

Concepções sobre Substância: Relações entre Contextos de Origem e Possíveis Atribuições de Sentidos

João R. R. T. da Silva e Edenia M. R. do Amaral

Para um melhor entendimento do conceito de substância, consideramos que este deve ser ensinado com base nas concepções informais que os alunos apresentam. Algumas dessas concepções informais encontram sentido nos contextos em que se originam, sendo esta uma das razões para a persistência delas após a instrução formal. Ao apresentar os conceitos científicos, é importante discutir diferentes sentidos e significados associados a estes. Este artigo teve como objetivo analisar concepções de alunos e professores do ensino médio sobre o conceito de substância, identificando a natureza dessas ideias e o contexto ao qual elas podem estar associadas. Aplicamos um questionário a professores e alunos de química do ensino médio e, após a análise, verificamos diferentes modos de pensar o conceito de substância associados a diversos contextos de origem. Conseqüentemente, em situações de aprendizagem, os alunos não conseguem situar ideias científicas em relação às suas concepções informais.

► substância, concepções informais, contextos de origem ◀

Recebido em 25/12/2014, aceito em 14/06/2015

70

Segundo alguns autores (Silveira, 2003; Silva; Amaral, 2009; entre outros), o conceito de substância é considerado um dos mais importantes da química, pois permite a compreensão de muitos fenômenos. O presente artigo tem como objetivo analisar concepções de alunos e professores do ensino médio sobre o conceito de substância, buscando identificar a natureza dessas concepções e o contexto ao qual elas podem estar associadas e ser aplicadas. Com isso, pretendemos apontar alguns cuidados que devemos ter ao identificar concepções trazidas pelos alunos na discussão sobre o conceito de substância em sala de aula. Este artigo é um recorte de uma pesquisa mais ampla sobre compromissos epistemológicos e ontológicos

implicados nas diversas formas de compreensão do conceito de substância, que resultou na estruturação de zonas de um perfil conceitual (Mortimer, 2000; Silva; Amaral, 2013).

O presente artigo tem como objetivo analisar concepções de alunos e professores do ensino médio sobre o conceito de substância, buscando identificar a natureza dessas concepções e o contexto ao qual elas podem estar associadas e ser aplicadas. Com isso, pretendemos apontar alguns cuidados que devemos ter ao identificar concepções trazidas pelos alunos na discussão sobre o conceito de substância em sala de aula.

Concepções informais e o processo de ensino-aprendizagem

Na literatura, diversos trabalhos (Veer; Valsiner, 1999; Pozo; Crespo, 1998; Nuñez; Ramalho, 2004; Carvalho et al., 2004; Cachapuz et al., 2005, entre outros) reforçam a ideia de que os alunos, quando chegam à sala de aula, apresentam suas próprias concepções. Pozo e Crespo (1998) afirmam que concepções

informais não são simples informações que o indivíduo adquire no seu cotidiano. Essas ideias expressam valores culturais e sociais e podem ser consideradas como representações da realidade, fundamentadas em suas experiências mais diretas. Segundo os autores, tais representações se constituem em modelos explicativos de vários fenômenos que,

A seção "O Aluno em Foco" traz resultados de pesquisas sobre ideias informais dos estudantes, sugerindo formas de levar essas ideias em consideração no ensino-aprendizagem de conceitos científicos.

muitas vezes, diferem daqueles apresentados pela ciência. Desse modo, as concepções informais são consideradas alternativas em relação ao conhecimento científico por estarem fundamentadas em aspectos subjetivos do cotidiano e não na visão de conceitos científicos.

Na década de 1980, após o Movimento das Concepções Alternativas (MCA), levantamentos de concepções informais de alunos culminaram em diferentes propostas de estratégias de ensino que visavam a uma mudança conceitual. As concepções dos alunos deveriam ser substituídas pelo saber científico a partir da explicitação de contradições, problemas ou limitações presentes em suas ideias (Posner et al., 1982). No entanto, aplicações do modelo de mudança conceitual em sala de aula mostraram que as concepções informais dificilmente são abandonadas, pois são resistentes a mudanças (Mortimer, 1996; Pozo; Crespo, 1998).

O aluno dificilmente abandona suas concepções informais, mesmo depois de ter estudado e aplicado um conceito científico em algum momento da sua vida escolar. Podemos atribuir essa resistência ao fato de que ele parece não perceber a aplicabilidade de conceitos científicos em situações do dia a dia, enquanto que algumas de suas concepções informais são úteis em determinados contextos. No entanto, essas concepções se apresentam limitadas quando este está diante de situações em um contexto científico. Com isso, para alcançar uma aprendizagem mais significativa dos conceitos científicos, faz-se necessária maior atenção sobre as concepções que o estudante expressa em sala de aula.

Em geral, o processo de construção do conhecimento científico em sala de aula sofre influência dos modelos explicativos já constituídos pelo aluno, e podemos considerar que ele aprende determinado conceito científico quando estabelece relações entre este e os conhecimentos anteriores (Pozo; Crespo, 1998). Ressaltando a importância de que o aprendiz tenha consciência da limitação de suas ideias informais frente a alguns fenômenos explicados pela ciência, Mortimer (1996) afirma que aprender ciência envolveria a iniciação do aluno em uma nova maneira de pensar e explicar o mundo natural, que é fundamentalmente diferente daquelas disponíveis no senso comum. Dessa forma, o processo de aprendizagem é associado à tomada de consciência do aluno sobre suas ideias informais frente ao conhecimento científico. Pozo e Crespo (1998) afirmam que concepções informais não devem ser consideradas como um problema ou obstáculo à aprendizagem. Afinal, um possível insucesso na aprendizagem pode ser relacionado à falta de articulação entre o conceito científico e as concepções informais, uma vez que isso pode representar uma desconexão entre a realidade do aluno e o conhecimento científico. Os autores

O aluno dificilmente abandona suas concepções informais, mesmo depois de ter estudado e aplicado um conceito científico em algum momento da sua vida escolar. Podemos atribuir essa resistência ao fato de que ele parece não perceber a aplicabilidade de conceitos científicos em situações do dia a dia, enquanto que algumas de suas concepções informais são úteis em determinados contextos. No entanto, essas concepções se apresentam limitadas quando este está diante de situações em um contexto científico.

recomendam uma atenção especial a essas concepções no processo de ensino para reconhecer que não se trata de algo arbitrário ou casual. Elas podem resultar em erro ou irregularidade se aplicadas em um contexto inadequado (como o científico), mas devemos considerá-las como resultado de uma aprendizagem informal ou implícita, que ocorre a partir das relações entre os indivíduos e/ou destes com o contexto cultural (Pozo; Crespo, 1998).

Coutinho, El-Hani e Mortimer (2005) consideram que a tomada de consciência pode se constituir como modelo explicativo para a aquisição de novos modos de pensar sobre um conceito científico, sem que o aluno abandone suas concepções informais, a partir da teoria do perfil conceitual. Segundo os autores, a tomada de consciência contribui para uma aprendizagem mais significativa do conceito. Isso ocorreria porque, ao tomar consciência de que existem diferentes modos de pensar o conceito, o aluno poderia estabelecer relações entre estes (Mortimer, 2000). Pode-se evidenciar a tomada de consciência quando um indivíduo explicita, de alguma forma, que a definição de um conceito sustentada por ele difere de outra definição que também compartilha. Dessa forma, um mesmo indivíduo pode apresentar diferentes modos de pensar sobre um único conceito (Coutinho; El-Hani; Mortimer, 2005).

A discussão sobre concepções informais apresentadas não é nova na pesquisa em ensino de ciências, mas os desdobramentos das reflexões feitas ainda são pouco visíveis no processo de ensino-aprendizagem. De uma forma geral, após o levantamento de ideias informais dos alunos, há dificuldades em considerar tais ideias na discussão dos conceitos científicos em sala de aula. Consideramos que tais dificuldades podem estar associadas ao fato de não conhecermos melhor a natureza dessas concepções e os contextos nos quais elas podem ter sentido. Dessa forma, propomos uma análise de ideias informais sobre o conceito de substância, buscando caracterizá-las quanto à sua natureza e origem, de forma a considerar essas concepções na discussão sobre o conceito químico de substância em sala de aula.

Concepções informais: características gerais

Pozo e Crespo (1998) apresentam algumas características gerais das concepções informais: são muito persistentes, mantendo-se mesmo depois de anos de instrução; podem ser generalizadas, sendo compartilhadas por pessoas de diversas culturas, idades e níveis educativos; apresentam um caráter mais implícito do que explícito – muitas vezes, os alunos tomam estas como base para desenvolver as suas ideias, mas não conseguem verbalizá-las; são relativamente coerentes;

e em alguns casos, guardam similaridade com concepções já superadas na própria história das disciplinas científicas.

Yip (1998 *apud* Coutinho, 2005) também apresenta algumas características das concepções informais a partir de uma categorização relativa à natureza e origem dessas concepções. Segundo o autor, as concepções informais podem ser adquiridas pelo aluno na experiência cotidiana e são trazidas para o espaço da sala de aula; podem se originar a partir de visões incompletas ou impróprias desenvolvidas pelo aluno durante o processo instrucional; ou podem configurar conceitos errôneos propagados por professores e por livros textos. Cachapuz, Praia e Jorge (2002) também discutem sobre a natureza das concepções informais e compartilham a ideia de que estas não são simples afirmações sobre a realidade. Segundo os autores, essas concepções não devem ser confundidas como interpretações momentâneas ou simples artefatos de um dado contexto, mas sim como modelos explicativos bem estruturados, podendo unificar mais do que um tipo de fenômeno e resultando de um esforço consciente de teorização. Esses autores também ressaltam a importância de o professor saber da existência dessas concepções e que elas não podem ser ignoradas.

Coutinho (2005) resalta que a identificação de concepções informais é um passo importante no processo de ensino-aprendizagem, pois possibilita a construção de estratégias instrucionais que promovam a construção de significados para os conceitos científicos. Para Cachapuz, Praia e Jorge (2002), essas concepções devem deixar de ser consideradas como uma barreira para aprendizagem, ressaltando a necessidade de melhor conhecer os seus significados. Assim, o professor pode tratar adequadamente as ideias dos alunos quando estas emergem no processo de ensino-aprendizagem. Neste trabalho, consideramos que se o professor conhecer melhor sobre as concepções do aluno, bem como suas possíveis origens, poderá elaborar estratégias apropriadas para o ensino. Para isso, consideramos a proposta de Pozo e Crespo (1998) que aponta para diferentes origens de concepções informais – sensorial, escolar e/ou cultural.

Concepções de origem sensorial – concepções espontâneas

Segundo Pozo e Crespo (1998), muitas de nossas concepções se formam de modo espontâneo na tentativa de dar significados às atividades cotidianas. Os autores propõem cinco regras que caracterizam concepções como de origem sensorial. São regras associativas que exprimem um pensamento causal sobre o cotidiano:

1. Semelhança entre causa e efeito ou entre a realidade e o modelo – uma conclusão é tirada a partir da semelhança (dependência) entre a causa e o efeito de algum fenômeno, a partir da proximidade entre o indivíduo e o evento ou do fenômeno e algum modelo explicativo casual;

2. Proximidade espacial – o contato físico entre causa e efeito – o fenômeno causa um efeito direto na vida do indivíduo e se assemelha com algo que ele já conhece e sabe explicar;
3. Proximidade temporal entre causa e efeito devem se suceder de modo próximo, não só espacial, mas temporal;
4. Covariação qualitativa entre causa e efeito – as variáveis relevantes serão aquelas que se produzam sempre o efeito;
5. Covariação quantitativa entre causa e efeito – um incremento na causa produz um aumento proporcional de efeito e vice-versa.

Concepções de origem cultural – representações sociais

Os autores definem ideias informais de origem cultural como aquelas que se firmam no aluno a partir da interação não somente com o mundo material, mas com o contexto social e cultural. Normalmente são concepções compartilhadas por um grande número de pessoas e já estão arraigadas na sociedade, o que as tornam crenças sociais. Geralmente, essas ideias de origem cultural são difundidas pela

mídia, por meio da qual a informação flui de forma dinâmica e menos organizada, sem filtro, criando no aluno a ilusão de aquisição de conhecimentos supostamente científicos.

Concepções de origem escolar: as concepções analógicas

Segundo Pozo e Crespo (1998), representações deformadas ou simplificadas de certos conceitos científicos conduzem a uma compreensão errônea, desviada, por parte do aluno que não reflete a informação ou interpretação apresentada. A consequência disso é que o aluno, ao invés de analisar os fenômenos do dia a dia com o saber científico, faz o caminho inverso e usa suas ideias prévias para interpretar fenômenos no contexto da ciência. Nessa direção, consideramos que representações equivocadas de alguns professores sobre conceitos científicos contribuem para reforçar concepções trazidas pelo aluno, dificultando o estabelecimento de relações entre os diferentes modos de compreensão sobre fenômenos e conceitos (Silva; Amaral, 2006).

A classificação proposta por Pozo e Crespo (1998) nos remete a uma análise sobre o contexto no qual algumas concepções informais ganham sentido. Consideramos que a existência de algumas dessas concepções se deve ao sentido dado a elas em contextos específicos. Dessa forma, no processo de ensino-aprendizagem, podem ser considerados diferentes modos de pensar sobre um conceito específico, considerando os diferentes contextos nos quais essas ideias se aplicam. A apresentação das ideias científicas ocorre como a ampliação de um perfil de concepções já existentes e a aprendizagem pode ser considerada como uma tomada de consciência sobre essas ideias, considerando os

[...] consideramos que representações equivocadas de alguns professores sobre conceitos científicos contribuem para reforçar concepções trazidas pelo aluno, dificultando o estabelecimento de relações entre os diferentes modos de compreensão sobre fenômenos e conceitos (Silva; Amaral, 2006).

seus diversos sentidos associados a contextos específicos (Amaral; Mortimer, 2004).

Partindo da discussão feita, buscamos compreender a natureza e a origem de concepções informais sobre substância apresentadas por alunos e professores, procurando os contextos nos quais essas concepções encontram sentido.

Concepções informais referentes ao conceito de substância

Na literatura, encontramos uma grande quantidade de concepções sobre o conceito de substância. Vogelezang (1987) investigou alunos de um curso introdutório de química em nível médio na Alemanha (IPN Chemistry Course) e verificou um interesse inicial destes na distinção entre coisa (objeto), quantidade de substância e substância. De acordo com o curso IPN, substância é definida como: "...aquilo que tem propriedades definidas" (Vogelezang, 1987, p. 522, tradução nossa). O sentido dessa observação está na confusão que alguns alunos fazem entre uma substância e uma quantidade dela ou até mesmo entre substância e coisa, devido a concepções usadas no dia a dia em que qualquer coisa é classificada como substância.

Araújo, Silva e Tunes (1994) investigaram como alunos do ensino médio de uma escola de São Paulo organizam o conceito de substância em relação a outros conceitos da química. No trabalho, os autores aplicaram um questionário a 374 estudantes que utilizaram dois materiais didáticos diferentes. Foram identificados 34 sistemas de conceitos diferentes nas respostas dos alunos. De maneira semelhante a Vogelezang (1987), os autores identificaram influências de conhecimentos do cotidiano no momento em que os alunos tentavam elucidar os conceitos científicos. Eles afirmam que, no dia a dia, os alunos usam a palavra substância como sinônimo de coisa, material ou elemento. Os autores atribuem a diversidade de critérios para classificação dos sistemas à influência dos conceitos do cotidiano.

Silva e Amaral (2009) realizaram um levantamento de concepções entre estudantes do ensino fundamental e também perceberam que estes usavam o termo substância como sinônimo de coisa, material e elemento.

Johnson (2000) identificou a dificuldade de alguns alunos em diferenciar substância e material. Por meio de entrevistas, o autor percebeu que, no início dos estudos de química, eles não conseguiam relacionar as propriedades com as substâncias. No entanto, isso não foi observado na maioria dos alunos. Segundo o autor, a grande maioria não teve dificuldades na diferenciação. Na identificação de substâncias, o autor identificou a problemática associada ao uso do termo substância pura.

Loverude (2002) investigou como alunos de física relacionam energia e matéria. O conceito em foco foi o de energia, porém, em seus resultados, ele mostra como alguns alunos entendem energia como uma substância, havendo um cruzamento entre esses conceitos. A pesquisa foi realizada com a participação de alunos de uma universidade pública dos Estados Unidos em dois cursos de formação de

professores de ciências físicas. Loverude (2002) constatou em seus resultados que, para alguns problemas propostos, grande parte dos alunos atribuía o aumento de massa em materiais à transferência de energia.

Soares e Aguiar (2008) analisaram o uso dos conceitos de substância e elemento químico por alunos do 8º ano do nível fundamental de uma escola da rede particular de ensino. Os autores analisaram episódios extraídos de diferentes momentos de uma sequência didática e verificaram indícios de uma evolução nos usos desses conceitos por parte dos alunos. Apoiados em Vigotski e Bakhtin, Soares e Aguiar (2008) analisaram como e em que medida os alunos vão se apropriando desses conceitos em uma abordagem de ensino socioconstrutivista e constataram que eles utilizam operacionalmente as definições introduzidas precocemente e não usam os conceitos de modo adequado. A evolução foi observada a partir do momento em que os estudantes conseguiram usar de forma correta os conceitos de substância e elemento em determinadas situações apresentadas durante a sequência. No entanto, durante a intervenção, estes não conseguiram conceber a ideia de que um mesmo elemento químico pode constituir diferentes compostos.

Papageorgio e Sakka (2000) investigaram visões de professores de química acerca de conceitos fundamentais dessa disciplina: mistura, elemento químico, compostos, substância pura, solução, molécula e átomo. A amostra foi composta por 75 professores da educação básica de escolas na Trácia, Grécia. Segundo os autores, estudos na área mostram que professores possuem concepções inadequadas sobre ciência ou apresentam ideias que não são cientificamente aceitas. Eles ainda afirmam que essas visões inadequadas dos professores influenciam seu comportamento na sala de aula. Além disso, eles apontam que professores que possuem visões distorcidas sobre conceitos básicos da química são influenciados por elas no processo de ensino. Ao levantar concepções sobre o conceito de substância pura, os autores encontraram que este é entendido como uma substância sem mistura por 57% dos professores, mas eles alegam que, semelhante aos alunos, no dia a dia, os professores usam o adjetivo pura com outro sentido. Além disso, constataram que 20% dos professores fizeram relação do conceito de substância pura com elemento ou composto, porém, nos mapas conceituais, 17% estabeleceram relações entre esses conceitos de forma correta. Finalmente, 9% dos professores demonstraram que substância pura e composto são a mesma coisa.

Oliveira (1995) apresenta uma reflexão sobre os significados dados ao conceito de substância e as implicações no seu ensino. Usando a epistemologia de Bachelard (1996), o autor assegura alguns problemas existentes na conceitualização de substância e os relaciona com obstáculos epistemológicos. Segundo o autor, desde Lavoisier, a química tem sido vista como a ciência que estuda as substâncias e suas propriedades. Entretanto, as bases da noção de propriedade substancial são mais antigas, remontando à alquimia, de acordo com os trabalhos de Bachelard (1996). Para o autor,

o espírito pré-científico considera que a substância tem um interior. Essa crença levou os alquimistas a tentar ‘abrir’ as substâncias na perspectiva de alcançar e desvelar qualidades ocultas. Substância, nesse caso, possui um significado mais filosófico e metafísico do que químico e material, sendo entendida como a essência da matéria. Para Oliveira (1995), esse significado metafísico substancializa as qualidades interiores da matéria e permanece nos dias atuais: “O substancialismo, ou seja, a ideia de que as propriedades substanciais são atributos inalienáveis, permanece na química pós-lavoisieriana” (p. 08).

Em seu artigo, Oliveira (1995) ainda apresenta uma discussão acerca das raízes epistemológicas dessas concepções, as quais ele classifica como realistas e substancialistas, e aponta que essas ideias permeiam a química atual. Esses aspectos históricos e epistemológicos apontados podem se constituir como outros aspectos a serem considerados na análise das concepções sobre substância.

Procedimentos metodológicos

Para este trabalho, elaboramos e aplicamos um questionário a 7 professores de química (alunos de um programa de pós-graduação em ensino de ciências) e a 25 alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola da rede particular de ensino da cidade do Recife (PE). No questionário, 6 questões foram elaboradas buscando provocar uma definição de substância química por parte dos respondentes e solicitando a interpretação/explicação de situações (Viggiano; Mattos, 2007) a partir do uso desse conceito. Além disso, foram distribuídos alguns textos para exemplificação e identificação de substâncias. O questionário estava estruturado da seguinte forma: na primeira questão, pedimos a definição de substância, material e elemento; na segunda, apresentamos um texto sobre anemia, que tratava sobre o *déficit* de ferro e possíveis tratamentos, e solicitamos que identificassem algumas relações do texto com o conceito de substância; na terceira, mostramos alguns itens, tais como plástico, fogo, ar atmosférico, detergente líquido etc., e solicitamos que indicassem quais itens tratavam de substâncias; na quarta, mostramos um texto, extraído do Papiro de Estocolmo (Partington, 1989) e que tratava da preparação de esmeraldas, e solicitamos que identificassem substâncias descritas no

texto; na quinta, solicitamos que apontassem quais representações simbólicas (fórmulas moleculares, estruturas de Lewis, modelos moleculares) representavam uma substância; finalmente, na sexta, apresentamos imagens de rótulos de alimentos e remédios e solicitamos a identificação de substâncias destes.

Os questionários aplicados aos professores e aos alunos foram analisados separadamente, considerando a resposta a cada questão e a emergência das concepções nas diferentes respostas de cada sujeito participante. Desse modo, identificamos sete categorias (modos de pensar) para os alunos e cinco para os professores. Em seguida, separamos as respostas em duas grandes categorias: concepções científicas e concepções informais. Focamos a análise nas concepções informais, tomando por base a categorização proposta por Pozo e Crespo (1998); identificamos concepções de origem sensorial, origem cultural e origem escolar; e buscamos estabelecer relações dessas categorias com contextos de emergência destas.

Resultados e discussão

Inicialmente, apresentaremos as concepções identificadas nas respostas dos alunos, discutindo possíveis origens para concepções informais segundo a classificação de Pozo e Crespo (1998). Para as concepções que classificamos como científicas, consideramos que, em geral, são oriundas da formação escolar e/ou acadêmica, ainda que possam ter sido constituídas em outros contextos que promovem discussão sobre temas científicos.

Respostas dos alunos

Entre as respostas dos alunos, identificamos sete modos de pensar relativos ao conceito de substância. Constatamos que um mesmo aluno pode apresentar mais de uma forma de pensar. Dessa forma, os percentuais que serão apresentados a seguir não necessariamente somam 100% (Quadro 1). Um ponto que dificultou nossa análise foi o grande número de ausências de respostas e/ou respostas incoerentes que não nos possibilitaram algum tipo de interpretação por falta de coerência ou concisão nas ideias.

A partir do Quadro 1, verificamos que grande parte dos alunos apresentou dificuldades em distinguir substância

Quadro 1: Frequência das formas de pensar em relação ao número de alunos.

Nº da categoria	Tipo de concepção	Percentual de alunos
1	Relaciona substância a elementos químicos – visão microscópica	52%
2	Não faz distinção entre substância e elemento químico ou material	60%
3	Aponta a utilidade ou importância das substâncias	20%
4	Associa substância com suas propriedades	4%
5	Define substância a partir dos estados físicos	4%
6	Relaciona substância como a ocorrência de fenômenos químicos	12%
7	Generaliza a percepção de substância (está presente em tudo)	4%

de elemento químico e material. Além disso, mesmo apresentando concepções científicas, algumas inconsistências são encontradas como a definição de que substância é um líquido. Nesse caso, mesmo apresentando uma definição cientificamente aceita com relação às propriedades, o aluno não considera a existência de substâncias sólidas ou gasosas. Também percebemos que, em certos momentos, eles conseguem expressar que elemento é uma unidade abstrata menor do que a substância. Em outros, entretanto, confundem ambos os conceitos. Isso pode ser indício de uma reprodução indiscriminada das definições dadas em sala de aula sobre o conceito de substância sem, contudo, refletir sobre estas.

Acreditamos que a identificação da provável origem das concepções alternativas ou informais, tomando como critério para a classificação a discussão de Pozo e Crespo (1998), pode nos dizer muito a respeito dos contextos associados a cada forma de pensar identificada.

Origem sensorial

Para classificar concepções nessa categoria, verificamos se os modos de pensar apresentados se enquadram em alguns dos aspectos que caracterizam cada tipo de origem como proposto por Pozo e Crespo (1998). Segundo o Quadro 1, consideramos as categorias 4 e 6 como sendo de origem sensorial: *Não faz distinção entre substância e elemento químico ou material e Relaciona substância com a ocorrência de fenômenos químicos*. De acordo com nossa análise, esses dois tipos de concepções atendem às regras: semelhança entre causa e efeito, proximidade espacial e covariação quantitativa.

Verificamos essas características, por exemplo, na resposta em que um aluno afirma: “O₂ é uma substância porque nos faz respirar”. Essa justificativa sugere o estabelecimento de uma relação de causa-efeito para a substância O₂ – o oxigênio só é uma substância (causa) porque faz o sujeito respirar (efeito). Em outra resposta, um aluno justifica a natureza da substância pela sua capacidade de reagir: “são substâncias químicas porque reagem com substância e sofrem combustão algumas [sic]” (relação de causa e efeito). Além disso, alguns alunos afirmaram em suas respostas que uma substância é aquilo que “já virou uma molécula, que se juntando com outras moléculas, formam materiais”. Nesse exemplo, observamos que a proximidade espacial entre as moléculas justifica o fato de elas constituírem uma substância.

Em geral, verificamos que alguns tipos de concepções relacionam substância à ocorrência de algum tipo de transformação química e esta seria uma condição essencial para a sua identificação. Em outras concepções, substâncias são associadas a objetos que nos rodeiam e que apresentam utilidade e/ou têm alguma consequência direta em nossas vidas a

partir do efeito que nos causam (essa utilidade direta aponta para a proximidade espacial e covariação quantitativa). Por exemplo, um remédio é uma substância química porque “ele diminui a nossa dor de cabeça”. Com isso, variando a quantidade da substância, teremos diferentes efeitos.

Origem cultural

Apesar de termos consciência de que as concepções informais são formadas com alguma influência do contexto cultural, caracterizamos como concepções de origem cultural aquelas que apresentassem relação mais estreita com ideias do senso comum, sem o compromisso da relação causa e efeito que encontramos nas concepções de origem sensorial. Classificamos dois modos de pensar como de origem cultural: a concepção de que as substâncias são importantes para nossa vida (categoria 3) e a ideia muito comum e generalizada de que a substância está presente em tudo (categoria 7). Associada a essas concepções, é comum vir a ideia de que algo rotulado como químico tem alguma consequência em nossa vida. Essas ideias encontram eco em diferentes situações do cotidiano e em outros contextos

sociais como, por exemplo, quando os indivíduos têm preferência por consumir produtos naturais a industrializados, justificando que os últimos têm química e podem nos fazer mal. Isso parece levar à ideia equivocada de que produtos naturais não possuem substâncias químicas.

Outra possibilidade de identificação desse tipo de concepção pode estar associada a uma ideia de que cada coisa ou material tem a sua essência, a sua substância própria, aquilo que justifica a sua

finalidade. Por exemplo, em suas respostas, alguns alunos afirmam que substâncias “são compostos que estão presente em tudo [sic]”. Aqui, identificamos uma restrição com relação ao conceito, considerando que não é feita menção a elementos químicos como constituintes de todas as substâncias. Com isso, essa resposta parece estar associada à ideia filosófica de que tudo tem a substância como essência ou ser. Esse tipo de generalização é frequente no contexto histórico e no senso comum, sendo compartilhada por diversos indivíduos.

Origem escolar

Concepções de origem escolar foram encontradas tanto nas respostas de alunos como nas de professores. Acreditamos que, como já discutimos anteriormente, tais ideias podem advir de situações diversas vivenciadas no processo de ensino-aprendizagem, muitas vezes, a partir da compreensão equivocada do que é discutido na sala de aula e/ou da reprodução irrefletida de conteúdos contidos nos livros didáticos. Por exemplo, quando o aluno define uma

Em geral, verificamos que alguns tipos de concepções relacionam substância à ocorrência de algum tipo de transformação química e esta seria uma condição essencial para a sua identificação. Em outras concepções, substâncias são associadas a objetos que nos rodeiam e que apresentam utilidade e/ou têm alguma consequência direta em nossas vidas a partir do efeito que nos causam (essa utilidade direta aponta para a proximidade espacial e covariação quantitativa).

substância pelo estado físico (categoria 5), isso sugere que há pouca compreensão do conceito, possivelmente associada a uma limitada discussão em sala de aula. Acreditamos que esse fato impossibilita a articulação do conceito com situações concretas e/ou fenômenos reais, o que contribuiria para ampliar a construção de significados para substância química como contraponto a concepções informais dos alunos. Em consequência, o aluno não situa ideias informais encontradas em outros contextos com relação àquelas apresentadas na sala de aula de química. Além disso, em geral, os livros didáticos de química se limitam a apresentar definições curtas que, muitas vezes, são reproduzidas pelo professor.

Com relação ao segundo modo de pensar incluído na origem escolar, surge a ideia de que substância é aquela que sofre mudanças de estado físico, visto que as condições de temperatura e pressão nas quais as substâncias sofrem as mudanças são consideradas como propriedades características destas, mas não se constituem como uma definição do conteúdo.

Respostas dos professores

O mesmo questionário foi aplicado a professores da educação básica com o objetivo de verificar modos de pensar que eles apresentam quanto ao conceito de substância. Identificamos alguns modos semelhantes àqueles encontrados nas respostas dos alunos. No Quadro 2, com percentual de respostas, são mostrados cinco modos de pensar que identificamos nas respostas dos professores.

Os resultados encontrados na análise das respostas dos professores diferem bastante dos resultados dos alunos. Observamos que a maioria dos professores expressou uma visão científica do conceito, mostrando que estes fazem uma boa distinção entre o senso comum e a visão científica. Entre as visões científicas encontradas, grande parte diferenciava elemento de substância e material e apresentava definições a partir da visão microscópica da matéria. Como concepções informais, identificamos apenas uma categoria – *Não faz distinção entre substância e materiais* (85,71%) –, à qual atribuímos uma origem sensorial. Considerando que essa concepção também foi encontrada nas respostas dos alunos, temos um forte indício de que esse tipo de concepção pode ser reforçada no contexto escolar. Além disso, também

encontramos alguns professores que classificam as substâncias como homogêneas e heterogêneas, remetendo à ideia de mistura. Com isso, podemos apontar esta como uma possível razão pela qual esse modo de pensar é encontrado com alta frequência entre os alunos como apontado na literatura (Vogelezang, 1987; Papageorgio; Sakka, 2001a; Soares; Aguiar, 2008, entre outros).

É importante ressaltar que o fato de alguns professores apresentarem concepções informais pode ser devido a uma reflexão limitada sobre o seu próprio conhecimento químico. Muitas vezes, isso ocorre devido à ausência de uma abordagem apropriada a esse conceito ao longo da formação, inclusive acadêmica. No contexto escolar, é importante que o professor tenha consciência de que os alunos apresentam essa diversidade de concepções informais, pois elas emergem em sala de aula e podem interferir no processo de ensino-aprendizagem. Se não forem bem discutidas, concepções informais podem ser criadas ou reforçadas no contexto escolar.

Concepções informais dos professores e alunos

Observamos que tanto os professores como os alunos apresentaram um pensamento heterogêneo com respeito ao conceito de substância, expressando diferentes modos de pensar. De acordo com os Quadros 1 e 2, percebemos que os alunos exprimiram um maior número de modos de pensar, que incluem maior variedade de ideias informais, enquanto que os professores expressaram diferentes modos

de pensar o conceito em uma visão científica. Podemos visualizar melhor esse resultado quando classificamos as concepções em científicas e informais. Apenas um modo de pensar caracterizado como informal foi identificado entre os professores, enquanto que entre os alunos foram identificados dois tipos de concepções científicas como mostra o Quadro 3 em uma síntese dos resultados.

Consideramos como concepções científicas aquelas que circulam no contexto escolar e são compartilhadas, de alguma forma, pela comunidade científica, sem nos adentrarmos em uma discussão ontológica ou epistemológica. As outras concepções diferentes daquelas do primeiro grupo, foram classificadas como alternativas ao conhecimento científico, ou seja, concepções informais.

Os resultados encontrados na análise das respostas dos professores diferem bastante dos resultados dos alunos. Observamos que a maioria dos professores expressou uma visão científica do conceito, mostrando que estes fazem uma boa distinção entre o senso comum e a visão científica.

Quadro 2: Frequência das formas de pensar em relação ao número de professores.

Nº da categoria	Tipo de concepção	Percentual de professores
1	Relaciona substância a elementos químicos – visão microscópica	71,42%
2	Faz distinção entre substância e materiais (misturas)	57,14%
3	Define substância a partir da sua classificação (simples e composta)	14,28%
4	Não faz distinção entre substância e materiais (mistura)	85,71%
5	Relaciona substância com propriedades macroscópicas	57,14%

Quadro 3: Concepções científicas x Concepções informais.

CONCEPÇÕES CIENTÍFICAS	CONCEPÇÕES INFORMAIS		
	CATEGORIA	ORIGEM	IDENTIFICADO EM...
Relaciona substância a elementos químicos – visão microscópica	Não faz distinção entre substância e elemento químico ou material	Sensorial	Professores e alunos
Define substância a partir da sua classificação (simples e composta)	Aponta a utilidade ou importância das substâncias	Cultural	Alunos
Relaciona substância com propriedades macroscópicas - associa substância com suas propriedades	Define substância a partir dos estados físicos	Escolar	Alunos
Faz distinção entre substância e materiais (misturas)	Relaciona substância como a ocorrência de fenômenos químicos	Sensorial	Alunos
	Generaliza a percepção de substância (está presente em tudo)	Cultural	Alunos

A diferença entre os modos de pensar entre os dois grupos analisados pode nos dar indícios de que os professores apresentam uma compreensão científica mais ampla do conceito, diferentemente da ideia de dispersão de ideias que constatamos nas respostas dos alunos. Acreditamos que esses diversos modos de pensar de origem cultural e sensorial chegam à sala de aula porque essas concepções ganham sentido dentro dos contextos de origem, fazendo com que os alunos levem tais ideias para a sala de aula (talvez pela expectativa de que essas ideias conseguirão explicar os fenômenos também no contexto científico). Quando isso acontece, nem sempre é dado um tratamento adequado a essas concepções de forma a contribuir para a compreensão do conceito científico. Essa discussão nos remete à teoria do perfil conceitual (Mortimer, 2000; Silva; Amaral, 2013), em que são considerados os diversos modos de pensar de um indivíduo, que podem ganhar sentido em contextos específicos.

Considerações finais

A análise das concepções neste trabalho possibilitou a verificação de que o conceito de substância comporta vários modos de pensar tanto para alunos como para professores. Verificamos que esses vários modos de pensar o conceito de substância aparecem nas respostas de um mesmo aluno/professor, ratificando a heterogeneidade do pensamento para um único indivíduo.

Em geral, não há a consciência sobre essa diversidade de concepções e isso faz com que, nas situações de aprendizagem, o aluno não saiba situar as ideias científicas com relação às suas concepções informais, remetendo-as aos contextos específicos nos quais elas encontram sentido ou significado.

Por fim, percebemos que as ideias informais expressas pelo aluno, muitas vezes, são provenientes de uma discussão limitada na sala de aula (ou ausência dela), ou seja, como parte de um processo de reprodução irrefletida de um conhecimento que se legitima no contexto escolar, o que

pode ser um fator constitutivo de ideias informais de origem escolar. Além disso, foi possível identificar entre os alunos concepções de origem sensorial e cultural.

Acreditamos que, diante dos resultados aqui expostos, devemos pensar em novas perspectivas para o ensino, não só do conceito de substância, mas de outros conceitos científicos. Primeiramente, seria importante que os professores estivessem atentos à heterogeneidade de modos de pensar dos alunos e às diferentes concepções que podem emergir na discussão em sala de aula. Uma vez reconhecendo essas concepções, seria também importante tentar articular tais ideias com o conhecimento científico, admitindo os sentidos que cada concepção pode adquirir em determinados contextos.

Diante do exposto, ressaltamos a importância de uma formação conceitual ampla por parte dos professores em seus cursos de formação inicial. Na sala de aula do ensino médio, o professor deverá estar pronto para trabalhar com a diversidade de concepções informais que os alunos apresentam, tendo atenção em discuti-las sem necessariamente buscar mudanças conceituais. Dessa forma, o processo de ensino-aprendizagem deverá ser visto como uma incorporação de novos significados àqueles já existentes nos alunos, fazendo com que estes tenham consciência do que se enquadra ou não em uma visão científica e dos sentidos atribuídos às devidas concepções em contextos específicos.

Agradecimentos

À CAPES, pelo financiamento, e aos professores e alunos que contribuíram para a pesquisa.

João Roberto Ratis Tenório da Silva (joaotenario@uast.ufrpe.br), mestre em Ensino de Ciências (Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE), doutorando em Psicologia Cognitiva (UFPE), é professor assistente da UFRPE. Serra Talhada, PE – BR. **Edenia Maria Ribeiro do Amaral** (edsamaral@uol.com.br), doutora em Educação (UFMG), é professora adjunta do Departamento de Química (UFRPE). Recife, PE – BR.

Referências

AMARAL, E.M.R.; MORTIMER, E.F. Un perfil conceptual para entropia y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de química. *Educación química*, n. 3, 60-75, 2004.

ARAÚJO, D.X.; SILVA, R.R.; TUNES, E. O conceito de substância química apreendido por alunos do ensino médio. *Química Nova*, v. 01, n. 18, 80-90, 1994.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

CACHAPUZ, A. et al. (Orgs.). *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez, 2005.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. *Ciência, educação em ciência e ensino das ciências*. Lisboa: Ministério da Educação, 2002.

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

COUTINHO, F.A. *Construção de um perfil conceitual de vida*. 2005. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

COUTINHO, F.A.; MORTIMER, E.F.; EL-HANI, C.N. Construção de um perfil conceitual para o conceito biológico de vida. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 115-137, 2007.

JOHNSON, P. Children's understanding of substances, part 1: recognizing chemical change. *International Journal of Science Education*, 22: 7, 719-737, 2000.

LOVERUDE, M. Do students conceptualize energy as a material substance? *Physics Education Research Conference 2002*. Part of the PER Conference series Biose. Idaho, 2002.

MORTIMER, E.F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, p. 20-39, 1996.

_____. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

NÚÑEZ, I.B.; RAMALHO, B.L. (Org.). *Fundamentos do ensino-aprendizagem no novo ensino médio: das ciências naturais e matemática*. Porto Alegre: Sulina, 2004.

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

PAPAGEORGIOU, G.; SAKKA, D. Primary school teachers' views on fundamental chemical concepts. *Chemistry education: research and practice in Europe*. v. 1, n. 2, p. 237-247, 2000.

PARTINGTON, J.R. *A short history of chemistry*. 3. ed. New York: Dover, 1989.

POSNER, G.J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W.; GERTZOG, W.A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, n. 66, v. 2, p. 211-227,

1982.

POZO, J.I.M.; CRESPO, M.A.G. *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata, 1998.

SILVA, J.R.R.T.; AMARAL, E.M.R. Proposta de abordagem para o ensino de reações químicas a partir da noção de perfil conceitual. In: ALBUQUERQUE, U.P.; VERAS, A.S.C.; FREIRE, F.J.; LIRA JR., M.A. (Orgs.). *Caminhos da ciência*. v. 1. Recife: EDUFURPE, 2006.

_____. Identificando diferentes formas de pensar sobre substância associadas a diferentes contextos In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 7., 2009. *Anais...* Florianópolis, 2009.

_____. Proposta de um perfil conceitual para substância. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 13, n. 3, 2013.

SILVEIRA, M.P. *Uma análise epistemológica do conceito de substância em livros didáticos de 5ª a 8ª séries do ensino fundamental*. 2003. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SOARES, N.; AGUIAR, O. O uso dos conceitos de elemento e substância por estudantes do ensino fundamental: uma perspectiva de análise sociocultural. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 8, n. 2, 2008.

VIGGIANO, E.; MATTOS, C.R. É possível definir contextos de uso de zonas de perfil conceitual com um questionário? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 6., 2007. *Atas...* Bauru: ABRAPEC, 2007.

VEER, R.V.D.; VALSINER, J. *Vygotsky: uma síntese*. São Paulo: Loyola, 1999.

VOGELEZANG, M.J. Development of the concept 'chemical substance' – some thoughts and arguments. *International Journal of Science Education*, 9:5, 519-528, 1987.

YIP, D.Y. Teachers' misconceptions on the circulatory system. *Journal of Biological Education*, 32, 1.

Para saber mais

BACHELARD, G. O não substancialismo: os pródromos de uma química não lavoisieriana. In: _____. *A filosofia do não*. São Paulo: Abril Cultural, 1984. (Coleção os pensadores).

KATO, D.S.; KAWASAKI, C.S. O significado pedagógico da contextualização para o ensino de ciências: análise dos documentos curriculares oficiais e de professores. *Ciência & Educação*, v. 17, n. 1, 2011.

LAMBACH, M.; MARQUES, C.A. O conceito de substância: uma construção histórica a partir de diversos estilos de pensamento. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 8., 2011. *Atas...* Campinas, 2011.

Abstract: *Conceptions on Substance: Relations Between Contexts of Origin and Possible Meanings.* For a better understanding on substance, we consider that this concept could be taught based on informal conceptions. Some informal conceptions get meaning in their origins contexts, this is one reason for that they persist even after formal instruction. In science lessons, it is important to discuss different conceptions associated to scientific concepts. This paper aimed to analyse student and teacher's conceptions on substance, identifying the nature and associated contexts for these conceptions. We applied a questionnaire to chemistry teachers and students and, after analysis of answers, we found a diversity of ways of thinking the concept of substance associated to different contexts of origin. Consequently, in learning situations, students are not able to understand scientific ideas in relation to informal conceptions.

Keywords: substance, informal conceptions, origin contexts.