 1997), uma vez que este pode ser ensinado de modo que sua aprendizagem ocorra significativamente (ver nossa definição do conceito de substância na página 19).

Pitombo e Lisboa (2001) defendem que o conceito de substância se faz necessário para a compreensão da química no ensino médio e corresponde a uma das bases do pensamento químico moderno. Definem substância química como "um material que apresenta um conjunto de propriedades específicas, bem definidas, independentemente da origem ou da forma de obtenção, o que a diferencia da maioria dos materiais encontrados na natureza, que são misturas de substâncias químicas". Tal definição é incompleta por não explicitar a característica da pureza; de fato, também há misturas que apresentam "um conjunto de propriedades específicas, bem definidas".

Para Lima e Barboza (2005) a química se dedica ao estudo das propriedades e transformações dos materiais, que por sua vez, são constituídos por substâncias. Afirmam que as substâncias são ideias estruturadoras e objeto de estudo da química. Destacam que

> o objeto e meta principal da Química é separar as diferentes substâncias que participam da composição dos corpos; examinar cada um deles separadamente; descobrir suas propriedades e relações; decompor também essas substâncias, se possível; compará-las entre si e combiná-las com outras; reuni-las novamente num só corpo, de forma a reproduzir novamente o composto original com todas as suas propriedades; ou mesmo produzir novos compostos que nunca tenham existido entre as obras da natureza, a partir de misturas de outras substâncias diferentemente combinadas (ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, apud LIMA;BARBOZA, 2005).

Em *O Mito da Substância*, Oliveira (1995) faz crítica ao substancialismo existente na química pós-lavoiseriana. De acordo com a crença substancialista, as propriedades de uma substância são atributos inalienáveis, ou seja, "a substância mantém em toda propriedade as suas propriedades" (BACHELARD, 1972, p. 77 apud OLIVEIRA, 1995, p. 8). Concordamos com Oliveira (1995) quando discorda do substancialismo e dos livros de química que definem molécula como a menor parte da substância capaz de guardar suas propriedades, uma vez que

as propriedades de uma substância pertencem ao conjunto de suas moléculas, refletindo as relações que as moléculas mantêm entre si.

Rocha e Cavicchiole (2005) também fazem críticas à tendência substancialista que aparece nos livros didáticos. Ressalvam que afirmações como as de que molécula é "[...] a menor partícula que mantém as propriedades características da substância química" ou "a unidade fundamental das substâncias [...]", podem induzir a visualizar a molécula como uma amostra em miniatura do material. Além disso, os autores salientam que a dificuldade que os estudantes apresentam em imaginar o mundo microscópico da matéria inviabiliza a distinção entre substâncias simples e compostas.

Almeida *et al* (2008) sugerem uma proposta didática para a construção dos conceitos de substância e mistura através do uso de analogias, dando ênfase à classificação de substâncias como simples ou compostas. O estudo mostra que cerca de 90% dos alunos envolvidos na experiência conseguiram construir os conceitos de substância simples e composta através do uso de pulseiras com miçangas.

Numa outra experiência de ensino, Carmo e Marcondes (2008) verificaram que os estudantes do ensino médio apresentam certa confusão na diferenciação entre os conceitos de substância e mistura homogênea (solução). Para eles, esta dificuldade está atrelada ao fato dos alunos apresentarem concepções fortemente apoiadas nos aspectos visuais e de não compreenderem a ideia científica de homogeneidade.

Ao analisar o conceito de substância em química aprendido por alunos do ensino médio, Araújo *et al* (1995) chamam a atenção de que antes da aprendizagem formal, a palavra substância é conhecida pelos alunos como sinônimo de coisa, material e elemento. Já a palavra mistura sugere um procedimento comumente usado pelos alunos desde a sua infância: o ato de misturar coisas. Reconhecendo que o conhecimento espontâneo influencia fortemente a concepção dos estudantes acerca dos conceitos científicos, acreditamos ser possível promover uma aprendizagem do conteúdo da ciência a partir das concepções do senso comum, promovendo uma diferenciação entre elas.

Em seu artigo sobre o conceito de elemento, Oki (2002) exemplifica como este conceito costuma ser introduzido nos livros de Química: "Um elemento é uma substância simples, fundamental e elementar", "Os elementos são substâncias que não podem ser decompostas em outras mais simples...". Os exemplos mostram que o conceito de elemento remete ao conceito de substância, particularmente ao de substância simples. A autora salienta que a confusão existente entre os conceitos de elemento e substância poderia ser evitada se os

tradutores esclarecessem o duplo sentido associado ao conceito de elemento, uma vez que o vocábulo “element” inclui o conceito de elemento e o conceito de substância simples.

Ao analisar o conceito de substância em livros de química do ensino médio e do ensino superior, Wartha (2010) observou que na maioria das coleções o conceito é abordado a partir de uma visão microscópica da matéria, sendo associado a conceitos como átomos, moléculas, elemento e composto. Este mesmo autor afirma que o conceito de substância não se encontra bem desenvolvido, uma vez que é dada ênfase à classificação das substâncias, sem uma relação histórica e epistemológica fundamental para a compreensão do significado do conceito.

Na análise dos livros didáticos de química feita por Tavares e Rogado (2005), foi verificado que os livros têm reforçado a formação de noções distorcidas em relação ao conceito de substância, associadas à ausência de uma abordagem contextual no ensino, ou seja, da utilização da história e epistemologia das ciências no ensino das ciências.

Defendemos que a história das ciências possibilita explicitar os significados de conceitos científicos, mostrando aos alunos como se chegou às conclusões obtidas, e não apresentá-las como conteúdos prontos e inalteráveis, uma vez que o conhecimento científico faz parte de um processo dinâmico e a sua produção é histórica (FREIRE JR, 2002; OKI, 2006). Como conseqüência, acreditamos que a abordagem histórica dos conceitos científicos pode ser uma alternativa didático-pedagógica facilitadora de uma aprendizagem significativa destes conceitos.

Apesar das contribuições da abordagem contextual para o ensino de ciências, é necessário destacar os desafios que os educadores enfrentam ao utilizarem-na. Dentre eles, destacam-se (FREIRE JR, 2002): o da eficácia da abordagem contextual; o da assimetria existente entre proposições e práticas com essa abordagem; e o problema de saber qual história da ciência interessa à educação em ciências.

Embora tenhamos estudado o conceito de substância tendo em vista seus aspectos históricos e epistemológicos, decidimos não trabalhar com a abordagem contextual em nossa sequência didática porque necessitaríamos de mais tempo para instruir a professora em relação a nossa proposta de ensino.

Através do tema Energia e Combustão: combustíveis e a poluição ambiental, Wartha (2010) apresenta uma proposta didática para o ensino dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico e substância, utilizando clipes de papel como modelos de partículas. A escolha dos conceitos trabalhados foi justificada pelo fato de serem apresentados no início do estudo da química e por serem de difícil compreensão por parte dos alunos. Todavia, os

experimentos com clipes de papel favoreceram uma melhor compreensão dos conceitos de átomo e elemento químico que os conceitos de molécula e substância, uma vez que a idéia de substância como um conjunto de moléculas e a idéia de molécula como uma unidade da substância é muito simplista e esconde a complexidade dos conceitos em estudo.

No trabalho intitulado Um Estudo de Apropriação de Conceitos de Substância e Mistura, Carvalho (2005) discute os conceitos de substância, mistura e pureza através da distinção entre água mineral, potável e água pura. Concordamos com a autora quando alega que

> para a química pureza significa uma substância atingir uma condição de quase ausência de outros componentes. A purificação é sempre resultado de uma ação sobre os materiais, para isolar as substâncias. Para isso, são utilizados vários processos como: catação, filtração, evaporação, etc. Mesmo assim o resultado será uma substância com diferentes graus de pureza. Não existe substância 100% pura. O grau de pureza dos produtos a serem separados depende do uso que vamos fazer deles (CARVALHO, 2005).

Ao analisar a concepção de estudantes da 1° série do Ensino Médio da Escola Estadual Maria Luiza Miranda Bastos, a autora percebeu que significados do senso comum são fortemente empregados no discurso dos estudantes quando se referem ao termo pureza, associando o conceito de substância a um material livre de contaminação, limpo, ou simplesmente que não contém química. Além disso, notou-se também uma confusão entre os conceitos de substância e mistura quando os estudantes afirmam que "água mineral é pura, formada por uma mistura de substâncias".

Percebemos que diversas investigações realizadas apontam problemas quanto ao ensino e a aprendizagem do conceito de substância, reforçando ainda mais a nossa intenção de trabalhar este conceito de modo mais completo, a fim de que o estudante possa estabelecer relações coerentes entre os conceitos de substância, mistura e pureza material. Verificamos um distanciamento entre o conceito científico de substância química e o conceito de substância possuído pelos estudantes.

No artigo intitulado Poluição *vs.* Tratamento de Água: duas faces da mesma moeda, Azevedo (1999) discute o critério de pureza ambiental: "Se, quando pensamos em pureza, imaginamos algo que 'não está contaminado por nenhuma outra substância', então não existe uma única gota d'água pura em nosso ambiente". O autor salienta que o conceito de pureza é relativo e afirma que, "no caso da água, depende fundamentalmente de dois fatores: o uso a que ela se destina e a aparelhagem utilizada para medir o grau de pureza".

Com o exemplo da água que apresentamos anteriormente (ver página 22), é possível afirmar que o termo pureza é um conceito relativo quando este aparece como um conceito

espontâneo, neste caso, estamos de acordo com Azevedo quanto à relatividade do termo pureza. Entretanto, quando pensamos em pureza material do ponto de vista químico, imaginamos idealmente algo que contém apenas uma substância, ou seja, um material puro.

4.2 O conceito de substância nos livros didáticos de química para o ensino médio

Analisamos como os livros didáticos abordam o conceito de substância, para verificarmos se há concordância com a forma como o conceito em estudo é apresentado no conhecimento químico e como estes podem interferir no processo de ensino.

Examinamos os seis livros de química para o ensino médio, todos aprovados pelos programas de livro didático do Ministério da Educação (PNLEM - Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio) para que sejam considerados como possuindo um mínimo de qualidade. Estes livros são, atualmente, os materiais didáticos de química mais distribuídos no país. Ali buscamos localizar os diversos contextos materiais em que os termos substância e mistura são empregados, registrando seus diferentes significados.

Durante a análise fizemos uma descrição detalhada, tentando criticar a forma como o conceito em estudo aparece nos livros didáticos. Entretanto, para evitarmos repetições, buscamos criar categorias em relação aos aspectos que aparecem em comum nas obras, para que pudéssemos discuti-las de modo geral.

O quadro abaixo apresenta as seis obras de química aprovadas pelo PNLEM - Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio de 2008.

Quadro 2: Livros analisados com subsequente código de identificação

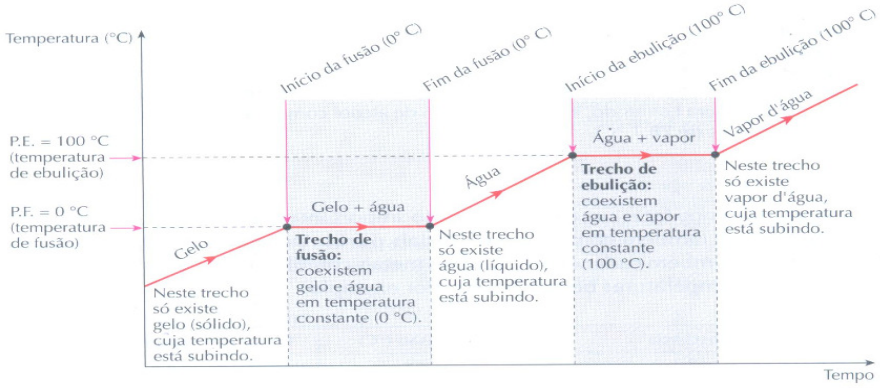
Código	Livros analisados
A	FELTRE, Ricardo. *Química*. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004. v.1.
B	BIANCHI, José Carlos de Azambuja; ALBRECHT, Carlos Henrique; MAIA, Daltamir Justino. *Universo da Química***.** São Paulo: FTD, 2005.
C	NÓBREGA, Olímpio Salgado; SILVA, Eduardo Roberto; SILVA, Ruth Hashimoto. *Química***.** São Paulo: Ática, 2005.
D	SANTOS, Wildson Luiz Pereira et al. *Química e sociedade*. São Paulo: Nova Geração, 2005.
E	MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andrea Horta. *Química para o Ensino Médio*. São Paulo: Scipione, 2002.
F	CANTO, Eduardo leite do; PERUZZO, Francisco Miragaia. Química na abordagem do cotidiano. São Paulo: Moderna, 2003. v.1.

4.2.1 Análise do Livro A

O **Livro A** (FELTRE, 2004) introduz a noção de material puro ao comparar um copo com água pura com um copo com água e açúcar totalmente dissolvido. Não se consegue

distinguir visualmente o material puro do material impuro, uma vez que um material homogêneo pode ser uma substância ou uma mistura homogênea, por isso, o autor afirma que "usando apenas nossos sentidos, não conseguimos distinguir claramente, em muitos casos, os sistemas puros e misturados" (Feltre, 2004, p. 13).

Ao trabalhar com a transformação da água, atribuindo 0° C para a temperatura em que o gelo puro derrete e 100° C em que a água pura ferve, são apresentados os diagramas de mudanças de estados físicos, destacando os patamares presentes nos gráficos, os quais indicam que durante a mudança de fase de uma substância a temperatura é constante.



Segundo o texto, "cada líquido e também cada sólido, desde que puros, irão se fundir e ferver em temperaturas bem definidas. Se tivermos uma mistura (ou substâncias impuras), os patamares mostrados acima não serão mais encontrados" (FELTRE, 2004, p. 17).

Após introduzir a noção de pureza através de propriedades físicas ("cada líquido e também cada sólido, desde que puros, irão se fundir e ferver em temperaturas bem definidas"), uma substância pura ou simplesmente substância é definida como "um material único, isento de outros materiais e que apresenta constantes físicas bem definidas" (FELTRE, 2004, p. 29).

As constantes físicas são apresentadas como critérios de pureza e identificação das substâncias químicas:

> Sempre que uma substância é extraída da natureza ou é produzida num laboratório, determinam-se suas constantes físicas. Desse modo, ficamos sabendo se ela é uma substância nova ou já conhecida. Sendo conhecida, temos também uma ideia de sua pureza. Ao contrário das substâncias puras, as misturas não apresentam composição constante e não têm constantes físicas definidas (FELTRE, 2004, p. 30).

Apesar das constantes físicas assumirem um papel relevante como critérios de pureza e identificação, vale salientar que da mesma forma como há substâncias com valores conhecidos de constantes físicas (ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade etc.), há misturas que também apresentam estas características (misturas azeotrópicas e eutéticas), logo, não é possível identificar um material pelas constantes físicas, simplesmente.

Sabe-se que a maioria dos materiais encontrados na natureza são misturas de diversas substâncias, que podem passar por processos de separação dando as substâncias que a compõem.

> Mesmo em laboratório, quando tentamos preparar uma só substância, acabamos, normalmente, chegando a uma mistura de substâncias. Torna-se então importante, nos laboratórios e também nas indústrias químicas, separar os componentes das misturas até que cada substância pura fique totalmente isolada das demais. Essa separação chama-se desdobramento (ou fracionamento, ou resolução, ou, ainda, análise imediata da mistura) (FELTRE, 2004, p. 31).

Verifica-se que o **Livro A** apresenta os métodos de separação como métodos de purificação e continua enfatizando o papel das propriedades físicas na identificação de uma substância: "No final do desdobramento, devemos verificar se as substâncias foram realmente separadas. Para essa verificação, usamos as constantes físicas" (FELTRE, 2004, p. 31). Neste caso, vale salientar que não se trata de quaisquer constantes físicas, e sim das temperaturas durante as mudanças de estados físicos, tais como: temperatura de fusão e temperatura de ebulição.

Neste mesmo livro, a ideia de molécula aparece como uma representação de uma substância pura, que por sua vez, é representada por uma abreviação denominada fórmula. É possível perceber a presença de uma perspectiva substancialista nesta obra, que confere à molécula a identidade de uma substância. Temos consciência da necessidade de representar uma substância através de fórmulas químicas. Neste caso, o professor deve salientar que cada substância tem uma única fórmula que a representa, e um único nome, que é relativo àquela fórmula. Por exemplo, se o aluno pegar um rótulo de um material do cotidiano, ele irá perceber que cada nome da composição do material representa uma substância.

Nesta obra, as substâncias são classificadas em simples e compostas. As primeiras são formadas por átomos de um mesmo elemento químico, por isso, não são divididas em outras substâncias ainda mais simples. Já as substâncias compostas ou (compostos químicos) são

formadas por átomos de elementos químicos diferentes, podendo ser decompostas em outras substâncias simples. Notamos que esta obra caracteriza a substância composta como um material decomponível.

Por fim, define uma substância como um material formado por átomos, moléculas ou aglomerados iônicos, todos iguais entre si, que apresenta propriedades características bem definidas (constantes físicas). Podemos perceber a insuficiência na definição de substância proposta pelo livro A, uma vez que nem todas as propriedades bem definidas são suficientes para caracterizar um material puro, nem a molécula representa as propriedades de uma substância. Logo, concluímos que o livro A não apresenta adequadamente o conceito em estudo.

4.2.2 Análise do Livro B

O Livro B (BIANCHI, 2005) inicia o estudo dos materiais através de uma mistura homogênea (água e sal) e outra heterogênea (água e areia). Em seguida, apresenta a evaporação e filtração como métodos de separar os componentes das misturas iniciais.

A noção de pureza é introduzida através do seguinte exercício proposto:

> Uma amostra de água com sal de cozinha tem o mesmo aspecto que o conteúdo de um copo que possui apenas água, por esse motivo, ambos são classificados como materiais homogêneos. Torna-se possível deduzir que o aspecto homogêneo de um material é suficiente para classificá-lo como mistura ou material puro? (BIANCHI, 2005, p. 15)

O texto não dá condições para o aluno responder ao exercício, uma vez que, não deixa claro qual o critério se deve utilizar para identificar um material como puro ou impuro. Tampouco define substância de acordo com a pureza material.

O livro apresenta termos como *fase* e *componente de um sistema*, afirmando que é possível obter os componentes de uma mistura através dos métodos de separação apresentados (destilação simples, evaporação e destilação fracionada). Entretanto, não relaciona método de separação com método de purificação, nem componente com substância.

Após a discussão dos tipos de matéria (homogênea e heterogênea) e dos métodos de separação, uma substância é definida como toda matéria homogênea cuja composição é fixa, ou seja, que apresenta a mesma composição em massa. Refere-se à Lei de Proust, segundo a qual a proporção entre os elementos que constituem uma substância é sempre a mesma. E exemplifica:

> Ferro, enxofre, gás carbônico e gás oxigênio são também exemplos de substâncias, isto é, são homogêneos e possuem composição invariável. Já o ar atmosférico livre de impurezas e seco não pode ser tratado como substância, mas sim como uma mistura de vários gases (BIANCHI, 2005, p. 18).

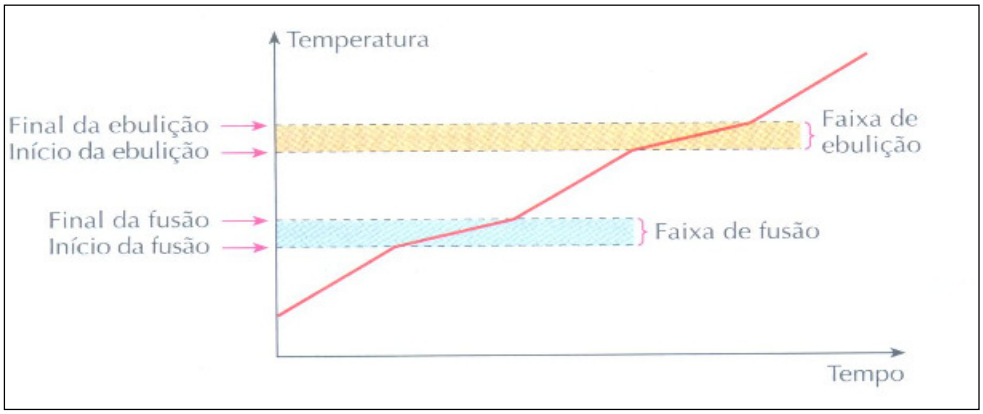
Este trecho nos permite perceber a incompletude da definição de substância assim como da diferenciação entre substância e mistura, uma vez que um material impuro (uma mistura) também pode apresentar composição invariável. Esta forma simplista e muitas vezes pouco adequada com que o conceito de substância é tratado nos livros didáticos esconde dos alunos sua complexidade e não favorece a aprendizagem significativa dos conceitos abordados.

Neste volume, As substâncias são classificadas como simples (constituídas por átomos quimicamente iguais, ou seja, átomos do mesmo elemento químico) e compostas (aquelas constituídas por dois ou mais átomos quimicamente diferentes, ou seja, átomos de elementos químicos diferentes). Em relação à classificação das substâncias, seria interessante se o autor utilizasse a decomposição material como um dos critérios para esta classificação, uma vez que as substâncias compostas podem ser decomponíveis, enquanto que as substâncias simples não apresentam esta característica.

A caracterização das substâncias é feita através da invariabilidade de algumas propriedades físicas, como as temperaturas de fusão e ebulição. Os gráficos de mudanças de estado físico são apresentados, mostrando-se que a temperatura numa mudança de fase de um material puro, permanece constante. Tem-se:

> Para substâncias puras, sob uma mesma pressão, as temperaturas de fusão e de ebulição permanecem invariáveis. Os patamares do gráfico (trechos 1 e 2) mostram essa propriedade, isto é, a temperatura se mantém constante até que toda a massa da amostra mude de fase, embora haja absorção de calor durante todo o processo. A formação do patamar no gráfico é uma decorrência dessa propriedade das substâncias puras. Se em vez de uma substância pura tivéssemos a mistura água e sal de cozinha, por exemplo, a presença do sal faria com que as temperaturas de fusão e ebulição apresentassem variações (BIANCHI, 2005, p. 31).

Curva de aquecimento para uma mistura



O livro apresenta um exercício resolvido, mostrando a construção da curva de aquecimento para a água desde o gelo até o vapor e propõe um experimento para que os alunos obtenham o gráfico dos pontos de fusão e ebulição da água.

De modo semelhante ao que identificamos com a análise do livro A, notamos que o livro B trata vários aspectos do conceito de substância, porém, de modo fragmentado, enfatizando a classificação das substâncias e a utilização das propriedades físicas na identificação do material puro, sem estabelecer o critério de pureza para a distinção entre substância e mistura.

4.2.3 Análise do Livro C

O **Livro C** (NÓBREGA, 2005) também afirma ser possível identificar uma substância através de propriedades características. Define o termo substância como um material que apresenta aspecto uniforme e possui um conjunto de propriedades constantes, tais como, as temperaturas de fusão, de solidificação, de ebulição e liquefação. Vale salientar que há uma explicação para cada uma das propriedades mencionadas. Os gráficos apresentados mostram os patamares indicando que tais temperaturas não se alteram para as mudanças de estados físicos. Cita a densidade e solubilidade como outras propriedades características na identificação das substâncias.

O quadro abaixo sintetiza as principais diferenças entre uma substância e mistura que aparecem no livro.

Quadro 3: Propriedades que diferenciam substâncias e misturas no Livro C

Classificação dos sistemas	**Substâncias**	**Misturas**
Temperatura durante sua mudança de fase	Constante	Variável
Composição	Constante	Variável
Quando submetidas a processos de separação que utilizam transformações físicas	Não alteram sua natureza	Têm seus componentes separados

Os tópicos “A extração do sal de cozinha; “Tornando a água potável (estação de tratamento)”; “Obtenção da água destilada”; “Separação dos componentes do petróleo”; “Destilação do petróleo”; “Separação do álcool etílico”, mostram que as substâncias podem ser obtidas a partir de misturas, ou seja, tais métodos de separação são tidos como métodos de purificação/obtenção das substâncias. O livro salienta que “conhecendo as propriedades

características das substâncias e as técnicas de separação de misturas, podemos isolar os componentes dos mais diversos tipos de misturas" (NÓBREGA, 2005, p. 92).

Alguns exemplos, como: o sal de cozinha, cimento, porcelana e vidro, ligas metálicas, tintas e vernizes deixam claro que, da mesma forma que é possível obter as substâncias através das misturas, as misturas são compostas por substâncias.

Uma das primeiras tentativas de classificar as substâncias foi feita por Boyle no século XIX. Ao estudar o seu comportamento químico, classificou-as em simples – aquelas que não se decompunham em outras – e compostas – aquelas que podiam ser desdobradas (NÓBREGA, 2005, p. 138).

Quadro 4: Classificação das substâncias no livro C

Substância	**Comportamento químico**	**N° de elementos presentes**
Simples	Não se decompõe em outras substâncias	Um
Composta	Pode ser decompostas em outras substâncias	Mais de um

Verificamos que o livro C apresenta os métodos de separação como meio de se obter uma substância a partir de um material impuro, e quanto à classificação das substâncias, ele apresenta adequadamente o critério de classificação, ou seja, por meio da decomposição material.

4.2.4 Análise do Livro D

O **Livro D** (SANTOS et al., 2005) inicia o capítulo acerca da identificação das substâncias definindo temperatura de fusão, temperatura de ebulição, solubilidade e densidade. Apresenta tais propriedades físicas como propriedades específicas para a identificação de um material puro. Diferencia substância e mistura através da temperatura nas mudanças de estado físico, chamando atenção de que as temperaturas de fusão e ebulição permanecem constantes quando um material se encontra puro, e variam quando se tem uma mistura de substâncias. "Só possuem propriedades específicas definidas os materiais purificados, ou seja, constituídos quase exclusivamente por um mesmo tipo de matéria. Os materiais purificados são denominados **substâncias**." (SANTOS et al., 2005, p.45).

As misturas são definidas como materiais que possuem mais de uma substância e que apresentam propriedades físicas variáveis. "Os materiais que nos rodeiam, como a terra, as rochas, o ar, e os que usamos diariamente, como os plásticos, as tintas, os medicamentos, os

refrigerantes, etc., não são substâncias, mas misturas de substâncias" (SANTOS et al., 2005, p.49).

Discordamos do autor quando afirma que as substâncias possuem propriedades específicas definidas e as misturas apresentam propriedades físicas variáveis, uma vez que, tanto um material puro quanto um material impuro podem apresentar propriedades características, entretanto, é atributo de uma substância, apresentar temperatura constante durante as duas transições de fase (a fusão e ebulição). Ainda sim, devemos chamar a atenção para dois tipos de misturas particulares, a mistura eutética e a mistura azeotrópica. A primeira se trata de um material impuro cuja temperatura permanece constante durante a mudança de estado sólido para líquido, e a segunda, é um material impuro, cuja temperatura permanece constante durante a passagem do estado líquido para o estado gasoso, ou seja, a mistura eutética apresenta temperatura de fusão definida, e a mistura azeotrópica, por sua vez, apresenta temperatura de ebulição constante. Sendo assim, as temperaturas de fusão e ebulição, juntas, constituem um critério de pureza material, uma vez que, há mistura em que pelo menos em uma transição de fase, o seu comportamento se assemelha ao de um material puro.

O critério de pureza aparece no processo de extração dos materiais, que consiste em purificar o material, ou seja, reduzi-lo a uma substância. "Para os químicos a palavra **puro** significa **uma só substância**. A pureza é um conceito relativo" (SANTOS et al., 2005, p.50). O autor afirma que "a água da bela cachoeira que você vê em uma foto pode ser pura o suficiente para lavar roupa. Mas talvez não seja potável como seria a água de uma mina...".

Tal afirmação indica que o grau de pureza para classificação de um material como puro também é relativo. Sendo assim, apesar de ser um conceito relativo, costuma-se utilizar o termo substância quando o material tem um grau de pureza elevado ou necessário para o fim a que se destina.

Apesar de estarmos de acordo com a definição de material puro apresentada neste livro, verificamos que ele se contradiz. Ora apresenta uma definição em relação à pureza material, ora caracteriza a pureza como um conceito relativo. Esta contradição ocorre porque o autor primeiro define o material em relação à pureza química ("Para os químicos a palavra **puro** significa **uma só substância.")**, e em seguida, utiliza o termo como um conceito espontâneo, portanto, relativo.

> Na linguagem do cotidiano usamos o termo "puro" para indicar que o material não foi alterado, ou seja, não foi falsificado, é de boa qualidade, ou não está infectado. Geralmente essa denominação é usada também para indicar que o material é de origem natural, ou seja, mantém a mesma composição (SANTOS et al, 2005, p. 50).

Apesar de definir substância como um material que possui o mesmo tipo de matéria, o livro salienta que o conceito de substância é um conceito ideal, já que é possível obter graus de pureza maiores do que 99,99%, mas nunca 100% de pureza.

Os métodos de separação são apresentados após a definição de material homogêneo e heterogêneo. Através da citação abaixo, nota-se que os métodos de separação são mencionados como métodos de purificar um material, possibilitando extrair as substâncias de sua mistura de origem.

> Na natureza, raramente encontramos materiais puros. O mais comum é encontramos misturas. Contudo, para produção de matérias que tenham aplicações tecnológicas, é de substâncias que os químicos precisam. E como eles as obtêm? Por dois processos básicos: por meio de síntese química (processo químico) ou pela extração de materiais (processo físico).
> Os processos utilizados para a extração de substâncias, chamados de separação de mistura **ou purificação** de materiais, correspondem a uma das atividades básicas do químico (SANTOS et al., 2005, p.55).

Este volume também classifica as substâncias em simples - aquelas que não podem ser desmembradas em outras - e compostas - aquelas que possibilitam desmembramento.

4.2.5 Análise do Livro E

O **Livro E** (MORTIMER; MACHADO, 2002) inicia o estudo dos materiais e das substâncias desde a apresentação da obra, enfatizando a importância das propriedades específicas dos materiais (propriedades associadas a valores medidos), tais como, densidade, solubilidade, temperatura de fusão e temperatura de ebulição. Afirma que estas propriedades garantem maior precisão na identificação ou diferenciação de materiais, introduzindo a noção de pureza relacionada às propriedades físicas. "Por exemplo, o ouro **puro** tem densidade equivalente a 19,3 g/cm^3" (MORTIMER; MACHADO, 2002, p. 16).

Uma mistura é definida como constituída de dois ou mais componentes que estejam, de alguma forma, unidos. As misturas são classificadas em homogêneas (sistema homogêneo com mais de um componente) e heterogêneas (sistemas heterogêneos com dois ou mais componentes). A noção de homogeneidade e heterogeneidade de um material não aparece de forma clara no livro didático. Costuma-se usar exemplos para que o aluno identifique se o material é homogêneo ou heterogêneo ao visualizá-lo. No entanto, é necessário apontar quais critérios devem ser utilizados para tal diferenciação, uma vez que um mesmo material impuro pode ser identificado como homogêneo ou heterogêneo.

Empregam-se processos mecânicos de separação para obter os componentes de uma mistura heterogênea e processos físicos de separação para obter os componentes de uma mistura homogênea, sem estabelecer uma relação entre componente de mistura e substância.

O livro não apresenta os gráficos de mudanças de estados físicos, no entanto, propõe atividades práticas para investigar o comportamento de uma substância (água) e de uma mistura (água e sal) submetidas ao aquecimento. Nota-se, que em função da mediação do professor, as atividades poderão favorecer a discussão e reflexão em sala de aula, proporcionando uma melhor compreensão dos conceitos em estudo. Entretanto, vale ressaltar que a aprendizagem é o reflexo da mediação didática do professor; de sua forma de organizar e trabalhar o conteúdo de ensino.

Apesar do termo substância ser introduzido desde a apresentação do livro, distintamente de material, não há uma definição para o conceito de substância, no entanto, ao afirmar que

> (...) para um químico, a separação dos componentes de um sistema é uma tarefa fundamental, pois garante a obtenção de substâncias puras. Muitas vezes, o químico gasta mais tempo de seu trabalho separando e purificando os produtos obtidos em uma reação do que propriamente fazendo a reação acontecer (MORTIMER; MACHADO, 2002, p. 60),

verifica-se que uma substância é um material puro e que o processo de separação é o meio pelo qual tal material é purificado.

Embora o colégio adote o livro E (MORTIMER; MACHADO, 2002), este não foi utilizado durante a aplicação da proposta. Fizemos um texto que foi lido e discutido em sala de aula e para auxiliar no estudo dos alunos (Apêndice C).

4.2.6 Análise do Livro F

O livro F (CANTO; PERUZZO, 2003) inicia o capítulo intitulado Substâncias Químicas com um texto de apresentação (Comentário Preliminar), relatando os conteúdos que serão ensinados. Segundo os autores,

> na história da Química o estabelecimento de alguns conceitos foi decisivo para os progressos nessa área do conhecimento humano. Entre tais conceitos estão o de **substância química** e o de **mistura**.
> Se um químico possui uma amostra de certo material e precisa decidir se ela é formada por uma única substância química ou se é uma mistura de duas ou mais substâncias, ele pode realizar a determinação de certas propriedades desse material. Com bases nessas propriedades a decisão correta pode ser tomada.
> Entre essas propriedades que permitem diferenciar substância química e mistura, estão o ponto de fusão, o ponto de ebulição e a densidade, propriedades apresentadas e discutidas neste capítulo (CANTO; PERUZZO, 2003, p.11).

O tópico *Desenvolvendo o tema* é iniciado com as mudanças de estado físico, com destaque para o ponto de fusão e o ponto de ebulição. Neste momento, são apresentadas as curvas de aquecimento e de resfriamento da água, sem uma discussão sobre os patamares existentes, que indicam que durante a mudança de estado físico de uma substância, a temperatura permanece constante.

Inicialmente, o livro enfatiza que "a utilidade prática de saber os valores de ponto de fusão e de ponto de ebulição de determinada substância é poder prever as faixas de temperatura em que a substância é sólida, líquida ou gasosa". Posteriormente, o conceito de substância é definido como uma porção da matéria que tem propriedades bem definidas e que lhe são características. Neste caso, o ponto de fusão, o ponto de ebulição, a densidade, o fato de ser inflamável ou não, a cor, o odor, etc são apresentadas como propriedades da matéria, utilizadas para identificar uma substância e diferenciá-la de mistura. Percebemos que as temperaturas de fusão e ebulição não são discutidas como um critério de pureza material.

Os autores salientam que "duas substâncias diferentes podem, eventualmente, possuir algumas propriedades iguais, mas nunca todas elas. Caso aconteça de todas as propriedades de duas substâncias serem iguais, então elas são, na verdade, a mesma substância" (CANTO; PERUZZO, 2003, p.21).

É importante chamar a atenção de que algumas misturas podem apresentar algumas propriedades semelhantes às propriedades de uma substância, sendo necessário diferenciar estes materiais através de um critério de pureza. Neste caso, pode-se utilizar a constância ou variância da temperatura nas duas mudanças de estado físico (fusão e ebulição).

Os conceitos de substância e mistura são diferenciados da seguinte forma: "Uma **substância pura**, como o próprio nome diz, está pura, ou seja, não está misturada com outra substância ou com outras substâncias". Já uma **mistura** é uma porção de matéria que corresponde à adição de duas ou mais substâncias puras" (CANTO; PERUZZO, 2003, p.21-22). A definição de substância deixa implícito que o material puro é aquele constituído por uma única substância, entretanto a redação não está bem elaborada e o conceito de pureza material não é discutido no livro.

O livro apresenta as curvas de aquecimento para uma substância e uma mistura, salientando que a temperatura permanece constante durante a mudança de estado físico de uma substância. Os autores reforçam a ideia de que

> Todo sistema cuja fusão e ebulição ocorrem a uma temperatura constante – ou seja, desde que se inicia a mudança de estado físico até o seu final não se observa variação de temperatura – é considerado **substância pura** ou simplesmente **substância**. Todo sistema cuja temperatura sofre variação durante a fusão e a ebulição é chamado de **mistura** (CANTO; PERUZZO, 2003, p.25).

4.2.7 Sobre o conjunto dos livros analisados

A análise dos materiais didáticos mostra que vários aspectos aparecem em comum nos livros verificados, o que nos permite criar as categorias indicadas no quadro a seguir.

Quadro 5: Categorias para os conceitos de substância e mistura evidenciadas nas obras

Categorias	LIVRO A	LIVRO B	LIVRO C	LIVRO D	LIVRO E	LIVRO F
1. Apresenta as propriedades físicas como meio de identificar um material puro	X	X	X	X	X	X
2. Define o termo substância	X	X	X	X	-	X
3. Classifica as substâncias em simples e compostas	X	X	X	X	-	-
4. Define adequadamente o termo mistura	-	-	X	X	X	X
5. Apresenta os métodos de separação como método de purificação	X	X	X	X	X	X
6. Apresenta gráfico de mudança de estado físico/ temperatura constante na mudança de fase	X	X	X	X	X	X
7. Apresenta a relação entre substância e pureza.	X	X	X	X	X	X

Notamos que todos os livros iniciam o estudo dos materiais através das propriedades físicas que são caracterizadas como propriedades específicas e utilizadas como meio de identificar uma substância. Entretanto, como já discutido anteriormente, nem todas as propriedades químicas e físicas distinguem substância de mistura. Do nosso ponto de vista, as propriedades que merecem ênfase são as temperaturas de fusão e de ebulição, assim como as demais que permanecem constantes numa mudança de estado físico, tais como, temperatura de condensação e temperatura de solidificação.

Apenas o livro E (MORTIMER; MACHADO, 2002) não define substância, no entanto propõe atividades práticas que permitem ao aluno identificá-la como um material puro. Apesar de discordarmos do livro D (SANTOS et al., 2005) em atribuir propriedades físicas constantes como característica de uma substância e propriedades físicas variáveis como atributos de uma mistura, este é o que melhor define substância, pois a conceitua como um material purificado, "constituído **quase** exclusivamente por um mesmo tipo de matéria", chamando a atenção para o fato de que pureza é definida operacionalmente e um conceito relativo, sendo impossível a obtenção de um material 100% puro. De acordo com esta afirmação, uma substância é definida como um material idealmente puro, logo, é possível apresentar ao aluno o conceito de substância como um modelo químico dos materiais.

Os livros C (NÓBREGA, 2005), D (SANTOS, 2005), E (MORTIMER, 2002) e F (CANTO; PERUZZO, 2003) definem uma mistura como um material constituído por mais de uma substância, ou seja, trata-se de uma mistura de substâncias. Nos livros A (FELTRE, 2004) e B (BIANCHI, 2005) o termo mistura aparece em oposição à palavra substância, por exemplo: "As misturas não têm composição constante e não têm constantes físicas definidas, ao contraio das substâncias." (FELTRE, 2004).

Os gráficos de mudanças de estados são apresentados como uma forma de diferenciar um material puro de um material impuro. Chama-se atenção em relação aos patamares que indicam que para uma substância a temperatura permanece constante na transição de fase. Entretanto, nenhum livro explica porque tal comportamento se constitui em critério de pureza. Desse modo, a aprendizagem do critério é puramente mecânica.

Todos os livros apresentam os métodos de separação como métodos de purificação, destacando a relevância das propriedades físicas e mostrando a possibilidade de obter as substâncias isoladas ("puras") a partir da mistura em que se encontram. Neste aspecto, deveria ser discutida com os estudantes a noção de pureza, definindo substância como um material puro e chamando atenção de que a obtenção de uma substância é um procedimento experimental.

Os livros classificam as substâncias como simples ou compostas, associando-as respectivamente a materiais formados por um único tipo de átomo e a materiais formados por dois ou mais tipos de átomos, estando de acordo com a conceituação científica. Verificamos que apenas os livros A (FELTRE, 2004), C (NÓBREGA, 2005) e D (SANTOS, 2005) distinguem substância simples e compostas pelo critério empírico de serem ou não serem decomponíveis. Além disso, observa-se também que uma substância costuma ser definida como um material de composição química (de acordo com a Lei de Proust) e propriedades físicas constantes.

Sabemos que os livros ainda constituem o principal recurso didático utilizado nas aulas de ciências, por isso, a análise destes materiais permite verificar de que forma estão contribuindo ou não para a aprendizagem dos conteúdos científicos. Em relação aos livros analisados, podemos afirmar que a forma simplista e fragmentada como o conceito de substância é apresentado dificulta a sua aprendizagem significativa.

Como constatamos, nenhuma das obras analisadas atende o nosso referencial teórico, de modo que verificamos a necessidade de elaborar uma proposta de ensino que trate do conceito de substância de forma que haja uma coerência entre o conhecimento científico produzido pelos cientistas e o conhecimento químico escolar.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Conhecimento prévio ao ensino

A análise dos dados nos permite compreender as concepções dos estudantes antes e após a aplicação da proposta, de modo que podemos verificar a sua eficácia e se houve aprendizagem significativa em relação ao conceito de substância e outros relacionados a este.

Primeiro iremos tratar do conhecimento prévio possuído pelos alunos, em seguida discutiremos sobre o desenvolvimento dos estudantes por meio do exercício de consolidação, e finalmente, abordaremos os resultados provenientes do diagnóstico do conhecimento posterior ao ensino assim como a discussão sobre os mapas conceituais elaborados pelos estudantes antes e após a execução da sequência didática. Vale ressalvar que além do material recolhido, as anotações durante a observação também orientaram a nossa análise.

Tentamos ser fieis na transcrição das respostas dos estudantes e detectamos várias impropriedades de linguagem que podem ser atribuídas ao fato de estarem iniciando a aprendizagem química e não saberem ainda se expressar adequadamente. Gostaríamos de salientar que as categorias apresentadas não equivalem ao total de alunos que participaram da investigação, uma vez que parte dos estudantes não respondeu algumas questões ou simplesmente afirmaram não saber as respostas a certas perguntas. Tivemos também um grupo de respostas distintas que não possibilitaram criar categorias. Tais respostas foram desconsideradas. Atribuímos nomes fictícios aos alunos a fim de preservarmos suas identidades.

Na primeira etapa do trabalho, todos os estudantes responderam ao questionário composto por treze questões abertas, apesar de acharem um pouco extenso e afirmarem que tinham dificuldade para responder as questões. Diziam:

Jackson: Vi isso na oitava, mas não lembro o assunto.

Ana: Eu nem tive aula de química no ano passado.

Carla: Nunca ouvi falar em homogênea e heterogênea.

Paula: Eu nem sei por que eu estudo química.

Ao investigarmos a concepção dos estudantes sobre material puro, percebemos que o conhecimento que eles possuíam não se associava à definição de material puro caracterizada pela química. Notamos que a presença do conhecimento espontâneo aparecia fortemente e a nossa intenção não era substituí-lo pelo conhecimento científico, e sim favorecer o crescimento de sua estrutura cognitiva através das relações estabelecidas entre o que eles sabiam e as novas informações que apareciam no decorrer do trabalho.

Sobre **material puro**, tivemos respostas do tipo:

Michele: Que material puro é aquilo que não contém produtos químicos, ele é totalmente natural.

Bruna: É aquele que não passa por nenhuma mudanças (químicas) no estado.

Verificamos que 34,5 % afirmaram que se trata de material que não contém química, 13,8% alegaram que são materiais que não sofrem mudanças e 6,9% associaram a material limpo. Apesar de apresentarem formas de raciocínios inadequadas à compreensão do conceito de substância como material puro, verificamos que 17, 2 % dos estudantes afirmaram que é um material que não se mistura com outros componentes:

Ana: Material puro é aquele material que não é misturado com nem uma outra substância.

Paulo: É uma substância que não se mistura com outros. Assim, ela é um material puro.

Interpretamos que esta parcela de alunos entende material puro como um material não misturado, que é um bom ponto de apoio para introduzir o conceito de substância química.

Cientes de que 34,5 % dos alunos investigados afirmaram que material puro é aquele que não contém química, era de se esperar que eles também associassem o **material impuro** como material que contém química. Verificamos que 24,1% dos estudantes fizeram esta associação:

Lara: É quando o material contém algum tipo de química.

Gustavo: "Que produto para cabelo, para as unhas, é um material impuro, por que tem química.

Brenda: Que se o material contém química ele é impuro.

Outros estudantes: (a) disseram que se trata de um material contaminado, sujo (17,2%); (b) associaram a um material que foi misturado (17,2%) e definiram-no como material composto por substâncias (13,8%). A concepção dos dois últimos grupos de alunos mencionados se aproxima da definição adequada para o termo material impuro, já que este se refere a uma mistura de substâncias.:

Tamara: Quando tem várias substâncias.

Leo: É varias substâncias composta somente nele. Por isso, material impuro.

As concepções acerca do termo **pureza material**, que é um termo relevante para a aprendizagem do conceito de substância, se aproximaram das concepções que os alunos apresentaram em relação a um material puro. Identificamos que 10,3% dos alunos afirmaram

que pureza é quando um material não contém química, 20,7% associaram a um material que não se mistura, e 6,9% narraram que é material limpo:

Bruno: É aquele material puro que não contém nenhum tipo de química.

José: Pureza material é material puro da própria natureza que não é contido com mais de 2 material.

André: Sem misturas, o único que é limpo.

Larissa: Eu entendo que pureza material é um material puro que não sofreu alterações químicas.

Quanto aos 20,8% que alegaram ser um material que não sofreu alteração química, isso pode ser interpretado como um dos motivos responsáveis por alguns estudantes relacionarem material puro a um material natural. Isso foi verificado durante as discussões em sala de aula.

Se pegarmos um dicionário da língua portuguesa encontraremos que pureza é "qualidade de puro, transparência" e que purificar significa "tornar puro. Livrar de substâncias que alteram ou corrompem". A palavra puro aparece como "que não tem mistura ou impurezas; estado natural; não adulterado. Claro, límpido. Exclusivo; só". As ideias dos alunos se assemelham com as encontradas nos dicionários; isso reforça a nossa compreensão de que os conceitos de material puro e impuro apresentados pelos estudantes são influenciados pelos conceitos espontâneos, uma vez que estes termos são expressões do senso comum.

Ao questionarmos sobre a possibilidade de obtermos um **material puro a partir de um material impuro**, constatamos que 13,8% explicaram ser possível retirando as substâncias químicas, 17,2% disseram que é possível passando o material impuro por processos que o deixe puro, por tratamento, 13,8% explicou que é possível limpando o material, 6,9 % afirmam ser possível, mas não souberam explicar e 24,1% dos alunos afirmaram não ser possível. Apesar das justificativas serem diferentes, notamos que 62,7% dos estudantes afirmaram que é possível a obtenção de um material puro a partir de um impuro, entretanto, apenas 10,3% citaram que pode ser por método de separação:

Cleide: Sim, no caso pode ocorrer a separação dos materiais contiduos.

Inês: Sim. Fazendo transformações, separando as impurezas.

Marta: Separando as impurezas do material.

Quanto ao **conceito de substância**, 44,8% dos alunos afirmaram que é material formado por elementos químicos e 6,9% associaram a uma mistura de substâncias. Estes dados revelam um desconhecimento do conceito de substância por parte destes estudantes. É

possível perceber que os alunos identificam os elementos químicos como constituintes das substâncias:

Elenildo: Substâncias químicas são materiais químicos compostos por elementos químicos como H2O.

Fabio: Substância química é a união de vários elementos.

Wanda: São vários tipos de substâncias juntas (liquida, tóxicas, composta, etc.)

Para trabalharmos com as propriedades físicas como uma das maneiras de identificar um material como puro ou impuro, já que as consideramos como um critério de pureza material, foi necessário sondar o que os alunos compreendiam sobre as mudanças de estados físicos da matéria. Quando indagamos sobre **o que acontece quando um líquido ferve**, detectamos que 82,8% dos alunos afirmaram que ocorrerá mudança de estado físico, onde o líquido irá evaporar, entrar em ebulição.:

Thiago: O liquido esquenta, ferve e seca. Isso ocorre pela vaporização (o vapor da água).

Quanto à passagem do sólido a líquido (**quando o sólido derrete**), apenas 6,9% deles mencionaram que ocorre fusão, 62% afirmaram que o sólido derrete e vira líquido e 13,8% afirmaram que vira água.

Pelo fato da água ser uma substância tão presente no nosso cotidiano, notamos que vários estudantes citam-na como exemplo em suas respostas:

Reinaldo: Quando o sólido derrete e vira água.

Malu: Acontece que o solido se transforma em água (isso significa que ele muda de estado (de solido para liquido).

Em relação às concepções sobre **ponto de fusão e ponto de ebulição**, 44,8% dos estudantes associaram ponto de fusão a mudança de estado físico, entretanto apenas 27,6% identificaram como a passagem do estado sólido para o líquido. Outros 37,9% identificaram o ponto de ebulição como a mudança de líquido para gasoso e 10,3% chamaram atenção de que é o momento em que o líquido/água ferve.

Como vimos, ao investigarmos as concepções dos estudantes quanto ao conceito de substância, constatamos que estes associam a composição material à presença dos elementos químicos. Esta ideia foi reforçada ao indagarmos sobre o **conceito de mistura**, em que 44,8% dos alunos definiram este termo como uma mistura de dois ou mais elementos. Apenas 20,7% alunos identificaram como uma junção de várias substâncias:

Ana: Composta por varias substâncias.

Rita: Com o ajuntamento de duas ou mais substâncias.

Joana: Quando junta as substâncias.

Iracema: Homogênea e heterogênea. É a junção de duas substâncias.

Carolina: Mistura é quando pegamos duas substâncias e misturamos ou jogamos uma dentro da outra e sacudimos.

Em relação à **classificação de uma mistura** também verificamos grande confusão na compreensão deste conceito. Para 17,4% dos estudantes, uma mistura é homogênea quando as substâncias se misturam e heterogênea quando não se misturam. Já 10,3% dos alunos classificaram uma mistura homogênea quando as substâncias não se misturam e heterogênea quando se misturam. Ainda tivemos 6,9% dos estudantes que associaram uma mistura homogênea ao material composto por apenas uma substância e heterogênea por mais de uma substância. Podemos inferir com o dado fornecido por este pequeno grupo de estudantes, que eles relacionam uma substância a um material que apresenta uma única fase, por isso identificam como uma mistura homogênea, e pelo mesmo motivo, associam uma mistura de substâncias a um material heterogêneo.

Ao perguntarmos **se a água que eles bebem é uma substância ou uma mistura**, verificamos que 55,1% dos alunos identificaram a água como uma substância, e que apenas 12,5% destes justificaram que é uma substância porque é pura:

Thomas: É uma substância pois ela é pura.

Lânia: Uma substância porque passa por um processo de purificação ate a água chegar a nossa casa.

Outro grupo composto por 6,2% dos estudantes disseram que é substância porque não precisa ser misturada, 18,8% justificaram que é uma substância porque tem apenas um elemento químico. Esta questão nos mostrou que além dos alunos não compreenderem o conceito de substância e apresentarem dificuldades em definir o que é um material puro, detectamos que apenas dois alunos associaram substância a um material puro e que somente um aluno reconhece substância como um material não misturado. Isto significa que este pequeno grupo de estudantes (composto por três alunos) apresenta ideias-âncora relevantes para a aprendizagem do conceito de substância segundo o critério de pureza material.

Outro grupo de estudantes (41,4%) identificou a água como uma mistura. Destes alunos, 41,7% justificaram que é uma mistura porque contém mais de um elemento e 25% associaram a água a uma mistura de substâncias. Neste caso, podemos perceber que praticamente a metade dos alunos que caracterizaram a água como uma mistura, apresenta uma confusão entre mistura e substância composta, uma vez que esta última é constituída por dois ou mais elementos químicos.

Na última questão, em relação à concepção dos estudantes acerca da **pureza da água**, 27,6% dos alunos disseram que material puro é um material limpo, 10,3% associaram água pura a um material sem química, 6,9% associaram água pura à água não contaminada. Tivemos dois pequenos grupos que apresentaram respostas mais satisfatórias; em que 6,9% de estudantes afirmaram que a água está pura quando não contem impureza, ainda assim, esta resposta é um tanto óbvia, já que impuro é o oposto de puro, e 10,3% afirmaram que água pura, a qual foi associada à água limpa, é quando esta está tratada.

Quando a água é tratada e novas substâncias são adicionadas a ela, para melhorar sua qualidade, do ponto de vista químico, segundo o critério de pureza adotado, a água é um material impuro, pois apresenta várias substâncias na sua composição. Por outro lado, ela pode ser considerada adequada para ser utilizada, ou seja, considerada como água purificada para o consumo. Esta última ideia de material puro é utilizado no senso comum, por isso, diversas vezes, verificamos a influência dos conceitos espontâneos nas respostas dos estudantes.

Após passar o vídeo sobre o tratamento da água, a professora questionou aos alunos: Depois de passar por todas essas etapas na estação de tratamento, a água está pura?

Aluno 1: Não, ela dá pra usar, mas não está 100% pura.

Professora: Todos concordam com o colega que a água não está pura?

Aluno 2: Ela sai pura, mas não chega a nossa casa mais pura, se contamina no caminho.

Aluno 3: Passa por canos sujos.

Aluno 4: Pode ser que ela passe por processos químicos e mesmo assim não fique pura.

Professora: Ela está pura ou impura?

Alguns alunos diziam que a água estava pura, outros diziam que a mesma estava impura. Eles demonstravam incerteza. Alguns associavam o termo pureza à limpeza ou material sem química, comprovando o que foi observado com as respostas às questões do pré-teste.

Durante as discussões a professora chamou atenção de que todos os materiais sejam eles naturais ou artificiais não estão isentos “de química” e através da fórmula molecular da água foram discutidos os conceitos de átomo e elemento químico, assim como o conceito de pureza material. Por meio da composição do ar, foram tratados os conceitos de material puro e impuro, salientando que o material puro é aquele que contém apenas uma substância e o material impuro se trata de uma mistura de substâncias.

Inicialmente, notamos certa dificuldade dos estudantes em diferenciar uma substância de mistura. Mesmo com o exemplo da composição do ar, para alguns estudantes, o conceito de pureza material ainda não estava muito claro. Isso pode ser constatado no trecho abaixo que representam o diálogo entre a professora e os alunos:

Trecho 1

Professora: O ar é um material puro ou impuro?

Aluno 1:Impuro. É uma mistura de substâncias.

Professora: Uma substância é material puro ou impuro?

Aluno 2: Impuro.

Professora: E o que é um material puro?

Aluno 3: Quando tem uma substância só.

Professora: Então?

Aluno 3: Então a substância é um material puro.

Depois de alguns diálogos estabelecidos entre a professora e seus alunos, notávamos que os estudantes começavam a se apropriar dos conceitos químicos, mostrando uma diferenciação em relação às ideias apresentadas no diagnóstico do conhecimento prévio à aplicação da sequência didática. Isto pode ser mostrado a partir dos trechos a seguir:

Trecho 2

Professora: Vocês acham que na natureza os materiais encontram-se puros ou misturados?

Aluno 1: Mais puros.

Professora: Por exemplo, o solo é um tipo de material?

Aluno 2: É.

Professora: É uma substância só?

Aluno 3: São várias.

Professora: O solo é um material puro ou impuro?

Aluno 4: Impuro.

Professora: Por quê?

Aluno 4: Porque tem várias substâncias

Professora: Então, prestem atenção pessoal, quando a gente fala material puro...

Nota-se que a professora trabalha os conceitos com os estudantes de modo a fortalecer a relação entre os conhecimentos prévios (conceitos espontâneos de material puro) e o conceito de material quimicamente puro.

Trecho 3

Professora: Química é a ciência que estuda os materiais. Estes materiais podem estar puros ou impuros. Se os materiais estão misturados, como eu faço para obter um material puro?

Professora: Eu posso obter de um material impuro um material puro?

Aluno 1: Pode.

Professora: Como?

Aluno 2: Só se inventaram um aparelho que separa.

Trecho 4

Professora: Então quimicamente falando, olhe só pessoal, para o químico, material puro significa aquele que tem somente uma substância.

Por exemplo, se eu tenho só água H_2O, é pura ou impura?

Aluno 1: Pura.

Professora: E se eu tenho água mineral, é pura ou impura?

Aluno 2: Impura.

Professora: Mas está adequada para o consumo?

Aluno 3: Está.

Professora: A gente usa como termo do cotidiano, ah esta água é pura, a água que chega a nossa torneira foi uma água tratada, adequada ao nosso consumo, mas quimicamente falando, ela é uma substância ou uma mistura?

Aluno 4: Mistura.

A professora retoma o exemplo da água para retrabalhar a separação/purificação dos materiais.

Trecho 5

Professora: Se na natureza os materiais estão misturados, como é que a gente pode obter uma substância, um material puro de um impuro?

Aluno 1 :Separando.

Professora: Como a gente pode separar?

Aluno 2: Com uma máquina, sei lá.

Professora: A gente pode obter um material puro através de processos de purificação, que a gente chama de métodos de separação. Por exemplo, eu tenho água e sal misturados e agora quero separar, é possível?

Aluno 3: É.

Professora: Como é que a gente pode fazer isso?

Aluno 3: Pega um coador.

Professora: Se a gente filtrar, a gente consegue reter o sal?

Aluno 4: Não porque está dissolvido.

Professora: E se eu quiser separar a água e o sal de cozinha, como é que eu faço?

Aluno 5: Coloca pra ferver.

Professora: E se eu colocar para ferver, o que é que vai acontecer?

Aluno 6: O sal vai ficar lá embaixo na panela.

Professora: E a água?

Aluno 6: Vai evaporar.

Professora: Água e sal é um material puro ou impuro?

Aluno 7: Impuro.

Professora: Então se eu fizer a vaporização eu vou purificar a água e purificar o sal?

Aluno 7: Vai sim.

Professora: O que é material puro?

Aluno 8: Que tem uma única substância.

Professora: E o que é material impuro?

Aluno 8: Mistura de várias substâncias.

A professora conduz a discussão favorecendo a reflexão dos estudantes, contribuindo para que possam aprender os significados do conceito de substância como material puro.

Os experimentos realizados durante a aplicação de nossa proposta favoreceram a participação e reflexão dos estudantes. No experimento Aquecendo uma substância "pura", onde os alunos observavam o que acontecia ao aquecer a água, acompanhavam a variação da temperatura e anotavam os dados em uma tabela, os estudantes expressavam suas observações e questionamentos:

Davi: Olha a fumaça, é a vaporização.

Serginho: O nível da água está descendo.

Brenda: Porque a temperatura não está mudando mais.

Algumas de nossas intervenções aconteceram durante a segunda etapa da sequência de ensino, a parte experimental. Procuramos evitar que os alunos dessem atenção apenas ao fenômeno observado. Tentávamos instigá-los e fazê-los refletir o experimento, favorecendo a relação entre a atividade prática e seus aspectos teóricos. De acordo com Rosito (2000), as atividades experimentais realizadas sem integração com uma fundamentação teórica não passam de ativismo. Esta mesma autora considera que uma teoria sem embasamento

experimental não permite ao aluno uma compreensão efetiva dos processos de ação das ciências.

No trecho seguinte, apresentamos nossas intervenções, em que objetivávamos revisar os conceitos já discutidos pela professora. Neste momento, nós, a professora e os alunos, participávamos dos diálogos.

Trecho 6

Considerando dois béqueres, um com água e outro com uma mistura de água e sal. A professora indagou: Dá para a gente saber onde está o material puro e onde está o impuro?

Aluno 1: Um é água.

Aluno 2: O outro é álcool.

Aluno 3: É água e álcool.

Professora: Como vocês sabem?

Aluno 4: É a mesma cor.

Professora: A água é um liquido transparente e incolor, o álcool também é transparente e incolor, como é que vocês identificam que um é água e o outro é álcool?

Aluno 5: *É só cheirar.*

Aluno 6: Ô professora, não é recomendável cheirar todos os produtos químicos.

Pesquisadora: Temos dois béqueres, um com uma substância (material puro) e outro com uma mistura (material impuro). Já que a gente não pode identificar a olho nu, pelo cheiro, pelo paladar, pois a gente sabe que as propriedades organolépticas não são confiáveis na identificação de uma substância e que existem materiais que nem cheiro perceptível tem, então qual é a propriedade que a gente está utilizando para saber se o material é uma substância ou se é uma mistura?

Aluno 7: Está fervendo.

Pesquisadora: Certo, mas eu vou ferver os dois materiais. E o que vai nos indicar...

Aluno 8: A temperatura.

Pesquisadora: Que temperatura é essa?

Aluno 9: De ebulição.

Pesquisadora: Por que é confiável utilizar a temperatura de ebulição para identificar se o material é uma substância ou mistura? Se for uma substância, o que acontece com a temperatura durante a passagem do estado líquido para o gasoso?

Aluno 10: Fica constante.

Pesquisadora: E no caso da mistura?

Aluno 11: Vai variar.

Após identificar o béquer que continha o material impuro, deixamos uma pequena quantidade no béquer e continuamos aquecendo. Quando toda água evaporou os alunos perceberam que havia sal no fundo do béquer. A intenção em continuar o aquecimento, era mostrar que é possível obter um material puro a partir de uma mistura e que os métodos de separação são utilizados para purificar o material. Percebemos que os alunos estavam bastante envolvidos com o experimento. Diziam

Aluno 12: É sal.

Aluno 13: É açúcar.

Aluno 14: È ácido.

Aluno 14: Se fosse açúcar ia caramelizar.

Depois de executar e discutir todos os experimentos, decidimos concluir o debate na aula seguinte, em que reforçamos a ideia de que as temperaturas de fusão e de ebulição são critérios de pureza utilizados na distinção entre uma substância e mistura.

5.2 Exercício de consolidação

Esta etapa iniciou-se com a leitura coletiva de um texto elaborado por nós, para revisarmos todas as fases do estudo. Utilizamos novas perguntas no exercício de consolidação para verificarmos se houve uma modificação das concepções iniciais dos estudantes e a aprendizagem do conceito em estudo. Os estudantes se distribuíram em sete equipes; quatro equipes com cinco alunos, uma equipe com quatro e uma com sete estudantes.

Através da análise da primeira questão do exercício de consolidação (**Não é raro encontrarmos nos supermercados produtos com a designação "puro", por exemplo, café puro, azeite puro, açúcar puro. Se você precisasse classificar estes materiais, diria que são materiais puros ou impuros? Explique.**) é possível perceber que os alunos desenvolveram compreensão adequada em relação aos conceitos de material puro e impuro, uma vez que seis equipes (85,7%) responderam corretamente à pergunta. A equipe 5 afirmou: *São materiais impuros, pois analisando quimicamente são misturas e não substâncias, ou seja, material impuro.*

Na segunda questão, sobre a qualidade das vodkas, (**A tabela abaixo apresenta algumas características das vodkas. Geralmente quanto melhor o produto, maior o seu preço. De acordo com os dados da tabela, qual a vodka mais cara? Como você explica a qualidade das vodkas?**) todas as equipes identificaram a vodka Ultra Premium como a

vodka mais cara e justificaram que isto se deve ao fato desta apresentar processos de filtração e destilação mais complexos. Este momento do estudo foi importante para consolidarmos o reconhecimento dos métodos de separação como métodos de purificação. Notamos que os alunos perceberam que quanto maior a quantidade de etapas de purificação pelas quais passou o material, maior será o seu grau de pureza. Duas equipes responderam:

Equipe 1 - *A vodka Ultra Premium porque ela passou por um processo mais rígido de filtrações.*

Equipe 4 - *Ultra Premium. Quantos mais os filtros onde a vodka passou, forem amplos, melhora a filtração, e as camadas de destilação forem mais, a qualidade da vodka melhora.*

Na terceira questão (**Observe o rótulo abaixo e responda: A água mineral é pura? Por quê?**) todos os grupos afirmaram que água mineral não é pura, ou seja, que se trata de uma mistura de substâncias. Isso pode ser percebido através de suas respostas:

Equipe 1 - *Dependendo do nosso ponto de vista sim. Mais para os químicos ela é considerada impura, pois contém várias composições.*

Equipe 5 - *Não, pois é misturada com várias outras substâncias.*

Equipe 6 - *Impura, pois tem várias substâncias nela.*

Equipe 7 - *Quimicamente não é pura, porque contém sais minerais.*

Através da quarta questão (**O ouro 18 quilates (18 K) contém 75% de ouro e 25% de prata, cobre ou bronze. Uma aliança de ouro 18 K apresenta em sua embalagem a frase: Aliança de ouro puro. Esta frase está correta? Explique.**) também verificamos uma diferenciação do conhecimento possuído pelos estudantes quando comparado com o seu conhecimento prévio ao ensino. Todas as equipes negaram a pergunta e justificaram corretamente suas respostas:

Equipe 3 – *Não. Porque juntamente com o ouro contem 25% de prata ou bronze, o que torna um material impuro.*

Equipe 5 – *Está incorreta, pois o ouro foi misturado com prata e bronze.*

Equipe 6 – *Não. Porque 25% dele contém algumas misturas.*

Equipe 7 – *A frase não está correta quimicamente falando pois tem outras substâncias.*

Na quinta questão (**Qual a diferença entre material natural e material artificial?**) seis equipes souberam diferenciar os materiais, no entanto, o nosso objetivo era discutir a diferença entre material natural e artificial chamando atenção de que ambos são materiais químicos. Neste momento, aproveitamos a oportunidade para esclarecermos novamente algumas concepções que apareceram no pré-teste, a exemplo da ideia de que um material puro não contém química e que um material impuro é sujo, contaminado e faz mal. Essa evolução

conceitual pôde ser verificada através das respostas dadas à sexta questão (**Como você explica a seguinte afirmação: produtos naturais não fazem mal porque não contêm química**.):

Equipe 3 - *Não concordamos. Porque qualquer produto contém química.*

Equipe 4 - *Esta afirmação está errada porque produtos naturais contem química e tem produtos naturais que fazem muito mal.*

Equipe 5 - *Está errado, pois todos os produtos contêm química.*

Equipe 6 - *Errado. Pois todo material tem química.*

As respostam mostram que houve uma ampliação no repertório conceitual dos estudantes quanto aos conceitos de material puro, impuro, substância, mistura e grau de pureza. Esta evolução pode ser atribuída ao estudo realizado, desde a discussão do vídeo sobre o tratamento da água, até a discussão do exercício de consolidação. Buscamos favorecer a participação dos alunos e o debate em sala, para que pudéssemos observar como se expressavam e se já defendiam suas idéias de modo mais adequado. Entretanto, vale salientar que as respostas dadas às questões do exercício de consolidação foram elaboradas em equipe, isso quer dizer, que mesmo tendo questão em que 100% das equipes responderam corretamente, não podemos afirmar que todos os estudantes (100%) responderam significativamente às perguntas, uma vez que em um trabalho em equipe é comum a ideia de alguns alunos prevalecerem em relação às ideias de outros.

5.3 Conhecimento posterior ao ensino

Em relação à concepção dos estudantes acerca de um **material puro**, verificamos que a maioria apresentou respostas satisfatórias; 69% afirmaram que material puro é aquele que contém apenas uma substância química e 10,3% informaram que material puro é aquele que não contém misturas, ou seja, cerca de 79% dos estudantes associaram um material puro como um material não misturado. Seguem exemplos:

Danilo: Material puro é aquele que só tem uma substância, ou seja, aquele que é uma substância e não uma mistura.

Mônica: Eu diria que material puro é aquele material que possui apenas uma substância.

Ronaldo: Diria que material puro é um material que contém somente um elemento, ou seja, é uma substância, não é uma mistura de substâncias e sim uma só substância.

Na resposta de Ronaldo, percebemos que apesar dele saber diferenciar substância de mistura segundo o critério de pureza, ele associa elemento a substância. Isto reforça a

impressão que tivemos no início do trabalho de que os estudantes consideram que todo material formado por mais de um elemento se trata de uma mistura de elementos, portanto, trata-se de material impuro.

Ainda tivemos 13,8% de estudantes que identificaram material puro como aquele que não sofreu alteração, nem contém química.

Quando questionamos acerca de um **material impuro**, também tivemos respostas adequadas; 69% dos alunos alegaram que se trata de um material que contém mais de uma substância e 13,8% associaram a um material constituído por mais de um componente, ou seja, uma mistura:

Ruan: O material impuro é aquele que contem duas ou mais substâncias, ou seja é uma mistura de substâncias. Ex: água (substância 1), sal (substância 2) => está ai formada uma mistura.

Márcio: Para um material ser considerado impuro ele tem que possuir no mínimo duas substâncias.

Uma pequena parcela de estudante (10, 3%) afirmou que material impuro é um material que sofreu alteração química.

Em relação à **pureza material**, verificamos que 20,7% dos alunos associaram pureza ao material que contém apenas uma substância, outros 20,7% afirmaram que para o material se tornar puro é necessário passar por diversas fases, ou tratamento e 13,8% associaram pureza a material puro. Entretanto, apenas 3,4% relacionou pureza a um material puro que não foi misturado. Neste sentido, percebemos que mais da metade dos alunos demonstraram apropriação do conceito de pureza química e passaram a diferenciar o conceito de pureza espontâneo do conceito científico:

Ana: É quando existe somente uma substância, na visão química. Mas na visão social é quando um material está adequado para determinado uso.

Paula: Um material que foi passado por várias fases, quimicamente foi feito um tratamento para chegar até a pureza.

Poucos estudantes (6,9%) salientaram que o material pode ser classificado como puro ou impuro em relação ao critério de pureza.

Em relação à possibilidade de se obter um **material puro a partir de um material impuro**, constatamos que os alunos apresentaram respostas satisfatórias. 86,1% disseram ser possível mediante alguns processos pelos quais os materiais devem ser submetidos. Destes alunos, 44,8% associaram tais processos aos métodos de separação, 13,8% afirmação que o

material passa por tratamentos e 3,4% alegaram que é possível esta obtenção porque o material puro possui uma substância e o impuro duas ou mais:

Jamile: A partir da separação. Existe várias formas de separar, como a ebulição, a decantação e outras.

Erick: Sim, pelo processo de separação. Ex: ebulição: processo que separa a água do sal com o aquecimento.

Quanto ao **conceito de substância**, notamos que mesmo após a aplicação da sequência de ensino, os alunos apresentaram dificuldades para definir tal conceito. Nenhum aluno caracterizou a substância como um material puro. Entretanto, na questão que indagamos sobre material puro, 69% dos estudantes afirmaram que material puro é um material constituído por apenas uma substância. Isto pode ser o reflexo da nossa ênfase ao critério de pureza utilizado na distinção entre substância e mistura.

Verificamos que 34,5% dos estudantes não responderam a questão e que 13,8% afirmaram que a substância química está presente em todas as coisas.

Em relação à **fervura de um líquido**, 86,2% afirmaram que ao ferver, um líquido passa para o estado gasoso. Destes estudantes, 41,4% falaram que o líquido entra em ebulição, 24,1% disseram que ocorre a evaporação e 13,8% afirmaram que ocorre a vaporização. Os três casos exemplificados caracterizam a passagem do estado sólido para o líquido, portanto, os alunos associaram corretamente a fervura a uma mudança de estado físico.

Um pequeno grupo de estudantes (10,3%) alegou que a temperatura permanece constante durante a transição de fase:

Laíse: No começo a temperatura vai aumentando até chegar ao certo ponto que ela fica constante.

Bárbara: Ele passa para o estado gasoso, se o liquido for uma substância a temperatura será constante, mas se for uma mistura a temperatura ia sofrer variação

Quando interrogamos o que acontece quando um **sólido derrete**, verificamos que 62,1% dos alunos disseram que ocorre a passagem do estado sólido para o estado líquido e 20,7% afirmaram que ocorre a fusão. Na questão anterior apenas 10,3% dos alunos salientaram sobre a constância da temperatura durante a transição de fase e no caso do derretimento do sólido, nenhum estudante manifestou sua opinião em relação ao comportamento da temperatura durante a mudança de estado físico. Isto não quer dizer que eles não sabem diferenciar o comportamento da temperatura durante o aquecimento de uma substância ou mistura. Podemos atribuir a ausência da temperatura nas respostas dos estudantes a dois motivos, primeiro porque não foi questionado sobre como esta varia durante

a fervura ou derretimento, e segundo, porque não mencionamos se o líquido ou sólido era puro ou impuro.

Sobre o **ponto de fusão**, 31% dos alunos disseram que é a passagem do estado sólido para o líquido e apenas 3,4% afirmaram que a temperatura permanece constante, entretanto, não associaram a invariância da temperatura à pureza do material.

Quanto ao **ponto de ebulição**, 37,9% afirmaram que é a passagem do estado líquido para o estado gasoso, 10,3% alegaram que é a mudança de estado caracterizada pela formação de bolhas e 3,4% disseram que ebulição é a fase que comprova se o componente químico é uma mistura. Neste caso, 10,3% afirmaram que é a mudança de estado em que a temperatura permanece constante, sem também fazer referencia à pureza do material.

Em relação ao conceito de **mistura**, 41,4% dos alunos afirmaram que é um material formado por mais de duas substâncias, 10,3% disseram que se trata de uma mistura de dois ou mais componentes, 6,7% associaram mistura a um material impuro e 3,4% afirmaram que "no ponto da mistura a temperatura varia". Verificamos que a maioria dos alunos associou uma mistura a um material formado por mais de dois constituintes.

Em relação à **classificação de misturas**, identificamos que 51,7% dos alunos classificaram mistura homogênea como material que apresenta apenas uma fase e a mistura heterogênea como um material constituído por duas ou mais fases e apenas 10,3% associaram a mistura homogênea a uma substância e a mistura heterogênea a uma mistura de substâncias. Neste último caso, é possível perceber que os alunos fizeram esta associação porque parecem pensar que cada substância apresenta uma fase, por isso, relacionaram-na a uma mistura homogênea.

Cleide: A mistura homogênea apresenta apenas uma fase, ex: água e álcool. A mistura heterogênea apresenta duas ou mais fases, ex: água e gelo ou água, areia e óleo.

No exemplo de Cleide, também é possível perceber que os alunos têm apresentado confusão entre fase e componente. Notamos que a aluna consegue distinguir mistura homogênea de mistura heterogênea, mas, no exemplo água e gelo, apesar de identificar corretamente a formação de um sistema heterogêneo, a aluna o apresenta como uma mistura, entretanto, água e gelo são a mesma substância, que se apresenta em estados físicos diferentes.

Na **identificação da água como uma mistura ou substância,** verificamos que 69% dos alunos afirmaram que a água é uma mistura (48,3% justificaram que é uma mistura porque contém várias substâncias). Percebemos que os estudantes expressam melhor suas concepções acerca do conceito de mistura:

Fernanda: Mistura, mesmo que seja tratada ela é uma mistura pois no tratamento dela é acrescentado varias substâncias, tornando uma mistura.

Sara: Mistura, pois nela tem vários minerais, várias substâncias até chegar ao nosso consumo.

Monique: É uma mistura, pois foi adicionado várias substâncias como cloro para ela ficar adequada ao nosso consumo.

Débora: É uma mistura, porque para a água ser tratada (pronta para o nosso consumo), ela passa por vários meios de purificação, que são colocadas mais de uma substância. Então por isso passa a ser uma mistura mais isso não significa que ela é pura.

No exemplo a seguir, podemos perceber, que mesmo o estudante identificando a água como uma substância, ele relaciona corretamente o conceito de substância com pureza material:

Lucas: É uma substância porque é pura.

Quanto à compreensão **acerca da "pureza"** da água, constatamos que 51,7% expressaram adequadamente sua concepção acerca deste termo, 20,7% dos alunos associaram o termo pureza quando a água está pura e justificaram que isso acontece quando esta apresenta apenas uma substância, 20,7% afirmaram que mesmo a água passando por tratamento, ela está boa para o consumo, mas não está totalmente pura, 6,9% alegaram que quando a água está totalmente pura, só contém água e 3,4% justificaram que a água se encontra pura quando passa pelo processo de separação. Notamos que a relação entre material puro e substância aparece corretamente nas respostas destes estudantes, que identificam o critério de pureza como meio de diferenciar substância de mistura:

Tânia: Em relação ao consume está pura, mas aos olhos do químico é uma mistura pois contém mais de uma substância.

Carlos: Quimicamente é quando a água é completamente destilada, somente uma substância. Mas no cotidiano pureza da água é quando a água é adequada ao consumo.

Pedro: Seria a água que do ponto de vista humano é pura pois é consumível, porem do ponto de vista químico é uma mistura pois contém várias substâncias.

Com as respostas acima, verificamos que os alunos passaram a diferenciar o conceito espontâneo do científico. Neste caso, podemos afirmar que, invés de promovermos o abandono de suas concepções prévias, favorecemos a diferenciação entre os conceitos já possuídos pelos estudantes e as novas informações que apresentamos.

No quadro seguinte exibimos uma síntese das respostas ao pré e pós-teste.

Quadro 6: Síntese de respostas ao pré-teste e pós-teste

Conceito/questão	Pré-teste	Pós-teste
Material puro	Material que não se mistura com outros componentes (17%).	Material que contém apenas uma substância química (69%). Material que não contém misturas (10%).
Material impuro	Material que foi misturado (17,2%). Material composto por substâncias (13,8%).	Material que contém mais de uma substância (82,8%).
Pureza material	Material que não se mistura (17,2%).	Material que contém apenas uma substância (20,7%). Material que passa por tratamento (20,7%). Material puro (13,8%). Material puro que não foi misturado (3,4%).
Material puro a partir de um material impuro	Pelos métodos de separação (10,3%).	Pelos métodos de separação (44,8%). Por tratamentos (13,8%). É possível porque o material puro possui uma substância e o impuro duas ou mais (3,4%).
Substância química	Material formado por elementos químicos (44,8%). Uma mistura de substâncias (6,9%).	Nenhum aluno (0%) caracterizou substância como material puro.
Fervura do líquido	O líquido evapora (82,8%).	O líquido passa para o estado gasoso (86,2%).
Derretimento do sólido	O sólido derrete e vira líquido (62%). Ocorre a fusão (9%).	Passagem do estado sólido para o estado líquido (62,1%). Ocorre a fusão (20,7%).
Ponto de fusão	Passagem do estado sólido para o líquido (27,6%).	Passagem do estado sólido para o líquido (31%). A temperatura permanece constante (3,4%).
Ponto de ebulição	Mudança de líquido para gasoso (37,9%). Momento em que o líquido/água ferve (10,3%).	Passagem do estado líquido para o estado gasoso (37,9%). Mudança de estado caracterizada pela formação de bolhas (10,3%). Fase que comprova se o componente químico é uma mistura (3,4%). Mudança de estado em que a temperatura permanece constante (10,3%).
Mistura	Junção de várias substâncias (20,7%).	Material formado por mais de duas substâncias (41,4%). Uma mistura de dois ou mais componentes (10,3%). Um material impuro (6,7%). Apresenta temperatura variável (3,4%).
Mistura homogênea x mistura heterogênea.	Na mistura homogênea as substâncias se misturam e na heterogênea não (17,4%).	Mistura homogênea apresenta apenas uma fase e a mistura heterogênea duas ou mais fases (51,7%).
A água que você bebe é uma substância ou mistura?	Substância (55,1%). Uma substância porque é pura (12,5%).	Uma mistura (69%). Uma mistura porque contém várias substâncias (48,3%).
Pureza da água	É um material limpo (27,6%). Água pura não contém química (10,3%). Água não contaminada (6,9%).	A água pura só apresenta uma substância (28%) Mesmo a água passando por tratamento, ela está boa para o consumo, mas não está totalmente pura (20,7%). A água se encontra pura quando passa pelo processo de separação (3,4%).

Verificamos que da sexta à nona questão (questões sobre as mudanças de estados físicos), boa parte dos estudantes mantiveram suas respostas. Isto mostra que eles já possuíam alguma compreensão acerca do que ocorria durante a fusão e a ebulição dos materiais, embora não tenham associado estas propriedades ao critério de pureza material.

Nas outras questões, quando questionamos os conceitos de material puro, material impuro, pureza material e pureza da água, constatamos que a maioria dos estudantes apresentaram uma modificação em relação às suas concepções prévias, expondo respostas adequadas e justificativas pertinentes, o que nos permite afirmar que a sequência de ensino favoreceu a aprendizagem de tais conceitos e a ampliação do repertório conceitual dos estudantes.

A penúltima pergunta (A água que você bebe é uma substância ou mistura?) é uma das questões em que as respostas dos estudantes confirmam a nossa declaração no parágrafo anterior em relação à aprendizagem dos conceitos trabalhados, pois, inicialmente, a maioria dos alunos identificou a água como uma substância e após o ensino como uma mistura.

Quanto à dificuldade permanente que os estudantes apresentaram em definir o conceito de substância, supomos que isso pode estar relacionado com a ênfase de nossa proposta dada ao conceito de pureza material como critério de distinguir substância de mistura, pois, embora os alunos não tenham identificado substância como material puro, 69% destes afirmaram que material puro é aquele que contém apenas uma substância química.

5.4 Os mapas conceituais

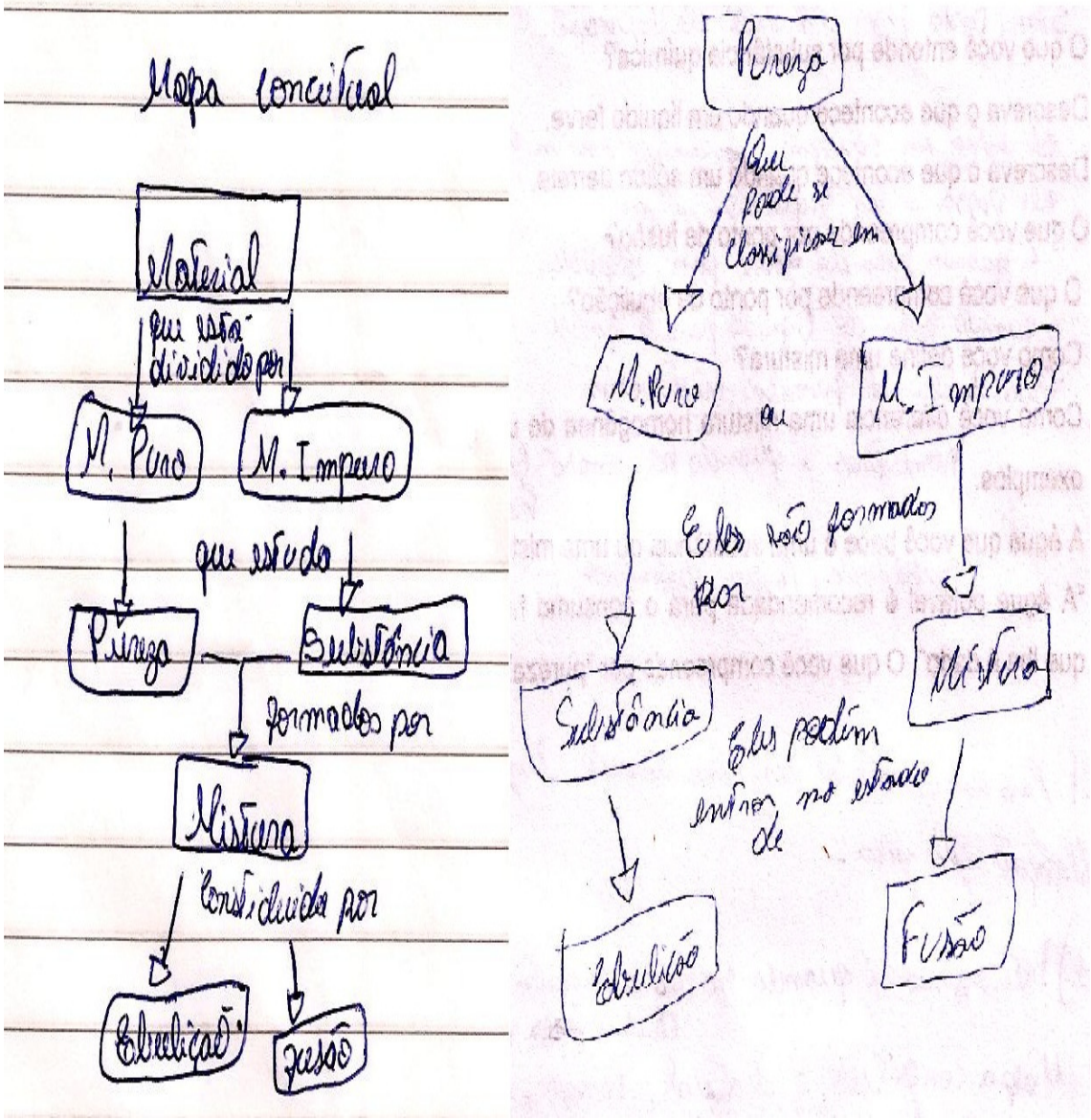
Ao avaliarmos os mapas elaborados antes do ensino, notamos que nenhum aluno apresentou relações que estivessem de acordo com o conhecimento científico entre todos os conceitos, embora tenhamos encontrado pequenos trechos em alguns mapas que evidenciassem sentido nas relações conceituais estabelecidas. A análise dos mapas mostrou, em relação a estes fragmentos, que 33 % dos alunos associaram material puro a uma substância e material impuro a uma mistura, e que 12,5% relacionaram pureza ou o conceito de substância com os pontos de fusão e ebulição. Neste caso, podemos inferir que 45,5% dos estudantes apresentaram ideias-âncora favoráveis à aprendizagem do conceito de substâncias e outros a ele relacionados. Entretanto, no diagnóstico do conhecimento prévio, os resultados obtidos diferem destes resultados apresentados nos mapas, uma vez que a análise do pré-teste nos informou que apenas 17% dos alunos caracterizaram material puro como um material que não se mistura com outros componentes e material impuro como um material que foi misturado e que (13,8%) é composto por substâncias (ver quadro 6).

Em relação à diferença dos resultados encontrados pela análise do pré-teste e dos mapas conceituais prévios ao ensino, isto pode ser atribuído ao fato de termos apresentado aos alunos os conceitos que eles deveriam utilizar nos mapas, ou seja, acreditamos que os conceitos pré-estabelecidos podem ter influenciado nas relações conceituais apresentadas, já que os estudantes expuseram concepções mais adequadas nos mapas que nas respostas às questões abertas do questionário.

Quanto aos mapas conceituais preparados após o ensino, sua análise nos revelou uma ampliação na rede conceitual dos estudantes, que além de definirem melhor os conceitos estudados, conseguiram estabelecer relações apropriadas (67%). Foi possível perceber que 79% dos alunos associaram material puro a uma substância e material impuro a uma mistura, e que 58% relacionaram pureza ou substância com os pontos de fusão e ebulição. Estes resultados refletem as discussões apresentadas em nossa sequência didática.

Em alguns mapas, um pequeno grupo (14% dos alunos) definiu mistura como material formado por substâncias. Isto mostra que apesar de 79% dos estudantes terem associado mistura a um material impuro, parece não ter havido uma preocupação com a definição de mistura, e isto pode ter sido influenciado pelo nosso estudo, pois a ênfase dada foi ao critério de pureza para distinguir substância de mistura.

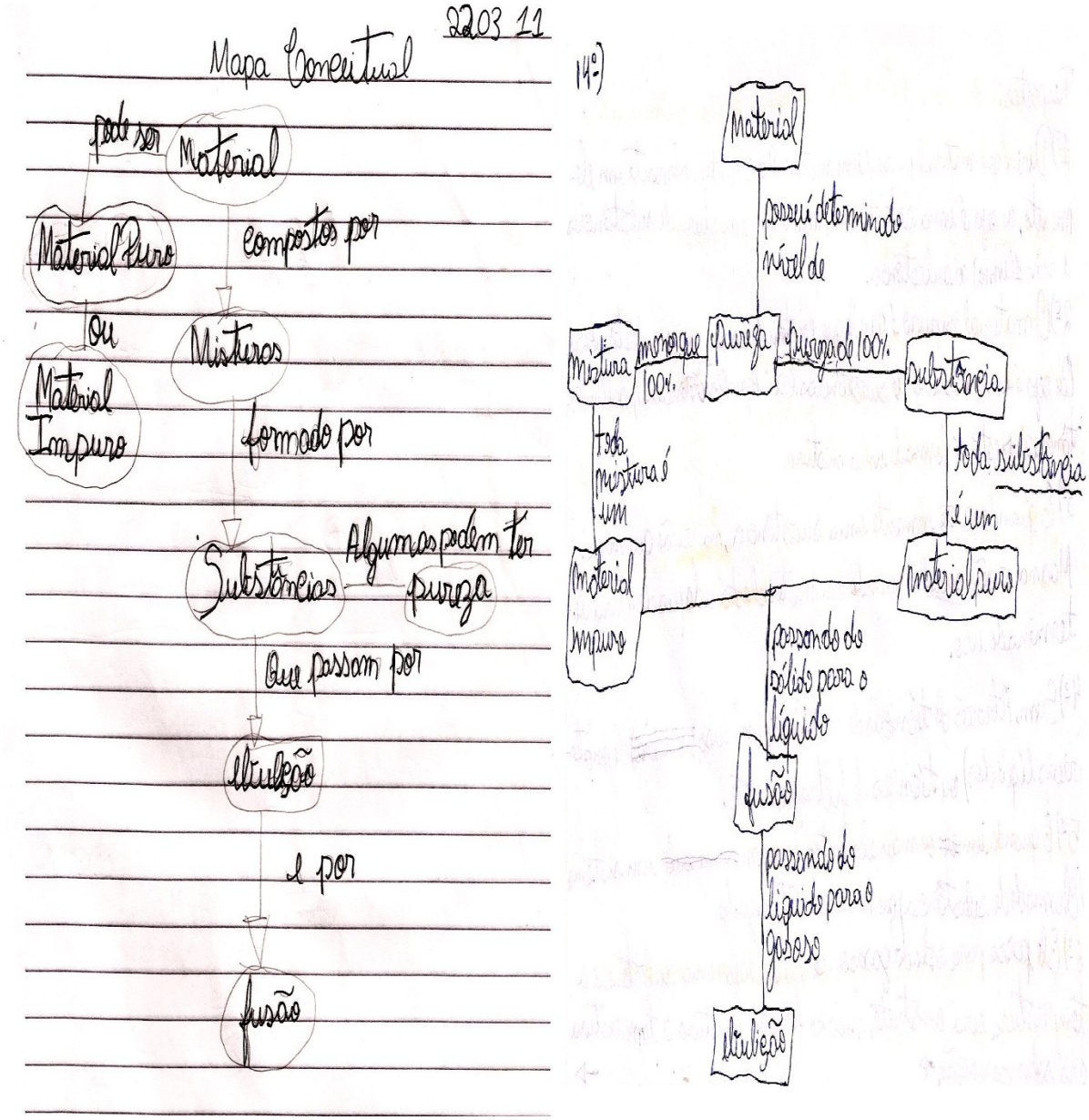
Apresentamos a seguir, exemplos de mapas conceituais construídos pelos mesmos estudantes antes e após o ensino, para que a diferença entre as relações conceituais seja visualizada. Gostaríamos de salientar, que em todos os exemplos, o mapa da esquerda se trata do mapa prévio ao ensino enquanto o da direita, trata-se do mapa elaborado após a execução de nossa proposta.



Mapas conceituais elaborados por João antes e após o ensino

É possível perceber que antes do ensino, João afirmou no mapa que a substância é formada por mistura, apresentando desconhecimento e confusão entre os conceitos. Já no mapa posterior ao ensino, o aluno apresenta relações adequadas entre os conceitos de substância, material puro, mistura e material impuro. No primeiro mapa o aluno afirma que material está dividido em material puro e material impuro, já no segundo, ele alega em relação à pureza "que pode se classificar em material puro e impuro", logo, podemos perceber a ocorrência da apropriação da terminologia química.

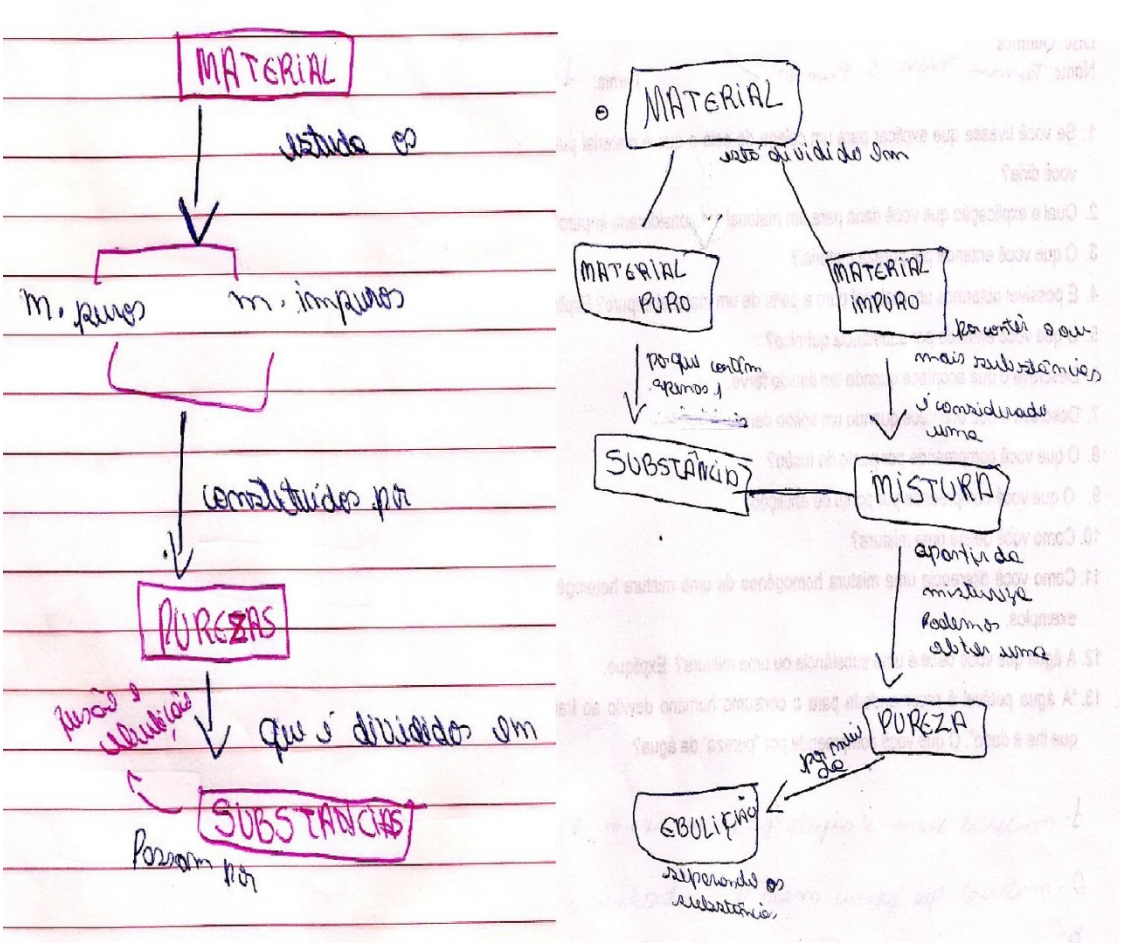
Nos dois exemplos de mapas apresentados, esta modificação em relação às redes conceituais formadas também é constatada.



Mapas conceituais elaborados por Ricardo antes e após o ensino

No primeiro mapa de Ricardo, notamos que o aluno já estabelece relações adequadas quanto aos conceitos de mistura e substância, entretanto, no mapa elaborado após o ensino, é possível perceber que o estudante distingue substância de mistura por meio do critério de pureza material, estando de acordo com a nossa concepção em relação aos conceitos estudados.

De um modo geral, notamos que os mapas conceituais confirmam de certo modo os resultados (evolução conceitual dos alunos) obtidos na aplicação de nossa sequência de ensino com base na Teoria da Aprendizagem significativa.



Mapas conceituais elaborados por Eduarda antes e após o ensino

Comparando os mapas de Eduarda, também é possível perceber no mapa construído posteriormente ao ensino, a correta distinção entre material puro e material impuro, assim como as relações estabelecidas entre estes conceitos com os de substância e mistura. A aluna também afirma em seu mapa que “a partir da mistura podemos obter uma pureza por meio da ebulição, separando as substâncias”, ou seja, a temperatura de ebulição é um método de separação apresentado como um meio de purificar o material.

Se observarmos o mapa de Eduarda anterior ao ensino, iremos perceber que inicialmente a aluna não sabia estabelecer relações coesas em relação aos conceitos apresentados. A comparação entre os mapas desta aluna nos mostra a evolução conceitual em sua aprendizagem.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao investigarmos o ensino e a aprendizagem do conceito químico de substância, fundamentados pela Teoria da Aprendizagem Significativa, constatamos que é possível favorecer a aprendizagem do conceito em estudo por meio do critério de pureza material.

Com base no referencial adotado, definimos substância como material puro e, mistura, como material impuro, ou seja: uma mistura é um sistema material composto por mais de uma substância.

Em relação aos livros de química para o ensino médio, verificamos que nenhuma das obras analisadas atende o nosso referencial teórico e que o modo simplista como o conceito de substância é apresentado não favorece que sua aprendizagem ocorra significativamente. Desta forma, o estudo evidencia a necessária revisão destes materiais, de maneira que haja uma coerência entre o conhecimento científico e o conhecimento químico escolar.

As respostas às nossas questões de pesquisa — O que os alunos entendem por substância química? Como os alunos relacionam os conceitos de substância, material puro, material impuro, pureza material e mistura? — podem ser resumidas como segue.

Antes do ensino, ao indagarmos as concepções dos estudantes sobre material puro e material impuro, verificamos que 34,5 % afirmaram que material puro é um material que não contém química, 13,8% alegaram que são materiais que não sofrem mudanças e 6,9% associaram a um material limpo. Constatamos que o conhecimento possuído pelos alunos também não estava de acordo com o conhecimento químico, e que o conhecimento espontâneo influenciava fortemente suas concepções.

Considerando que a aprendizagem se daria por meio das relações estabelecidas entre o que os estudantes sabiam e as novas informações que apareceriam no decorrer do trabalho, elaboramos uma proposta de ensino em que se trabalhasse tais relações a fim de favorecer o crescimento cognitivo do aluno. O texto didático disponível aos estudantes foi complementado com material de nossa autoria.

Além das observações em sala de aula, que demonstraram o crescimento cognitivo dos alunos à medida que eles explanavam uma diferenciação entre o seu conhecimento prévio e o conhecimento que lhes foi apresentado, verificamos esta evolução conceitual em diferentes momentos do processo de ensino e aprendizagem. Em relação aos conceitos de material puro e material impuro: (a) a análise do exercício de consolidação mostrou que 85,7% das equipes apresentaram respostas em que se distinguia entre material puro e impuro; (b) a análise do pós-teste apontou que 69% dos alunos conceituaram-nos corretamente; (c) a análise dos

mapas revelou que 79% dos alunos associaram material puro a uma substância e material impuro a uma mistura.

Esta triangulação de informações, ou seja, da evolução dos alunos apresentadas por meio do exercício de consolidação, dos mapas conceituais e do pós-teste, proporciona confiabilidade e credibilidade aos dados obtidos e analisados, assim como à nossa proposta didática. Logo, constatamos que a nossa organização de ensino apoiada na Teoria da Aprendizagem Significativa, favoreceu a aprendizagem do conceito de substância como material puro.

Além dos problemas apontados pelas investigações acerca do conceito de substância, a exemplo da concepção substancialista, percebemos que os alunos identificaram substância como um material composto por apenas um elemento químico e mistura como um material formado por mais de um elemento. Acreditamos que a partir do estudo do conceito de substância, é possível ensinar outros conceitos relacionados à composição química que também são conceitos estruturantes para o ensino de química, tais como, os conceitos de elemento químico e átomos. Neste sentido, nossos resultados sugerem uma ideia que pode originar um novo projeto de pesquisa, onde o conceito de composição seria trabalhado a partir do conceito de substância (nível macroscópico) ao nível elementar da matéria.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Flaveli Aparecida de Souza et al. Explorando o uso de analogia no estudo dos temas substância e mistura. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008, Curitiba. *Anais...* Curitiba: UFPR/SBQ, 2008. Disponível em:http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0831-1.pdf. Acesso em: 11 jun. 2011

APEC. *Construindo consciências.* São Paulo: Scipione, 2003a.

APEC. *Construindo consciências:* assessoria pedagógica. São Paulo: Scipione, 2003b.

ARAUJO, Dahir Xavier; SILVA, Roberto Ribeiro; TUNES, Elizabeth. O conceito de substância química aprendido por alunos do ensino médio. *Química Nova*, v.18, n. 1, p.80-91, 1995.

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos:* uma perspectiva cognitivista. Lisboa: Plátano, 2003.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro : Interamericana, 1980.

AZEVEDO, Eduardo Bessa. Poluição *vs*. tratamento de água: duas faces da mesma moeda. *Química Nova na Escola*, n.10, p. 21-24, Nov. 1999.

BIANCHI, José Carlos de Azambuja; ALBRECHT, Carlos Henrique; MAIA, Daltamir Justino. *Universo da Química***.** São Paulo: FTD, 2005.

BOGDAN,Robert. C., BIKLEN, Sari Knopp. Investigação qualitativa em educação - Um enfoque metodológico. Porto: Porto, 1991.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília , 2006.

CANTO, Eduardo leite do; PERUZZO, Francisco Miragaia. Química na abordagem do cotidiano. São Paulo: Moderna, v.1, 2003.

CARMO, Miriam Possar do; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. Abordando soluções em sala de aula – uma experiência de ensino a partir das ideias dos alunos. *Química Nova na Escola*, n.28, p. 37-41, Mai. 2008.

CARVALHO, Sandra Imaculada Moreira. **Um estudo de apropriação dos conceitos de substância e mistura**. 2005. Monografia de Graduação. Cecimig/Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

CHAGAS, Aécio Pereira. Como se faz Química. Campinas: EdUnicamp, 1997.

DUHEM, Pierre. *Mixture and chemical combination and related essays*. Dortrecht: Kluwer, 2002.

FELTRE, Ricardo. *Química*. 6. ed. São Paulo: Moderna, v.1, 2004.

FREIRE JR, Olival. A relevância da filosofia e da história das ciências para formação dos professores de ciências. In: SILVA FILHO, W. J. (Org). *Epistemologia e Ensino de Ciências*. Salvador: Arcádia, 2002.

GIL-PÉREZ, Daniel et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência e Educação*, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

IUPAC. Compendium of chemical terminology, 2nd ed. (the "Gold Book"). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). XML on-line corrected version: http://goldbook.iupac.org (2006-) created by M. Nic, J. Jirat, B. Kosata; updates compiled by A. Jenkins. Avaible in / on http://goldbook.iupac.org/C01039.html

LAVOISIER, Antoine-Laurent. *Tratado elementar de Química*. São Paulo: Madras, 2007.

LIMA, Maria Emília C. C.; BARBOZA, Luciana C. Idéias estruturadoras do pensamento químico: uma contribuição ao debate. *Química Nova na Escola*, n.21, p.39-43, 2005.

LOPES, A. R. C. Conhecimento escolar em Química - Processo de mediação didática da ciência. *Química Nova*, v.20, n.5, p.563-568, 1997.

MOREIRA, Marco Antonio. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora UnB, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB, 2006.

MORTIMER, Eduardo Fleury. & SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol. 7, n. 3. 2002.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andrea Horta. *Química para o Ensino Médio*. São Paulo: Scipione, 2002.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta. *Química para o Ensino Médio*. São Paulo: Scipione, 2002.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta; ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais; fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, v.23, n.2, p.273-283, 2000.

NÓBREGA, Olímpio Salgado; SILVA, Eduardo Roberto; SILVA, Ruth Hashimoto. *Química***.** São Paulo: Ática, 2005.

OKI, Maria Conceição Marinho. **A história da química possibilitando o conhecimento da natureza da ciência e uma abordagem contextualizada de conceitos químicos: um estudo de caso numa disciplina do curso de Química da UFBA.** Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2006.

OKI, Maria da Conceição Marinho. O conceito de elemento da antiguidade à modernidade. *Química Nova na Escola*, n.16, p. 21-25, Nov. 2002.

OLIVEIRA, Renato José. O mito da substância. *Química Nova na Escola*, n.1, p.8-11, maio. 1995.

PITOMBO, Luis Roberto de Moraes; LISBOA, Julio Cezar Foschini. Um caminho para o desenvolvimento do conteúdo químico no ensino médio. *Química Nova na Escola*, n.14, p. 31-35, nov. 2001.

ROCHA, José Roberto Caetano da; CAVICCHIOLE, Andrea. Uma abordagem alternativa para o aprendizado dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta, nos ensinos fundamental e médio. *Química Nova na Escola*, n.21, p. 29-33, maio. 2005.

ROSITO, Berenice Alvares. O ensino de ciências e a experimentação. In: *Construtivismo e ensino de ciências*. Porto Alegre, 2000.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira et al. *Química e sociedade*. São Paulo: Nova Geração, 2005.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. *Educação em Química*: compromisso com a cidadania. Ijuí: Ed. Unijuí, 1997.

SCHUMMER, J. The chemical core of Chemistry. *Hyle*, v.4, n.2, p.129-162, 1998. Available from <http://www.hyle.org/>. Cited: 13 dec. 2007.

SCHUMMER, Joachim. Substances versus reactions (editorial). *Hyle*, v.10, n.1, p.3-4, 2004. Available from: <http://www.hyle.org/>. Cited: 13 dec. 2007.

SCHUMMER, Joachim. The impact of instrumentation on chemical species identity from chemical substances to molecular species. In: MORRIS, Peter J. T. (Ed.). *From classical to modern chemistry.* London: The Royal Society of Chemistry, 2002. p.188-211. Available from <http://joachimschummer.net/publications/>. Cited: 20 jan. 2008.

SILVA, José Luis P. B. et al. A composição no ensino de química. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. 6. *Atas ...,* 2008. Disponível em: <http:// http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/viempec/index.html>. Acesso em: 15 ago. 2007.

TAVARES, Leandro; ROGADO, James. A história das ciências e os seus fundamentos históricos, epistemológicos e culturais no livro didático de química: o conceito de substância. In: XIII Congresso de Iniciação Científica/ 3ª Mostra Acadêmica da Unimep. Piracicaba - SP, 2005. vol. 1.

WARTHA, Edson José et al. Uma proposta didática para a elaboração do pensamento químico sobre elemento químico, átomos, moléculas e substâncias. *Experiências em Ensino de Ciências*, v.5, n.1, p. 7-20, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Questionário utilizado para analisar o conhecimento dos alunos prévio e posterior ao ensino

1. Se você tivesse que explicar para um colega de sala o que é material puro, o que você diria?
2. Qual a explicação que você daria para um material ser considerado impuro?
3. O que você entende por pureza material?
4. É possível obtermos um material puro a partir de um material impuro? Explique.
5. O que você entende por substância química?
6. Descreva o que acontece quando um líquido ferve.
7. Descreva o que acontece quando um sólido derrete.
8. O que você compreende por ponto de fusão?
9. O que você compreende por ponto de ebulição?
10. Como você define uma mistura?
11. Como você diferencia uma mistura homogênea de uma mistura heterogênea. Dê exemplos.
12. A água que você bebe é uma substância ou uma mistura? Explique.
13. "A água potável é recomendada para o consumo humano devido ao tratamento que lhe é dado". O que você compreende por "pureza" da água?

APÊNDICE B

Seqüência didática para o ensino do conceito de substância

A nossa proposta de ensino encontra-se fundamentada teórica e metodologicamente na Teoria da Aprendizagem Significativa. De acordo com este referencial, a interação entre as concepções prévias e as novas informações pode proporcionar uma modificação e reestruturação da estrutura cognitiva do aprendiz à medida que o conhecimento novo adquire significados.

De base cognitivista, a Teoria da Aprendizagem Significativa é oriunda dos trabalhos de David Ausubel e tem como principal colaborador Joseph Novak, que deu continuidade ao desenvolvimento da teoria, implantando o sistema de **mapas conceituais**, os quais se caracterizam por diagramas hierárquicos, que apresentam os conceitos e as relações existentes entre estes. Os mapas possuem grande contribuição no processo de ensino e aprendizagem, podendo ser um novo método de ensino e/ou avaliação, dependendo dos objetivos do professor (MOREIRA, 2006).

O estudo será realizado em três momentos. No primeiro faremos uma sondagem para avaliar o conhecimento prévio dos estudantes acerca do conceito de substância e correlatos, bem como das ideias-âncora necessárias à sua aprendizagem. Além do pré-teste também será pedido aos alunos que elaborem um mapa conceitual com os seguintes termos: Material, pureza, substância, mistura, material puro, material impuro, ebulição, fusão.

No segundo momento, a professora da turma aplicará a nossa proposta de seqüência de ensino, empregando metodologia que favoreça a interação, a discussão e a reflexão dos estudantes em sala de aula. Este bloco terá como ponto de partida um vídeo acerca do tratamento da água, dando início à discussão sobre a idéia de pureza química.

No último momento será realizado um pós-teste e solicitada a elaboração de outro mapa conceitual com os mesmos termos utilizados no primeiro instante, para compararmos as relações conceituais feitas pelos alunos antes e após o ensino. A análise das diversas produções dos estudantes permitirá avaliar se houve aprendizagem significativa ou não.

O trabalho será realizado em duas turmas do 1º ano do ensino médio no Colégio Estadual Odorico Tavares, onde as aulas serão ministradas pela professora da turma enquanto participarei como observadora, na tentativa de acompanhar o processo de ensino e aprendizagem do conceito em estudo. As informações serão dadas de forma que os conceitos

aparecerão na mesma ordem em que apareceram nas questões do pré-teste, para que estas sejam repensadas na seqüência em que foram elaboradas.

1º ETAPA DA SEQUÊNCIA DE ENSINO

Neste momento serão discutidos os conceitos de material puro e impuro, problematizando a idéia de pureza, chamando a atenção de que os materiais puros são obtidos através dos processos de purificação, os quais costumam aparecer nos livros didáticos como métodos de separação. Nesta etapa, que precede a discussão acerca do conceito de substância, o termo pureza deve ser apontado como idéia-chave e os métodos de separação como critérios operacionais/experimentais de obtenção dos materiais puros.

Objetivos:

A discussão sobre material puro, material impuro e pureza, objetiva estabelecer relações entre estes conceitos e contribuir para que os alunos, a partir de suas concepções prévias e das informações dadas, possam construir um novo significado para o conceito de substância.

Vale lembrar que através do ensino procuramos relacionar as idéias-âncoras (material, mistura, pureza, fervura, solidificação, etc.) com as novas idéias a aprender: substância química, mistura química, ebulição, ponto de ebulição, etc.

Texto 1 - Discussão

O professor pode dar início a discussão levantando algumas questões para incentivar a participação e interação entre os estudantes, por exemplo:

E aí pessoal, como vocês viram no vídeo, a água passa por várias etapas antes de chegar a nossa casa. Qual a função dos processos pelos quais a água é submetida antes de chegar aos lares?

Em sua opinião, esta água está pura? Por quê?

O que é pureza química?

A Química objetiva separar as diferentes substâncias que participam da composição dos corpos e descobrir suas propriedades e relações, isto é, cabe ao químico o estudo da composição, transformações e propriedades dos materiais. O conceito de substância é relevante para o ensino de química porque se refere à composição dos materiais, que é um conceito estruturante do pensamento químico.

Desde a antiguidade, desejava-se conhecer os constituintes da matéria, a sua essência. Considerava-se que esses constituintes combinavam-se de diversos modos originando os materiais encontrados na natureza, que podem ser classificados como puros (substâncias) ou impuros (misturas).

As idéias de puro e impuro estão presentes no nosso dia-a-dia. Não é raro dizermos: a água do mar está poluída, o ar da montanha é puro, a aliança é de ouro puro. "Na linguagem do cotidiano usamos o termo "puro" para indicar que o material não foi alterado, ou seja, não foi falsificado, é de boa qualidade, ou não está infectado. Geralmente, essa denominação é usada também para indicar que o material é de origem natural, ou seja, mantém a mesma composição" (SANTOS, 2005, p.50).

Se pegarmos um dicionário da língua portuguesa encontraremos que **pureza** é "qualidade de puro, transparência" e que **purificar** significa "tornar puro. Livrar de substâncias que alteram ou corrompem". A palavra **puro** aparece como "que não tem mistura ou impurezas; estado natural; não adulterado. Claro, límpido. Exclusivo; só".

Entretanto, em química o conceito é um tanto diferente. Afinal, o que queremos dizer sobre material quimicamente puro e impuro, ou melhor, o que é pureza química?

A pureza é um conceito relativo e isso pode ser bem compreendido através do exemplo da água. A água doce bruta, encontrada em rios, lagos, lençóis e fontes subterrâneas não costuma ser adequada para o consumo humano (água potável) e é submetida a tratamento antes de ser distribuída ao público das cidades. Esse tratamento é um conjunto de processos de purificação da água: retirada de partículas sólidas, eliminação de microorganismos e ajuste da acidez. Nas casas, a água tratada é considerada adequada para lavagem. Para ser bebida, esta água purificada é submetida à nova purificação através de um filtro mais fino e nova esterilização (as velas dos filtros geralmente contêm um material esterilizante). Entretanto, se a água destina-se a um bebê, costuma-se fervê-la para ter-se maior garantia quanto à redução de microorganismos. Nota-se que a água que é considerada pura para uma finalidade pode ser impura para outra.

Na natureza, os materiais encontram-se misturados, como o leite, o sangue, a água, o solo e o ar. Para se obter a substância isoladamente, é necessário submeter os materiais a um processo de purificação ou, como os livros didáticos costumam designá-los: métodos de separação. Por exemplo, se tivermos uma mistura de água e sal de cozinha (NaCl), podemos separá-los pela vaporização da água e, ao mesmo tempo, estaremos purificando a água e o sal. Esta é uma das formas de obtenção do sal de cozinha em várias salinas brasileiras.

As substâncias podem ser extraídas dos materiais naturais. Este é um processo que consiste em purificar o material, ou seja, reduzi-lo a várias substâncias separadas entre si. Para os químicos a palavra **puro** significa **uma só substância.**

É possível obter materiais com elevados **graus de pureza**. O grau de pureza para classificação de um material como puro é relativo e o termo substância é usado quando um material tem um grau de pureza adequado ao emprego em que se tem em vista. Por exemplo: o álcool etílico 97° (97 mL de álcool e 3 mL de água) é considerado puro para certos fins farmacêuticos mas para uso químico, trata-se de uma mistura de álcool e água. Quanto maior o grau de pureza**,** mais cara será a substância, porque passou por processos mais sofisticados de separação.

2º ETAPA

Objetivos:

Nesta etapa, objetivamos colaborar para que os estudantes percebam o que acontece com a temperatura numa transição de fase de dois materiais, um puro e outro impuro, mostrando a importância das propriedades físicas na identificação das substâncias. Este será um bom momento para estabelecer relações entre os conceitos de material puro (substância), material impuro (mistura), pureza, fusão, ebulição e processo de purificação.

EXPERIMENTOS

Aquecendo uma substância "pura"

O experimento utilizado permite verificar o que acontece com a temperatura quando uma substância é aquecida e muda de estado físico. Para isso iremos iniciar o aquecimento com a água em estado sólido. O experimento será demonstrativo cabendo ao professor estimular a participação dos alunos, promovendo a discussão e reflexão durante e após a atividade prática. Antes da realização do experimento, algumas questões podem ser levantadas a fim de provocar a atenção dos alunos em relação ao que irá proceder. Como por exemplo:

O que acontece ao aquecermos a água na fase sólida?

Em qual temperatura você espera que a água (gelo) comece a derreter (fundir)?

Em qual temperatura você espera que a água comece a ferver?

Durante a passagem do estado sólido para o líquido e do líquido para o gasoso, o que você acha que acontecerá com a temperatura?

Durante a realização da atividade experimental, os alunos deverão preencher um quadro com três colunas contendo tempo, temperatura e estado de agregação.

Com os dados obtidos, os estudantes deverão fazer um gráfico da variação da temperatura em função do tempo durante o aquecimento. Esta atividade deverá ser feita em grupo e com a mediação do professor cada etapa deverá ser discutida, chamando a atenção em relação aos patamares existentes, que indicarão que durante a mudança de estado físico de um material puro, a temperatura permanecerá constante.

Com uma tabela semelhante contendo informações de uma solução de 10g de NaCl dissolvidos em 100 mL de água submetida ao aquecimento, outro gráfico será traçado, possibilitando a discussão acerca da diferença entre os dois gráficos. Se a primeira atividade experimental ocorrer num curto intervalo de tempo, o aquecimento da solução de NaCl também poderá ser realizado em sala.

A construção do gráfico permitirá discutir o comportamento da temperatura frente ao aquecimento de um material puro e um material impuro, salientando que as substâncias tendem a apresentar propriedades físicas definidas e constantes, por isso, propriedades como ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade e solubilidade costumam ser utilizadas para identificar as substâncias.

Ao comparar os dois gráficos, os alunos poderão perceber que os patamares existentes no gráfico indicam que durante a mudança de estado físico de uma substância as temperaturas de fusão e ebulição permanecem constantes e que ao aquecermos uma mistura, o mesmo não ocorre. Sendo os patamares característicos do comportamento de um material puro, os gráficos também são utilizados para identificar se um material é uma substância ou mistura.

Distinguindo substância de mistura

Em dois béqueres diferentes foram colocados 200 mL de água destilada e 200 mL de uma solução saturada de NaCl separadamente. Como os líquidos apresentam aspecto semelhante, será perguntado ao aluno: De que forma você pode identificar qual o béquer contém uma substância e qual contém uma mistura sem provar o sabor?

Algumas substâncias podem ser identificadas pela cor, cheiro, brilho dentre outras propriedades organolépticas. No entanto, não é possível utilizar tais propriedades para identificar todas as substâncias ou misturas, uma vez que estas podem ser tóxicas e apresentar riscos à saúde.

Como visto anteriormente, uma substância química é um material purificado que tende a apresentar propriedades físicas bem definidas, sendo assim, as propriedades físicas desempenham um papel relevante na sua identificação. Neste caso, os materiais serão aquecidos para observar o que acontecerá com a temperatura durante a vaporização. Isso permitirá identificar o material puro e o material impuro. Após a distinção entre os materiais, a solução continuará sendo aquecida, para mostrarmos a extração do sal oriundo da solução, chamando atenção que os métodos de separação são processos de purificação.

O exemplo é interessante para salientar que as misturas também podem apresentar um aspecto homogêneo e que a visão não é um método seguro para caracterizar se o material encontra-se puro ou misturado. Além disso, é necessário deixar claro que uma única propriedade física não é suficiente para identificar se o material encontra-se puro ou misturado, e sim um conjunto de propriedades.

Ao final da aula, o professor deverá explicar ao aluno o que é uma destilação e o que ocorre desde o aquecimento da fase líquida à obtenção do material destilado, para que o aluno compreenda a próxima atividade experimental.

Purificando um material

Um material é considerado puro, uma substância, quando passa por testes de pureza, ou seja, quando o material é submetido a tentativas de purificação que não produzem resultados reconhecíveis, ou seja: que não conseguem purificar mais o material em questão (SCHUMMER,1998). Por exemplo: se destilarmos um material impuro, notaremos que sua temperatura não será a mesma quando o líquido entrar em ebulição. Se continuarmos a destilação, obteremos diversas frações do destilado, que ao serem submetidas ao aquecimento, terá sua temperatura variando cada vez menos, ou seja, quando tivermos uma fração que apresente temperatura de ebulição constante ao ser aquecida, diremos que o material está puro.

A pureza de um material fica determinada pelos limites de detecção do aparelho utilizado, isto significa que cada aparelho é capaz de detectar uma quantidade mínima de certo material, sendo assim, quando não se detecta mais nenhuma quantidade de algum material diferente diz-se que se tem uma substância, ou seja, que o material está puro.

Com o refinamento das técnicas de purificação, o que antes era considerado como um material puro pode ser caracterizado como uma amostra impura, uma vez que diferentes técnicas de separação determinam diferentes padrões de pureza.

Para contemplar a relação teoria-prática no ensino de química e reforçar a noção de substância como um material purificado, propomos a destilação da água do mar de acordo com o exemplo anterior, em que serão coletadas diversas frações destiladas e em seguida cada fração será submetida ao aquecimento para analisarmos a sua temperatura durante a passagem da fase líquida para a gasosa (ebulição). A fração que apresentar temperatura constante ao ser aquecida corresponderá ao material puro obtido.

4º ETAPA

Objetivos:

Neste momento buscaremos verificar qual o significado construído para o conceito de substância, analisar se houve aprendizagem dos conceitos trabalhados e qual a relação que os alunos estabelecem entre estes. Para isso, levantaremos as concepções dos alunos após o ensino e utilizaremos mapas conceituais como avaliação.

Encontros	Atividades	Objetivos
1º semana	**1º etapa:** Pré-teste e mapa conceitual Vídeo sobre o tratamento da água	✓Avaliar o conhecimento prévio ao ensino. ✓Apresentar e discutir os conceitos de pureza química, material puro, material impuro e grau de pureza.
2º semana	**2º etapa:** Experimento 1 -Aquecendo uma substância "pura"	✓ Fazer gráficos de aquecimento e discutir a diferença entre os gráficos de uma substância e uma mistura. ✓ Apresentar a temperatura de fusão e a temperatura de ebulição como critério de pureza material. ✓ Discutir a importância das TF e TE na identificação das substâncias.
3º semana	Experimento 2 - Distinguindo substância de mistura	✓ Utilizar o ponto de ebulição para distinguir substância de mistura. ✓ Explicar destilação para compreensão da próxima atividade.
4º semana	Experimento 3 - Purificando um material	✓ Realizar uma destilação simples com água para exemplificar e discutir o processo de purificação.
5º semana	**3º etapa:** Leitura de texto Exercícios de consolidação	✓ Contribuir para a consolidação dos conteúdos abordados.
6º semana	**4º etapa:** Pós-teste e mapa conceitual	✓ Avaliar o conhecimento posterior ao ensino.

APÊNDICE C

Texto para leitura em sala de aula

O que é pureza química?

Desde a antiguidade, desejava-se conhecer os constituintes da matéria, a sua essência. Considerava-se que esses constituintes combinavam-se de diversos modos, originando os materiais encontrados na natureza, que podem ser classificados como puros (substâncias) ou impuros (misturas).

As idéias de puro e impuro estão presentes no nosso dia-a-dia. Não é raro dizermos: a água do mar está poluída, o ar da montanha é puro, a aliança é de ouro puro. "Costumamos usar o termo puro para indicar que o material não foi alterado, é de boa qualidade, ou não está infectado. Geralmente, essa denominação é usada também para indicar que o material é de origem natural, ou seja, mantém a mesma composição" (SANTOS, 2005, p.50).

Se pegarmos um dicionário da língua portuguesa encontraremos que **pureza** é "qualidade de puro, transparência" e que **purificar** significa "Tornar puro. Livrar de substâncias que alteram ou corrompem". A palavra **puro** aparece como "que não tem mistura ou impurezas; estado natural; não adulterado. Claro, límpido. Exclusivo; só".

Entretanto, em química o conceito é um tanto diferente. Afinal, o que queremos dizer sobre material quimicamente puro e impuro, ou melhor, o que é pureza química?

A pureza é um conceito relativo e isso pode ser bem compreendido através do exemplo da água. A água doce bruta, encontrada em rios, lagos, lençóis e fontes subterrâneas não costuma ser adequada para o consumo humano (água potável) e é submetida a tratamento antes de ser distribuída ao público das cidades. Esse tratamento é um conjunto de processos de purificação da água: retirada de partículas sólidas, eliminação de microorganismos e ajuste da acidez. Nas casas, a água tratada é considerada adequada para lavagem. Para ser bebida, esta água purificada é submetida à nova purificação através de um filtro mais fino e esterilização (as velas dos filtros geralmente contêm um material esterilizante). Entretanto, se a água destina-se a um bebê, costuma-se fervê-la para ter-se maior garantia quanto à redução de microorganismos. Nota-se que a água que é considerada pura para uma finalidade pode ser impura para outra.

Na natureza, os materiais encontram-se misturados, como o leite, o sangue, a água, o solo e o ar. Para se obter a substância isoladamente, é necessário submeter os materiais a um processo de purificação ou, como os livros didáticos costumam designá-los: métodos de separação. Por exemplo, se tivermos uma mistura de água e sal de cozinha (NaCl), podemos separá-los pela

vaporização da água e, ao mesmo tempo, estaremos purificando a água e o sal. Esta é uma das formas de obtenção do sal de cozinha em várias salinas brasileiras.

As substâncias podem ser extraídas dos materiais naturais. Este é um processo que consiste em purificar o material, ou seja, reduzi-lo a várias substâncias separadas entre si. Para os químicos a palavra puro significa uma só substância.

É possível obter materiais com elevados graus de pureza. O grau de pureza para classificação de um material como puro é relativo e o termo substância é usado quando um material tem um grau de pureza adequado ao emprego em que se tem em vista. Por exemplo: o álcool etílico 97° (97 mL de álcool e 3 mL de água) é considerado puro para certos fins farmacêuticos mas para uso químico, trata-se de uma mistura de álcool e água. Quanto maior o grau de pureza, mais cara será a substância, porque passou por processos mais sofisticados de separação.

Aquecendo uma substância pura

Com os dados obtidos ao aquecermos a água, traçamos um gráfico da variação da temperatura em função do tempo durante o aquecimento.

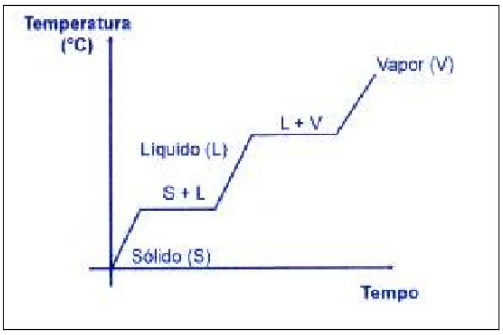


Gráfico de aquecimento de uma substância

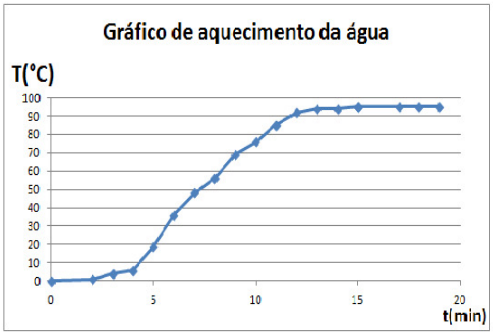


Gráfico de aquecimento da água

Como vocês puderam observar, o gráfico de uma substância apresenta dois patamares, que resultam do fato de que durante a mudança de estado físico de um material puro, a temperatura permanece constante. Isso acontece porque as substâncias apresentam propriedades físicas definidas, por isso, propriedades como ponto de fusão, ponto de ebulição, costumam ser utilizadas para identificar as substâncias.

Ao compararmos o gráfico de uma substância com o gráfico de uma mistura, percebemos que os patamares existentes no gráfico da substância indicam que durante a mudança de estado físico as temperaturas de fusão e ebulição permanecem constantes e que ao aquecermos uma mistura, o mesmo não ocorre. Sendo os patamares característicos do comportamento de um

material puro, os gráficos também são utilizados para identificar se um material é uma substância ou mistura.

Distinguindo substância de mistura

Algumas substâncias podem ser identificadas pela cor, cheiro, brilho dentre outras propriedades organolépticas. No entanto, não é possível utilizar tais propriedades para identificar todas as substâncias ou misturas, uma vez que estas podem ser tóxicas e apresentar riscos à saúde ou serem, simplesmente, inodoras.

De que forma vocês identificaram qual béquer continha uma substância e qual continha uma mistura?

Os materiais foram aquecidos para observar o que aconteceria com a temperatura durante a vaporização. Isso permitiu identificar o material puro e o material impuro, pela constância ou inconstância da temperatura de ebulição do material.

Como vocês viram as misturas também podem apresentar um aspecto homogêneo, e a visão não é um método seguro para caracterizar se o material encontra-se puro ou misturado. Além disso, vale lembrar, que uma única propriedade física não é suficiente para identificar se o material encontra-se puro ou misturado, e sim, um conjunto de propriedades.

APÊNDICE D

Exercício de consolidação

1. Não é raro encontrarmos nos supermercados produtos com a designação “puro”, por exemplo, café puro, azeite puro, açúcar puro. Se você precisasse classificar estes materiais, diria que são materiais puros ou impuros? Explique.

2. A tabela abaixo apresenta algumas características das vodkas. Geralmente quanto melhor o produto, maior o seu preço. De acordo com os dados da tabela, qual a vodka mais cara? Como você explica a qualidade das vodkas?

Qualidade	**Boa**	**Superior**	**Premium**	**Ultra Premium**
Ingredientes	Milho, Sorgo, Fontes baratas de amido.	Milho, Sorgo, Fontes baratas de amido.	Um único ingrediente de melhor qualidade como batata, trigo ou centeio.	Um único ingrediente de melhor qualidade como batata, trigo ou centeio.
Destilação	2 a 3 colunas	2 a 3 colunas	2 a 4 colunas	2 a 6 colunas
Filtração	Nenhuma	Filtro de carvão simples	Filtro de carvão ativado	Mecanismos complexos de filtração

3. Observe o rótulo abaixo e responda: A água mineral é pura? Por quê?

4. O ouro puro é demasiadamente mole para ser usado. Por essa razão, geralmente é endurecido formando liga metálica com prata e cobre. O ouro 18 quilates (18 K) contém 75% de ouro e 25% de prata, cobre ou bronze. Uma aliança de ouro 18 K apresenta em sua embalagem a frase: Aliança de ouro puro. Esta frase está correta? Explique.

5. Qual a diferença entre material natural e material artificial?

6. Como você explica a seguinte afirmação: **produtos naturais não fazem mal porque não contêm química.**

7. Antigamente usava-se vinagre, bicarbonato de sódio, óleo e limão como produtos comuns na limpeza da casa. Hoje em dia, seu uso com essa finalidade foi esquecido. **Além de baratos, eles livram os ambientes da química.** Você concorda com a afirmação acima? Por quê?