

Sobre a importância do conceito *transformação química* no processo de aquisição do conhecimento químico

**Maria Inês de Freitas Petrucci S. Rosa
Roseli Pacheco Schnetzler**

A seção “Pesquisa no ensino de química” relata investigações relacionadas a problemas no ensino de química, explicitando os fundamentos teóricos e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa e analisando seus resultados. Este artigo apresenta e discute as principais concepções de alunos do ensino médio sobre transformações químicas, obtidas a partir de uma extensa revisão bibliográfica de pesquisas sobre tal conceito fundamental.

► transformação química, ensino de química, concepções alternativas ◀

Ao considerar a relevância de se aprender química na sociedade de hoje, temos em mente a construção da cidadania no que se refere à participação consciente e deliberada dos indivíduos na sociedade. Para isso, é necessário que o cidadão disponha de informações, dentre elas aquelas oriundas do conhecimento químico relacionadas ao avanço tecnológico dessa mesma sociedade (Santos & Schnetzler, 1997).

Nessa perspectiva, assumimos que o estudo das transformações químicas contribui para o entendimento do impacto causado pelo avanço da indústria química moderna no meio ambiente. Podemos considerar, por exemplo, o conjunto de problemas gerados pelo lixo produzido pela sociedade capitalista moderna. O estudo das transformações químicas que ocorrem no lixo pode auxiliar a compreender por que, neste caso, os plásticos se transformaram em um problema ambiental, provocando a necessidade de os químicos começarem a produzir plásticos biodegradáveis.

Compreender a ocorrência e os mecanismos das transformações químicas permite ainda o entendimento de muitos processos que ocorrem dia-

riamente em nossas vidas, como o metabolismo, a ação de medicamentos, o cozimento de alimentos, entre tantos outros exemplos.

Aliado ao ponto de vista da formação do cidadão, podemos ainda apontar que, epistemologicamente, para que o sujeito conheça a química, entender esse conceito se torna uma necessidade central. Afinal, “a atividade central do químico é compreender as transformações (reações) químicas e delas tirar proveito. Às vezes, seu interesse está em produzir uma transformação, outras vezes, em evitá-la. Em todos os casos, ele deseja compreender e controlar as transformações químicas que podem ocorrer”. (Edart, 1967)

Dificultando o acesso a esse entendimento e à viabilização de processos de aprendizagem, as idéias que costumam circular em âmbito escolar a respeito desse conceito estão muitas vezes bastante distantes do conhe-

cimento científico, constituindo-se em concepções alternativas do objeto de ensino (Rosa, 1996).

Tal constatação decorre de contribuições de inúmeras pesquisas, cujos principais resultados merecem ser considerados na prática docente, uma vez que esta implica o diagnóstico e o conhecimento de idéias dos(as) alunos(as) para levá-las em consideração no processo de ensino. A justificativa para tal é que elas influenciam como os(as) alunos(as) entendem e desenvolvem as atividades que lhes apresentamos em nossas aulas (Schnetzler, 1994).

Concepções alternativas de aluno(a)s sobre transformação química (TQ)

Dentre as pesquisas revisadas sobre concepções alternativas de alunos(as) sobre *transformação química*, uma das mais significativas é a de Andersson (1990), que analisa as concepções de estudantes de 11 a 17 anos, identificadas nos seguintes trabalhos: Andersson e Renstrom (1981, 1983a, 1983b), Pfundt (1982), Shollum (1982), Andersson (1984, 1986), Méheut e col. (1985) e De Vos e Verdonk (1985 a,b, 1986, 1987 a,b).

Na sua análise, Andersson configura cinco categorias de idéias de alunos(as) sobre transformações químicas, a saber: (a) desaparecimento, (b) deslocamento, (c) modificação, (d) transmutação, (e) interação química.

As características da categoria (a) apontam para a concepção de que durante uma transformação química

É muito comum os alunos conceberem a ferrugem como uma espécie de química que surge na umidade e fica no ar, atacando algum metal quando este é umedecido. Para eles, ferrugem é uma espécie de fungo

ocorre o mero *desaparecimento* de alguma(s) substância(s). Andersson e Renstrom (1983, p. 56) formularam a seguinte questão a 2800 alunos(as) de 12 a 15 anos: "Um carro pesa 1000 kg. Ele é abastecido com 50 kg de combustível. O carro é dirigido até que o tanque de combustível fique vazio. O carro volta a pesar 1000 kg. Aproximadamente, qual é a massa dos gases de escape expelidos durante a perda de peso do carro?". Cerca de 15 por cento dos(as) alunos(as) responderam que o combustível usado no carro simplesmente desapareceu, sem fazer qualquer suposição sobre a massa perdida ou sobre a transformação ocorrida.

Na categoria (b), a idéia de *deslocamento* exprime a noção de que durante uma transformação química pode ocorrer mudança de espaço físico da substância, isto é, ela pode desaparecer de um dado lugar simplesmente porque se deslocou. Shollum (1982) entrevistou estudantes de 11 a 17 anos sobre transformação química e obteve vários exemplos de respostas. Nessa categoria, ao se lhes pedir explicações sobre a ferrugem formada em um prego, surgiu a seguinte explicação:

Ferrugem é uma espécie de química. Ela surge na umidade e fica no ar todo o tempo, e quando algum metal é umedecido, ela se propaga e o ataca. É uma espécie de fungo.

Esta resposta expressa a idéia de que a ferrugem está no ar e se desloca para o prego porque ele está úmido.

Na categoria (c), a concepção de *modificação* revela a conotação de mudança de estado físico ou de forma durante a transformação, como foi constatado por Andersson numa das respostas obtidas por Meheut e col. (1985) com relação à combustão do álcool:

Quando o álcool queima, há vapor de álcool... quando você aquece água em um prato, há vapor de água.

A categoria (d), *transmutação*, representa uma série de transformações 'proibidas' na química, como por exemplo: energia se transformando em matéria ou vice-versa, ou mesmo matéria se transformando em outro tipo de matéria, o que é permitido nas leis químicas. Assim, por exemplo, naquele problema sobre os gases de escape já citado, alguns alunos responderam: "...parte do petróleo se transformou em calor e energia cinética."

A categoria (e), *interação química*, do ponto de vista do processo de ensino-aprendizagem, é a mais desejável, indicando uma concepção dinâmica e corpuscular da matéria por parte dos(as) alunos(as). Todavia, na maioria dos trabalhos analisados por Andersson, somente 15 por cento do(a)s alunos(as) expressaram a idéia de transformação química dessa forma. Em

alguns casos, apenas 2 por cento das respostas pertenciam a essa categoria mesmo após os(as) alunos(as) terem sido submetidos(as) ao ensino de transformação química. (Andersson e Renstrom, 1981, 83).

É interessante notarmos, ainda, um outro tipo de concepção sobre transformação química entre estudantes secundaristas, a qual foi detectada por Andersson e Renstrom (1986) em 10 por cento dos participantes da pesquisa. Estes afirmaram que transformação química ocorre com certos materiais porque "é natural ou esperado que seja assim" ("it is just like that").

Os mesmos autores constataram que, mesmo após terem tido aulas de química, poucos(as) alunos(as) empregam os conceitos de átomo e molécula em seus raciocínios sobre transformação química. Muitos concebem o nível atômico-molecular como se fosse uma extrapolação do nível fenomenológico. Em outras palavras, o que se aplica ao macro também se aplica ao micro.

Essa extrapolação que os estudantes fazem do nível macroscópico (fenomenológico) para o microscópico (teórico, conceitual) foi também constata-

tada por De Vos & Verdonk (1985a). Esses autores, investigando alunos(as) holandeses(as) de 14 a 15 anos, iniciantes no currículo de química, identificaram as seguintes noções sobre o comportamento das substâncias, suas transformações e a natureza de suas partículas:

- Há a idéia de que existem 'moléculas quentes' e 'moléculas frias'.
 - Um metal é bom condutor de calor porque cada átomo é bom condutor de calor.
 - Nos líquidos, as moléculas são pequenas e em forma de pequenas gotas.
 - A expansão de objetos ocorre por causa da expansão das moléculas.
 - Uma substância 'macia' não pode ser feita de moléculas 'rígidas'.
 - A transparência de algumas substâncias deve-se ao fato de suas moléculas serem transparentes.
 - Substâncias que têm cheiro são cercadas por uma 'aura de cheiro' esférica.
 - A cola funciona devido a uma fina camada adesiva que a própria substância possui.
 - Em organismos vivos as moléculas estão vivas, exceto em cabelos e dentes.
- Ben-Zvi e col. (1987), investigando 337 alunos(as) israelenses com idade entre 13 e 15 anos, constataram que eles apresentavam grande dificuldade em mudar seus raciocínios do campo fenomenológico para o nível atômico-molecular pois, por exemplo, atribuíam propriedades como cor e fase a átomos e moléculas individuais. Nesse sentido, foram encontradas manifestações do tipo: "o ouro é dourado porque possui átomos de cor dourada e a água é líquida porque é composta de moléculas líquidas".
- Cachapuz (1988) também identificou a mesma tendência com relação às idéias de alunos(as) secundaristas portugueses(as) sobre o que ocorre durante a cocção de um ovo. Foram encontradas respostas do tipo: "...quando aquecemos um ovo ele se torna maior (...) o tamanho das partículas aumenta e elas se tornam mais compactas..." Na mesma pesquisa foi constatada, ainda, a noção de 'reagente principal' em uma transformação

química. Segundo o autor, essa idéia é considerada uma versão contemporânea da dualidade entre os princípios do enxofre e do mercúrio, usados pelos alquimistas do século XIII para explicar fenômenos naturais. Assim, as transformações químicas ocorreriam tendo sempre um material 'mais importante' que é transformado devido à ação de outros reagentes. Segundo o referido autor, o 'reagente principal' seria sempre um sólido, pois é maciço, visível, ou um ácido, porque é forte. De acordo com este raciocínio, o gás oxigênio, por exemplo, não é importante nas reações de combustão porque é invisível, evidenciando que nessas concepções há uma influência clara de experiências vividas pelos alunos no cotidiano.

As influências que as mudanças visuais exercem na construção de idéias dos(as) alunos(as), e que se manifestam de forma extensiva no nível microscópico, já haviam sido também notadas por Shollum (1982) ao investigar 35 estudantes na Nova Zelândia sobre cinco eventos do cotidiano envolvendo *transformações químicas*. As considerações feitas por esses(as) alunos(as) mostraram que qualquer mudança (forma, cor ou estado) é considerada transformação química, implicando uma confusão muito grande entre transformação química e mudanças de estado.

Além dessa concepção de transformação química como simples mudança visual ou de estado, Aragão e col. (1991) apontam outra idéia que aparece entre alunos(as) da primeira série do ensino médio brasileiro: *transformação química* como uma simples *mistura*. Outro resultado dessa investigação aponta que após o processo de ensino, somente 49 por cento dos(as) alunos(as) passaram a conceber transformação química como uma transformação onde há formação de novo(s) material(is), enquanto 20 por cento continuaram presos(as) à concepção de simples mistura. Esses resultados foram atribuídos à ausência de discriminação entre *transformação*

química e *mistura* no processo de ensino-aprendizagem investigado.

Também Rosa (1996), ao investigar as idéias prévias de alunos(as) da primeira série do ensino médio brasileiro, pôde constatar que 20 por cento deles(as) concebiam transformação química como uma simples mistura de materiais. Por outro lado, a maioria desses(as) alunos(as) (65 por cento), ao se manifestarem a respeito de transformações químicas, apontava processos onde ocorrem mudanças de estado físico ou de cor.

Nessa perspectiva, Stravidou e Solomonidou (1989) também constataram que estudantes gregos se expressam sobre transformações químicas num nível de 'concretude' restrito a manifestações externas visuais de mudanças da matéria. Mais uma vez, as autoras constataram que todos os atributos de transformação química expressos pelos estudantes restringiram-se ao nível macroscópico, não havendo referência a nenhum atributo microscópico.

Essa ausência de limites entre o o b s e r v á v e l (fenomenológico) e o nível explicativo ou interpretativo (nível atômico-molecular) parece se atribuir às dificuldades dos(as) alunos(as) em compreender o papel dos modelos teóricos na interpretação de fenômenos e a deficiências na construção de

outros conceitos fundamentais do conhecimento químico, como por exemplo o de *substância*. Vogezang (1987), estudando o desenvolvimento desse conceito em cursos secundários, constatou que o conceito *transformação química*, definido como o aparecimento de novas substâncias, não leva necessariamente os estudantes a aceitar essa visão. Eles assumem, pelo menos inicialmente, que em uma reação química o material é conservado e apenas adquire novas

propriedades. Neste caso, uma substância é considerada uma 'fonte' de propriedades. Assim, pode-se ouvir os estudantes falando sobre conservação de substância em reações químicas com frases do tipo 'X se torna Y', onde X é uma substância e Y uma propriedade. Um exemplo é: "o cobre se torna preto se é posto na chama". Esta expressão pode ser interpretada como implicando a conservação da substância cobre, que passa a ser preta.

Segundo Driver (1989), é possível que os(as) alunos(as) assimilem conceitos sobre átomos e moléculas e suas representações do modo pretendido nas aulas de ciências mas, quando se encontram diante de um fenômeno que tenham que explicar, tendem a considerar relevantes não as noções que lhes foram ensinadas mas sim as idéias intuitivas próprias, das experiências de cada um(a).

Parece ser consenso entre os(as) pesquisadores(as) que a manifestação de concepções de alunos(as) afastadas da visão cientificamente aceita torna-se acentuada devido à ausência de discussões sobre ciência nas aulas, à ênfase na visão empiricista do co-

nhecimento e à falta de relacionamento explícito entre os níveis micro e macroscópico do conhecimento químico em processos de ensino tradicionais. Neste caso, não são enfatizadas as relações existentes entre teorias (modelos) que tentam explicar a natureza da matéria e os fenômenos obser-

váveis. Aliás, Haight já disse há 20 anos que a fonte da confusão na química reside no fato de os estudantes terem que articular dois mundos diferentes: o macroscópico e o microscópico. Heron, quase na mesma época, identificou um terceiro mundo: o simbólico (apud Bodner, 1992). Johnstone (1982) explicitou esses níveis do conhecimento químico da seguinte forma:

a) Nível descritivo e funcional (*macroscópico*): é o campo on-

Usualmente, as idéias dos alunos sobre transformações químicas são bastante distintas daquelas cientificamente aceitas

Alunos do ensino médio costumam pensar que nos líquidos as moléculas são pequenas e em forma de pequenas gotas, pois aplicam ao nível microscópico o que observam em termos fenomenológicos

de se pode ver e manusear materiais, analisar e descrever as propriedades das substâncias em termos de densidade, ponto de fusão etc. e observar e descrever suas transformações.

b) Nível simbólico (*representacional*): é o campo onde representamos substâncias químicas por fórmulas e suas transformações por equações. É a linguagem sofisticada do conhecimento químico.

c) Nível explicativo (*microscópico*): é o nível onde invocamos átomos, moléculas, íons, estruturas, que nos dão um quadro mental para racionalizar o nível descritivo mencionado acima.

Por isso, Nakhleh (1992) afirma: “se o(a) aluno(a) não souber como explicar a química utilizando-se de ferramentas ideacionais no nível microscópico, ele(a) efetivamente não aprendeu química”.

Considerando tal assertiva e a revisão bibliográfica das concepções alternativas dos(as) alunos(as) sobre transformação química, podemos perceber o quanto estas se encontram distantes da citação acima. Notadamente, podemos constatar o fato de os estudantes expressarem idéias pautadas em aspectos observáveis, revelando também um fraco entendimento do modelo corpuscular da matéria como uma construção mental explicativa para vários fenômenos abordados em ciências. Com relação a isso, Romanelli aponta que:

“A construção de modelos mentais complexos que possam fundamentar a explicação de fenômenos como o da dissolução do açúcar em água ou o da constituição da matéria exige um considerável esforço por parte do aluno para construir ‘entidades abstratas’ e usar certos parâmetros, descrevendo as suas inter-relações através de idéias. O foco do aluno nas percepções sensoriais concorre para criar uma barreira ao pensamento abstrato generalizado.” (Romanelli, 1992, p. 35)

Nesse contexto de idéias, Yarroch (1985), trabalhando no nível representacional, já havia constatado que para os estudantes o ato de escrever uma equação química significa fazer um ‘exercício algorítmico’ onde corretamente balanceiam a equação, sem, no entanto, conseguirem elaborar um diagrama de partículas para a mesma equação.

Hesse e Anderson (1992) publicaram uma investigação realizada com estudantes americanos que já haviam recebido instrução sobre *transformação química* mas que, apesar disto, revelaram dificuldades em três níveis epistemológicos: conhecimento químico, raciocínio de conservação e idéias explicativas.

Os autores concluíram que a conservação da matéria nas transformações químicas é para os alunos muito mais difícil de entender do que normalmente o professor supõe. Além do mais, se o aluno não consegue entendê-la, torna-se praticamente impossível para ele aceitar e compreender modelos microscópicos que a expliquem. Essa dificuldade de aceitar a conservação da matéria aparece principalmente quando se trata de reações de combustão, onde os alunos costumam pensar que as substâncias se tornam mais leves depois de queimadas, e que parte do material envolvido é perdida em forma de fumaça.

As dificuldades relatadas por esses autores, assim como os obstáculos que surgem na construção de modelos que expliquem a constituição da matéria, são elementos de uma configuração de idéias onde é marcante a não aceitação pelos(as) alunos(as) do modelo corpuscular. Mortimer e Miranda (1995) nos relatam que apesar de a maioria dos estudantes adolescentes representar os materiais por meio de partículas, continua sendo inadmissível para eles a idéia de que entre as partículas existam espaços vazios. Essa concepção se apóia na idéia de que “a natureza abomina o vazio”. Assim, por exemplo, ao sugarem o ar que está dentro de uma embalagem de papelão vazia, a tendência é que eles digam que o vácuo é que puxa as paredes da caixa, e não que a pressão atmosférica exterior empurra

essas paredes.

O que apreendemos dessas idéias é que os(as) alunos(as) podem até entender o modelo científico, mas têm dificuldades para aceitá-lo, já que cultivam a noção de que “a natureza abomina o vazio”. Assim, para eles(as) os átomos são pequenos grãos de matéria que podem dilatar, contrair, mudar de estado, como qualquer outra porção de matéria.

Entre os(as) alunos(as) aparece, ainda, uma outra maneira de explicar as transformações químicas, que é a forma ‘animista’. Essa característica é atribuída às substâncias como se fossem seres vivos e tivessem ‘vontade’ de se combinar. Mortimer e Miranda (1995) relatam um exemplo dessa situação, em que foram investigadas as idéias dos alunos durante uma experiência de combustão. Essa experiência é bastante utilizada em livros de ciências e consiste em fixar uma vela num prato, ao qual se adiciona um pouco de água. Quando a vela é acesa e se coloca um copo sobre ela, o fogo se apaga em pouco tempo e o nível da água dentro do copo, fica mais alto. Um aluno, ao observar isto, afirmou que “o fogo puxa a água do prato sobre o qual está o copo *na esperança* de encontrar oxigênio, pois dentro deste o oxigênio acabou”.

Conclusões

A conclusão desta revisão ampla a respeito de concepções alternativas de alunos(as) sobre *transformação química* configura um quadro composto, principalmente, dos seguintes problemas:

- A concepção de continuidade da matéria constitui para os alunos(as) um obstáculo importante na construção do conceito transformação química.
 - As explicações dos alunos sobre transformação química concentram-se no nível macroscópico, isto é, no campo fenomenológico.
 - A transferência de aspectos observáveis no nível macroscópico para o nível microscópico impede que os(as) alunos(as) construam modelos explicativos coerentes que se aproximem mais dos modelos científicos.
- Acreditamos que esse quadro sustenta a premissa de que um projeto de

melhoria no ensino de química precisa levar em conta a importância de tratar essas questões epistemológicas ao se planejar um processo de ensino-aprendizagem do conceito transfor-

mação química.

Maria Inês de Freitas Petrucci S. Rosa, bacharel e licenciada em química pela Unicamp, especialista em química orgânica, mestre em educação na área de metodologia de ensino de

química, também pela Unicamp, é docente do Departamento de Química e Núcleo de Educação em Ciências da Universidade Metodista de Piracicaba - SP. **Roseli Pacheco Schnetzler**, bacharel e licenciada em química e doutora em educação química, é professora do programa de pós-graduação em educação da Unimep.

Referências bibliográficas

ANDERSSON, B. Pupils' explanation of some aspects of chemical reactions. *Science Education* v. 70, n. 5, p. 549-563, 1983.

_____. Pupil's conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education* n. 18, p. 53-85, 1990.

ARAGÃO, R.M.R. e col. A mudança conceitual no processo ensino-aprendizagem de transformação química. *Resumos da 14a. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Caxambú, 15-18 de maio de 1991, ED-19, 1991.

BEN-ZVI, R. e col. Students' visualisation of a chemical reaction. *Education in Chemistry* v. 24, n. 4, p. 117-120, 1987.

BODNER, G.M. Why changing the curriculum may not be enough. *Journal of Chemical Education*, v. 69, n. 3, p. 186-190 1992.

CACHAPUZ, A.F. e col. Misconceptions in high school chemistry: how in a chemical reaction some reactants may be more important than others. Paper apresentado em *The 10th Biennial Conference on Chemical Education*, West Lafayette; Purdue University (paper 129, p.58-59), 1988.

DE VOS, W., VERDONK, A.H. A new road to reactions, part I. *Journal of Chemical Education* v. 62, n. 3, p. 238-240, 1985a.

_____. A new road to reactions, part II. *Journal of Chemical Education* v. 62, n. 8, p. 648-649, 1985b.

_____. A new road to reactions, part III. *Journal of Chemical Education* v. 63, n. 11, p. 972-974, 1986.

_____. A new road to reactions, part IV. *Journal of Chemical Education* v. 64, n. 8, p. 692-694, 1987a.

_____. A new road to reactions, part V. *Journal of Chemical Education* v. 64, n. 12, p. 1010-1013,

1987b.

DRIVER, R. Más allá de las apariencias: la conservación de la materia en las transformaciones físicas y químicas. In: *Ideas científicas en la Infancia y la adolescência*. R. Driver, E. Guesner, A. Tiberghien. Madrid: Ediciones Morata, Ministério de Educación e Ciência, 1989.

DRIVER, R., EASLEY, J. Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education* n. 12, p. 7-15, 1978.

EDART. *Química – uma ciência experimental*. São Paulo: Livraria Editora, 1967.

EYLON, B., BEN-ZVI, R., SILBERSTEIN, J. Student's conceptions of structure and process in chemistry. Paper apresentado na NARST conference, 1982.

HESSE, J., ANDERSON, C. Students' conceptions of chemical change. Paper apresentado no encontro anual da American Educational Research Association, New Orleans, 1992.

JOHNSTONE, A. Macro and micro-chemistry. *The School Science Review*, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

MEHEUT, M., SALTIEL, E., TIBERGHIE, A. Pupils' (11-12 years old) conceptions of combustion. *European Journal of Science Education* v. 7, n. 1, jan./mar. 1985.

MORTIMER, E.F., MIRANDA, L.C. Concepções dos estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola* n. 2, nov., p. 23-26, 1995.

NAKHLEH, M. Why some students don't learn chemistry - chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education* v. 69, n. 3, p. 191-196, 1992.

ROMANELLI, L. *Concepções do professor no papel mediador da construção do conceito de átomo*. Campinas, tese de doutorado, Faculdade

de Educação da Unicamp, 1992.

ROSA, M.I.F.P.S. *A evolução de idéias de alunos do 1º ano do ensino médio sobre o conceito de transformação química numa abordagem construtivista*, dissertação de mestrado. Campinas: Faculdade de Educação da Unicamp, 1996.

SANTOS, W.L.P., SCHNETZLER, R.P. *Educação em química – compromisso com a cidadania*. Ijuí: Editora Unijuí, 1997.

SCHNETZLER, R.P. Do ensino como transmissão, para um ensino como promoção de mudança conceitual nos alunos: um processo (e um desafio) para a formação de professores de química. *Cadernos ANPED*. Caxambu, XVI Reunião da ANPED, setembro, p. 55-89, 1994.

SHOLLUM, B. Chemical change. *A Working Paper of the Learning in Science Project*, n. 27, University of Waikato, N.Z, 1982.

STRAVIDOU, H., SOLOMONIDOU, C. Physical phenomena - chemical phenomena: do pupils make the distinction?. *International Journal of Science Education* v. 11 n. 1, p. 83-92, 1989.

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

YARROCH, W.L. Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching* n. 5, p. 449-459, 1985.

Paaber mais

OLIVEIRA, R.J. O mito da substância. *Química Nova na Escola*, n. 1, maio 1995.

LOPES, A.R.C. Reações químicas: fenômeno, transformação e representação. *Química Nova na Escola*, n. 2, nov. 1995.