

O Conceito de Substância: uma construção histórica a partir de diferentes Estilos de Pensamento

The Concept of Substance: an historic building from different Thought-Styles

Marcelo Lambach¹

Carlos Alberto Marques²

¹PPGECT/UFSC e DITEC-SEED-PR/Secretaria de Estado da Educação do Paraná – *marcelolambach@gmail.com*

²PPGECT/UFSC – *bebeto@ced.ufsc.br*

Resumo

O presente artigo se caracteriza como sendo uma revisão teórica, cuja temática abordada diz respeito à História, Filosofia e Sociologia da Ciência no ensino de Ciências a ser apresentado no formato de painel impresso. A partir de um resgate histórico de um conceito chave para a Química – o conceito de substância – apresenta e discute como se organizou o pensamento para explicar composição mínima da matéria, procurando identificar essas explicações desde os gregos até a concepção atomística de Dalton. Considera para tanto as rupturas que ocorrem nas distintas respostas dadas à(s) pergunta(s) delimitadora(s) do problema enfrentado pela humanidade. Para isso utiliza, principalmente, as categorias Estilo de Pensamento de Ludwik Fleck e Obstáculo Epistemológico de Gaston Bachelard.

Palavras-chave: Conceitos de Química. Substância. Estilos de Pensamento. Obstáculo Epistemológico. Ludwik Fleck. Gaston Bachelard.

Abstract

This article is characterized as being a theoretical review, whose theme addressed concerns the history, philosophy and sociology of science in science teaching to be presented in poster format. From a historical review of a key concept in chemistry - the concept of substance, presents and discusses how was organized the thinking to explain the minimum composition of matter, trying to identify these explanations from the Greeks to the atomistic conception of Dalton. Considering for such the disruptions that occur in the different answers to the questions that limit the problem faced by humanity. For this uses, especially, the categories Thought-Styles of Ludwik Fleck and Epistemological Obstacle of Gaston Bachelard.

Key words: Concepts of Chemistry. Substance. Thought-Styles. Epistemological Obstacle. Ludwik Fleck. Gaston Bachelard.

O Conceito de Substância no Ensino de Química

É frequente identificar em trabalhos que relatam como acontece o ensino de química (ARAUJO, SILVA, TUNES, 1995), (ROCHA-FILHO, 1988), (ROMANELLI, 2006), (SILVA, AGUIAR, 2008), e nos que analisam livros didáticos (SILVEIRA, 2003), (TAVARES, 2009), além de outros, que os textos didáticos destinados ao ensino médio iniciam seus trabalhos

apresentando “o que é a Química”. Nesse sentido dizem ser esta uma ciência que estuda “a matéria suas propriedades, sua composição e transformações”.

Também é comum localizar em muitos desses materiais didáticos, a substituição do termo “matéria” por “substância”, porém, cabe lembrar que essa palavra só aparece na definição da ciência Química, segundo Maars (1999), no século XX com Linus Pauling. Observa-se ainda, que as ideias que levaram à construção do conceito de substância - e se constituíram ao longo da história da ciência - não são desenvolvidas em tais materiais, e o seu conceito é estruturado a partir do nível microscópico da matéria, como se fosse algo pronto, tal como se apresenta naquele momento.

O conceito de substância pode ser considerado como um dos pilares da Química uma vez que, a partir dele, é possível compreender outros conceitos fundamentais como elemento químico, tabela periódica, transformações químicas, ligações químicas etc. Silveira destaca que

(...) elemento químico pode estar associado a classificação de substâncias simples – seja quando esta não for mais decomponível em outros elementos (uma concepção macroscópica), ou quando for formada por um conjunto de átomos com mesmo número atômico (dependerá da abordagem realizada pelo professor). Por outro lado, uma transformação química será sempre caracterizada pela formação de novas substâncias, seja pela verificação das evidências destas transformações, ou seja, mudança de cor, formação de gases, formação de precipitados, liberação de odores, etc., ou pela constatação das propriedades específicas desta nova substância, como: ponto de ebulição, ponto de fusão, densidade, entre outras (SILVEIRA, 2003, p. 80-81).

O objetivo desse artigo é apresentar como o conceito de substância tem se estruturado e se modificado em determinados momentos da história. Tomando como referência a visão epistemológica de Gaston Bachelard, para quem o conhecimento se constrói a partir da contrariedade de um conhecimento anterior, destruindo o que foi mal construído e superando os obstáculos que se formaram.

Para compreender como as ideias que estruturaram os distintos entendimentos do que seja substância se constituíram em determinadas épocas e se disseminaram no decorrer do tempo, será utilizada a concepção epistemológica elaborada por Ludwik Fleck, em especial a categoria Estilo de Pensamento (EP).

Os princípios epistemológicos de Bachelard e Fleck: alguns conceitos

A epistemologia de Bachelard pode ser considerada, do ponto de vista da essência do Conhecimento – Realista; da possibilidade do Conhecimento – Crítica; e quanto à gênese do Conhecimento – Racionalista Aplicado e Materialista Racional.

Posicionando-se claramente quanto a não neutralidade do conhecimento, Bachelard diz que

“o real jamais é “o que se poderia crer”, mas é sempre o que se deveria ter pensado. O pensamento empírico é claro, depois, quando o aparelho das razões foi atualizado. Retornando a um passado de erros, encontramos a verdade num autêntico arrependimento intelectual. De fato, conhecemos *contra* um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal feitos, superando-se o que no próprio espírito, cria obstáculo à espiritualização” (BACHELARD, 1977, p. 147).

Não empirista, o epistemólogo alerta que o conhecimento científico parte da formulação de perguntas para resolver problemas, sendo o conhecimento a resposta a tal questão, pois “se não houve questão, não pode haver conhecimento científico. Nada ocorre por si mesmo. Nada é dado. Tudo é construído” (BACHELARD, 1977, p. 148).

Tendo esses pressupostos em mente, ele constrói o conceito de Obstáculo Epistemológico, dizendo que sempre devemos olhar os erros cometidos no passado para entendermos o presente,

pois “só com as luzes atuais que podemos julgar com plenitude os erros do passado espiritual” (BACHELARD, 1977, p. 149).

Para Bachelard, então,

Quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, chega-se logo a essa convicção de que *é em termos de obstáculos que se torna preciso apresentar o problema do conhecimento científico*. E não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: é no próprio ato de conhecer, intimamente, que aparecem, por uma espécie de imperiosidade funcional, as lentidões e as dificuldades. Aí é que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, aí é que discerniremos causas de inércia que chamaremos de obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1977, p. 147, grifos do autor).

Ou seja, por Obstáculo Epistemológico é o que Bachelard entende como sendo os pontos em que o progresso científico para e até retrocede.

Um dos obstáculos epistemológicos mais difíceis de ser superado para o epistemólogo é o substancialista. Ele destaca que

Por uma tendência quase natural, o espírito pré-científico condensa num objeto todos os conhecimentos em que esse objeto desempenha um papel, sem se preocupar com a hierarquia dos papéis empíricos. Atribui à substância qualidades diversas, tanto a qualidade superficial como a qualidade profunda, tanto a qualidade manifesta como a qualidade oculta. (BACHELARD, 2003, p. 105, paginação eletrônica).

Com o substancialismo entende-se que as propriedades são as próprias substâncias, assim o obstáculo substancialista impede a percepção de que as propriedades das substâncias resultam da interação entre elas ou entre ela e alguma energia. Por exemplo, a cor amarela do ouro e a força dos ácidos relacionada à quantidade de hidrogênio protônico (BACHELARD, 1990).

Outro epistemólogo que pode contribuir para a melhor compreensão das mudanças do conceito de substância ao longo da história é o realista crítico Ludwik Fleck, a partir da sua categoria Estilo de Pensamento, que consiste,

numa determinada atmosfera e sua realização. Uma atmosfera possui dois lados inseparáveis: ela é a disposição para um sentir seletivo e para um agir direcionado correspondente. Ele gera as formas de expressão adequadas: religião, ciência, arte, costumes, guerra etc, de acordo com a predominância de certos motivos coletivos e dos meios coletivos investidos. Podemos, portanto, *definir o estilo de pensamento como percepção direcionada em conjunção com o processamento correspondente no plano mental e objetivo*. Esse estilo é marcado por características comuns dos problemas, que interessam a um coletivo de pensamento; dos julgamentos, que considera como evidentes e dos métodos, que aplica como meios do conhecimento. É acompanhado, eventualmente, por um estilo técnico e literário do saber (FLECK, 2010, p. 149).

Em outras palavras, como um perceber, um olhar, um entendimento orientado por um ‘saber’ construído sócio-historicamente interfere na elaboração do conhecimento sobre um campo de estudo, ou uma determinada área do conhecimento.

A epistemologia comparativa fleckiana não considera o conhecimento como uma relação bilateral entre sujeito e objeto, entre o cognoscente e o objeto a conhecer. Propõe que deve haver um terceiro fator, o “estado do conhecimento” (FLECK, 1986, p. 85) ou “estado do saber” (FLECK, 2010, p. 815) que “deve ser entendido como as relações históricas, sociais e culturais que marcam o estilo de pensamento onde o coletivo de pensamento é permeado” (Delizoicov, et al., 2002, p. 56).

Então, retomando a questão central: como se constituiu o conceito de substância?

O Conceito de Substância: uma construção histórica

A construção do conceito de substância tem relação direta com o entendimento do que seja matéria. Pode-se dizer que a busca da humanidade pelo conhecimento sobre a constituição dos materiais, dos objetos que nos rodeiam, para além do que se possa observar a olho desprovido de equipamentos de aumento, remonta dos gregos.

Desde aquela época, é possível identificar a busca de leis gerais que descreviam a natureza e explicavam os fenômenos de forma unitária. Em uma proposição eminentemente racionalista, os pré-socráticos apresentaram uma cosmologia universal, essencialmente vitalista e materialista. Como, por exemplo, a visão de Heráclito, na qual o “fogo, existente no interior das coisas e causa do seu constante movimento, explica a eterna mudança, a união o vir a ser do inferior tornando-se as futuras teorias de rarefação e condensação” (ALFONSO-GOLDFARB, 2005, p. 50). Ou, ainda, Tales de Mileto, para quem a água era a substância primordial da qual derivavam todas as coisas (a condensação da água formava a terra e a sua rarefação gerava o ar e o fogo). Semelhante defesa era feita por Anaxímenes, sendo que para ele era da condensação ou da rarefação do Ar infinito (o *pneuma apeiron*) que se formavam todas as coisas.

Essa concepção cosmológica materialista dos pré-socráticos acaba se mostrando problemática, pois os elementos usados como “matéria primordial” chegam a ocupar, como aponta Alfonso-Goldfarb (2005, p. 50), “todo o universo real: até os sonhos, os sentimentos e os pensamentos são materializados”. Contrário a esse pensamento, Parmênides, que o chama de “dilema ‘eliático’”, adota o postulado da realidade imaginária, “no qual o movimento seria mera ilusão, já que a impossibilidade do vazio destituía de sentido o movimento real”. Assim, com Parmênides, “o vazio ganha caráter de impossibilidade ontológica, pois, se o todo é tudo, o nada não pode existir” (ALFONSO-GOLDFARB, 2005, p. 50).

Com tal problema instaurado a partir do dilema ‘eliático’, a compreensão filosófica grega sobre a cosmologia segue outros caminhos: dos sofistas que por meio de sua lógica defendem a realidade como um todo; e de outros pensadores que propõem novas hipóteses. Dentre os últimos, encontra-se Empédocles, o qual defende que em toda a matéria existem, em diferentes proporções, quatro elementos: água, terra, fogo e ar. Ele também representa o marco inicial de, segundo Maars (1999, p. 34), uma das mais longas discussões da história da química, que perdurou até o século XX, sobre uma pergunta, seja ela: o que mantém unido ou separado os componentes de uma substância?

Para o filósofo grego em tela, os quatro elementos se combinavam ou se separavam pela ação de duas “forças” universais: o amor e o ódio. Esse entendimento denota, segundo Alfonso-Goldfarb (2005), a inserção de um elemento dualista à cosmologia, de uma mente superior, supranatural, diferente da doutrina grega de então, em que a realidade se reduz a um princípio único e há unidade das forças da natureza.

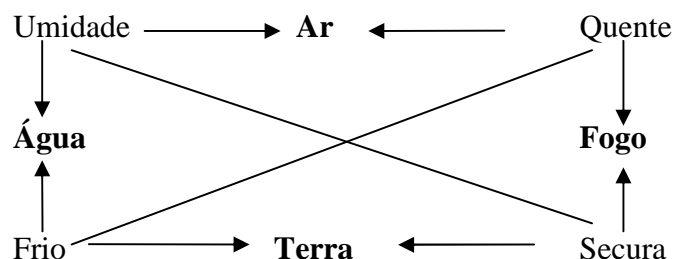
Outro caminho para resolver o paradoxo materialista ‘eliático’, foi a formulação de uma cosmologia estruturada em entidades reais, mas não materiais, evidenciada no atomismo de Leucipo e Demócrito, para os quais os átomos eram

minúsculas e infinitas (...) entidades imateriais que, movendo-se no vácuo por “necessidade” mas ao acaso, associavam-se formando a realidade, tanto material *como* imaterial. Estes átomos seriam infinitos também na forma, o que possibilitaria a variedade de coisas do mundo. Os átomos do fogo e os do pensamento, por exemplo, deveriam ser esféricos, porque esta forma propiciaria o movimento típico dos fenômenos velozes (ALFONSO-GOLDFARB, 2005, p. 51).

Como o pensamento dos atomistas gregos não aceitava a ideia do vazio, ou seja, do vácuo, essa proposta atomística não assume papel relevante. Aristóteles critica essa teoria logicamente e por seus fins (teleologicamente), pois o lugar natural das coisas não admitia o vácuo e o acaso. Ele assume, então, a teoria dos quatro elementos, resolvendo o problema do vácuo com a introdução

de um quinto elemento, isto é, o éter, chamado de “quintessência”. Segundo Oki (2002), este é apresentado por Aristóteles em sua obra “Sobre o céu”, nos estudos sobre o mundo sideral e sublunar, com esse último elemento caracterizado como sendo “o princípio formador de todos os corpos existentes no mundo supralunar, ou seja, a parte do Universo que se inicia com a Lua” (OKI, 2002, p. 22).

Aristóteles caracteriza, então, cada elemento por duas qualidades, conforme o esquema, a seguir, formulado por Maars (1999, p. 34).



Esses pares de qualidades se relacionavam com cada elemento da seguinte forma: para o fogo material – quente e seco; para a água material – frio e úmido; e assim por diante. Então, se para Aristóteles o elemento era “um dos corpos em que os demais corpos podem ser decompostos e que ele próprio não pode ser dividido em outros” (MAARS, 1999, p. 35), é possível concluir que substituindo uma qualidade por sua antagônica um elemento se converte em outro. Por exemplo, no par frio/secura, ao substituir a secura por umidade a Terra se transforma em Água. A concepção aristotélica, da transmutação dos elementos, irá se constituir em uma das grandes influências no pensamento alquímico.

Pelo descrito até aqui, é possível considerar que a alquimia nasce sob os auspícios do pensamento grego. Porém é preciso questionar: que outras influências ela recebe? De que forma as ideias alquímicas se estendem ao longo da história?

A visão alquímica do mundo nasce, então, segundo Alfonso-Goldfarb (2005) contendo elementos da cosmologia grega utilizados para teorizar as práticas místicas e mágicas, não religiosas, transformando-as em práticas alquímicas de laboratório.

Com esse objetivo, é possível localizar na figura de Zóximo (III a IV d.C.), por exemplo, a tentativa de construir um corpo alquímico, um trabalho de investigação da matéria. Ele relata que por meio de um sonho concluiu que é através da “tortura” da matéria que se consegue sua transformação separando-lhe sua pura essência, o seu espírito. Com isso, a metalinidade é uma propriedade que não depende de sua matéria, mas das qualidades que ela assumir. Esse processo se iniciaria, como relata Alfonso-Goldfarb, da matéria morta (chumbo, estanho, cobre, ferro e ligas ou sulfetos desses metais). Essa matéria, sem suas qualidades originais, sofreria o processo de “renascimento” recebendo as qualidades da prata estando pronta para sua transmutação em ouro, ou para “receber a essência ou “espírito” aurífero, chamado em alguns casos de “pedra filosofal”, ou, mais tarde, no mundo árabe, de “elixir”” (ALFONSO-GOLDFARB, 2005, p. 61).

Zóximo tenta teorizar os trabalhos de outros alquimistas que acabam por influenciar seus pensamentos. Com ele é possível identificar, segundo Alfonso-Goldfarb, a “reconciliação dos alquimistas da teoria com a prática” (idem, p. 63), ao aproximar as substâncias alquímicas aos ‘agentes’ aristotélicos (mercúrio, enxofre, arsênico), assim como os ‘espíritos’ ao *pneuma* dos estóicos. Depois de Zóximo a alquimia assume um caráter doutrinário e místico, sendo que seus representantes alexandrinos passam a ser vistos como “autoridades máximas e irrefutáveis”, ou seja, dogmáticos, sob o ponto de vista da possibilidade do conhecimento (HESSEN, 1999), pois acreditam na possibilidade de se conhecer a verdade, sem justificar por razões intrínsecas, mas recorrendo apenas ao princípio da autoridade.

A alquimia só volta a ter caráter investigativo, com o objetivo de “desvendar os mistérios da matéria” com o desenvolvimento da cultura árabe. Entretanto, Ana Maria Alfonso-Goldfarb, destaca a importância da cultura chinesa na história da ciência. Ela aponta que elementos da civilização chinesa antiga são incorporados, em certa medida, pela cultura árabe como o conceito de equilíbrio estruturado a partir da filosofia taoísta. Para os chineses, tal equilíbrio pode ser obtido com a utilização de um “elixir” que transportava as qualidades de um corpo a outro. A autora destaca ainda, que a cultura chinesa não se organiza como ciência moderna devido a problemas de caráter sociopolíticos, como a estrutura burocrática centralizada de um estado controlador que não promovia a busca de “elementos da natureza materializáveis, reproduzíveis e próprios à aceleração do ritmo da sociedade” (ALFONSO-GOLDFARB, 2005, p. 69).

Diferente da fechada estrutura social chinesa e com a queda acentuada do intransigente império romano, progride e ganha espaço rapidamente a cultura islâmica que recebe influências de diversas outras como a persa, egípcia, mesopotâmica, além de resquícios da cultura greco-romana.

Uma das formas de apropriação de elementos de diferentes culturas foi a tolerância religiosa, diferente das outras culturas já citadas, por permitir que povos não maometanos vivessem nas fronteiras de suas cidades, mediante o pagamento de taxas, o que atraiu grupos e seitas que fugiam das perseguições medievais, tanto ocidentais como orientais.

Como observa Alfonso-Goldfarb,

Muitos se converterão à nova fé visando o não-pagamento de impostos e a possibilidade de alcançar altos postos na escala do poder, reservados aos maometanos. Outros preservarão sua Fé, mas, incentivados pela benevolência dos mandantes, manterão vínculos de cooperação com estes, ensinando-lhes os segredos práticos de suas artes ou oferecendo-lhes seus préstimos de tradução, onde a palavra escrita tivesse que ser desvendada. Enfim, abrindo suas culturas ao Islã (ALFONSO-GOLDFARB, 2005, p. 75).

É, portanto, nesse mosaico cultural que alquimia árabe ou islâmica, do século VIII ao XIII, irá se constituir. Um dos nomes que mais se destacam nesse universo é o de Jabir (720-815) que apresenta a “Teoria dos Balanços”, sobre o equilíbrio de qualidades, a partir da teoria aristotélica modificada, pois,

considera a existência inicial de quatro “qualidades elementares”, ou “naturezas”, o calor, o frio, o seco, o úmido; quando estas “qualidades” se combinam com a “substância” formam os “compostos de primeiro grau”: quente, frio, seco e úmido; a união de dois “compostos de primeiro grau” dá origem aos quatro **elementos**: fogo (+calor+seco+substância), ar (=calor+úmido+substância), água (=frio+úmido+substância), terra (=frio+seco+substância) (MAARS, 1999, p. 109).

Relacionada a essa teoria, tem-se a “teoria do enxofre-mercúrio” dos metais, influenciada pela alquimia chinesa, em que todos os metais apresentam duas propriedades internas e duas externas: o chumbo é frio e seco externamente e quente e úmido internamente, já as propriedades do ouro são inversas.

Para Jabir, os metais, influenciados pelos elixires, formam-se a partir da combinação do enxofre (quente e seco) e do mercúrio (frio e úmido). Essa combinação também poderia promover a “transmutação” de metais menos nobre em ouro – a perfeita combinação.

A alquimia européia no medievo com Roger Bacon

Trazida pelos árabes, a alquimia entra na Europa no período medieval, sobretudo com as Cruzadas (que tinham o objetivo de expulsar os árabes das terras santas), mais precisamente pela Sicília que estivera sob o domínio árabe de 902 a 1091 e, principalmente, pela Espanha parcialmente dominada de 711 a 1492.

A reconquista de regiões dominadas pelos árabes em que, segundo Alfonso-Goldfarb (2005), populações fronteiriças e comunidades de cristãos que viviam no mundo árabe ou, ainda,

comunidades judaicas que conviveram com os mulçumanos, inserem uma grande quantidade de europeus medievais na arte da tradução. Com isso, passam a partilhar daquela cultura e trazem para a europa os “textos gregos de Aristóteles, Ptolomeu, Euclides, dos médicos gregos, de Avicena, de astrônomos, astrólogos, matemáticos e alquimistas”. (CHASSOT, 1994, p. 65-66).

Roger Bacon foi o representante do medievo que difundiu o pensamento alquímico pela Europa de forma mais sistematizada. De origem abastada teve o privilégio de estudar e lecionar em Oxford, ligando-se depois ao clero por meio da ordem dos franciscanos.

Os estudos de Roger Bacon tinham um caráter organizador do saber da época, de tal forma que ele pretendia formar uma escola para trabalhadores, organizada a partir de suas ideias filosóficas, para “produzir obras práticas e ensinamentos que viessem a ajudar os discípulos de Cristo na sua árdua tarefa de evangelização” (ALFONSO-GOLDFARB, 2005, p. 114).

Apesar dessa característica sistematizadora de R. Bacon, bastante valorizada na ciência moderna, ele vivia em um mundo analógico de signos e símbolos, sendo também esse o entendimento que possuía. Como destaca Alfonso-Goldfarb, para R. Bacon,

o primeiro passo para a “ciência experimental” é a crença. (...)

O conhecimento baseado no senso comum tem, portanto, validade efetiva num primeiro estágio da “ciência experimental”. (...)

Desta forma, os conhecimentos dos homens práticos estaria acima daquele contido na ciência livresca ou teórica. Os artesãos, alquimistas e magos (...) seriam os mais aptos a exercer o comando do trabalho científico (ALFONSO-GOLDFARB, 2005, p. 116).

Integrante do clero, com seus trabalhos dirigidos ao papa Clemente IV, Bacon adquiriu prestígio suficiente, como aponta Alfonso-Goldfarb (2005), para contribuir na difusão e fixação de uma atitude mais reflexiva do conhecimento alquímico entre os latinos. Seu nome também estava ligado ao movimento de teorização do conhecimento prático, em oposição à escolástica que prevalecia no período, por isso, pode ser considerado um precursor do “experimentalismo”.

A Europa do século XIV é marcada por guerras, fome, peste e uma enormidade de doenças que chega a dizimar um terço da sua população. Por isso, os conhecimentos alquímicos passam a ser utilizados para enfrentar tais problemáticas, sobretudo as da medicina, conhecida como Iatroquímica. Nessa relação entre a alquimia e a medicina, aparece o nome de Philippus Anreolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim Paracelsus.

A visão da medicina nessa época, ainda estava bastante impressionada pelo pensamento grego, dos quatro elementos, como demonstra Porto (1997):

A teoria médica mais difundida na época via o corpo humano saudável como o resultado do perfeito equilíbrio entre os *quatro humores* que o constituiriam. Estes humores estariam relacionados com a clássica doutrina dos *quatro elementos* e *quatro qualidades primárias*. Assim, os quatro humores, e as quatro qualidades respectivamente predominantes em cada um deles, seriam: sangue (quente), fleuma (úmido), bílis amarela (seco) e bílis negra (frio) (PORTO, 1997, p. 569, grifos do autor).

O Suíço Paracelso, ligado ao grupo de médicos que, segundo Tavares (2010), buscavam aproximações entre as concepções árabes e uma medicina mais empírica e pragmática, era contrário à ideia dos quatro elementos e entendia que o homem era constituído por três princípios: sal, enxofre e mercúrio¹. Para ele, o acometimento por uma doença seria resultado do desequilíbrio entre os três princípios, mas poderia curada por remédios minerais.

¹ Enxofre – princípio fixo - representa as propriedades ativas - combustibilidade, a ação corrosiva, o poder de atacar os metais, e também o princípio ativo ou masculino, o movimento, a forma, o quente.

Mercúrio – princípio volátil - representava as propriedades passivas - maleabilidade, brilho, fusibilidade, a fraca tensão de vapor, o escorregadio que toma várias formas e o fugidio, e também outros aspectos como: o princípio passivo ou feminino, o inerte, o frio.

Sal – também conhecido por arsênico - é o meio de união entre as propriedades do Mercúrio e as do Enxofre, como uma força de interação, muitas vezes associado à energia vital, que une a alma ao corpo. No ser humano, o enxofre seria o corpo

Paracelso e os seus discípulos têm por objetivo, como aponta Alfonso-Goldfarb (2005), fazer valer a sua cosmologia da alquimia mística contrária à visão aristotélica. Nela pode-se perceber a religião explicando a matéria, na qual a divina trindade se fazia presente nos elementos – mercúrio/espírito, enxofre/alma e sal/corpo, ou água/caos *primevo* – constituindo um só corpo.

Esse caminho seguido pela alquimia mística, como destaca Alfonso-Goldfarb (2005) passa a despertar o interesse dos dissidentes da Igreja Católica com a Reforma Protestante que buscavam inteirar-se de conhecimentos condenados pela igreja.

Um novo sistema de universo: a Química de Boyle e o Mecanicismo

O século XVII nasce com uma efusão de novas ideias contrapondo-se ao sistema cosmológico aristotélico. Nesse contexto é destaque René Descartes, para quem o universo é “um contínuo de matéria, totalmente redutível a partículas infinitamente divisíveis, cuja relação entre si é explicada em termos mecânicos de movimento perfeitamente quantificável” (ALFONSO-GOLDFARB, 2005, p. 155).

Ou, como observa Chauí, Descartes considera que

a realidade natural é regida por leis universais e necessárias do movimento, isto é, que a natureza é uma realidade mecânica. Considera também que as leis mecânicas ou leis do movimento elaboradas por sua filosofia ou por sua física são ideias racionais deduzidas de ideias inatas simples e verdadeiras (CHAUÍ, 2000, p. 74).

Também nesse período está Francis Bacon, referência importante para o positivismo, o qual propõe que as teorias gerais sobre a natureza são obtidas indutivamente a partir de uma série sistemática de experimentos. Para ele:

O mecânico, não se perturbando com a investigação da verdade, confina sua atenção àquelas coisas que pertencem ao seu trabalho específico... mas só haverá boa expectativa para o futuro avanço do conhecimento a partir do momento em que forem recolhidos e postos no contexto da história natural, uma variedade de experimentos, que não têm utilidade neles mesmos, mas servem simplesmente para a descoberta de causas e axiomas (BACON apud ALFONSO-GOLDFARB, 2005, p. 156).

Nesse momento histórico, tem-se ainda Galileu, que concebia a realidade como um sistema racional de mecanismos físicos descrito pela matemática. Galileu afirma que o “livro do mundo está escrito em caracteres matemáticos” (CHAUÍ, 2000, p. 47).

As ideias desses três pensadores caracterizam a chamada ciência clássica, ou o mecanicismo ou a mecânica, por meio da qual

são descritos, explicados e interpretados todos os fatos da realidade: astronomia, física, química, psicologia, política, artes são disciplinas cujo conhecimento é de tipo mecânico, ou seja, de relações necessárias de causa e efeito entre um agente e um paciente (CHAUÍ, 2000, p. 47).

Em tal contexto está inserido Robert Boyle, considerado um dos precursores da introdução do pensamento mecanicista no que irá se constituir em ciência Química. Ele rompe com a cosmovisão alquímica demonstrando que os três princípios (sal, enxofre e mercúrio) ou quatro elementos (água, terra, ar e fogo, este último relacionado ao que denominamos hoje de energia; elementos estes correlacionados, respectivamente, com os estados líquido, sólido, gasoso) podem ser decompostos, então a matéria não era formada exclusivamente por tais componentes. Como observa Frezzatti Jr., com a “introdução do mecanicismo na Química, não queremos significar com isso a introdução do cartesianismo puro na Química, mas sim da homogeneização e matematização dos processos de transformação da matéria” (FREZZATTI JR., 2005, p. 141, em

físico; o mercúrio, a alma e o sal, o espírito mediador. Fonte: CORRÊA, Anderson Domingues. **A Alquimia e os Verdadeiros Alquimistas**. Disponível em <<http://sites.google.com/site/sabiosalquimistas/principios>>. Acesso em 28/09/2010.

nota de rodapé). Apesar de ele admitir a existência de substâncias e de misturas decomponíveis, não admitia que as primeiras pudessem ser reduzidas a partes menores.

Boyle indica "que os sistemas materiais terrestres poderiam ser formados macroscopicamente, por misturas (de substâncias) ou por uma única substância que, por sua vez, podia ser "um corpo perfeitamente sem mistura" (substância simples) ou "um corpo perfeitamente misturado" (substância composta)" (HOLTON; ROLLER, 1963 apud FURIÓ; DOMÍNGUEZ, 2007, p. 242).

Assim, como ressalta Frezzatti Jr., Boyle entende a

diversidade dos **corpos** e suas modificações através da desigualdade de forma, grandeza, estrutura e movimento (no vácuo) de corpúsculos. Um conjunto homogêneo de entidades recebe características invariáveis que permitem explicar e prever o comportamento de determinado objeto. Em outras palavras, o mecanicismo tenta explicar o mundo visível através de um mundo invisível: as partículas, seus atributos geométricos, seu movimento (FREZZATTI JR., 2005, p. 141, grifo meu).

Boyle é considerado o precursor do que se entende ainda hoje por "análise química" (CHAGAS, 1986) por ter desenvolvido muitos testes de caráter qualitativo. Com isso, os elementos resultantes das análises químicas eram, para ele, "os verdadeiros limites extremos da análise química" (MASON, 1964 apud OKI, 2002, p. 23).

Essa interpretação dada por Boyle à estrutura da matéria implica em reavaliar a ideia da transmutação alquímica, uma vez que seria a reorganização desses "corpos" o motivo da ocorrência das transformações químicas.

O Flogístico, Lavoisier e uma nova química do século XVIII ao XIX

No século XVIII coexistiam pelo menos duas ideias que tentavam explicar como o comportamento da matéria. A defendida pelo grupo de Georg Ernst Stahl, formulador da teoria do Flogístico (do grego *phlogiston* = inflamar-se), o qual se inspirou nos trabalhos de seu professor Joahann Becher. Tal conceito foi elaborado por volta de 1700, em que, segundo Maars (1999) o flogístico era considerado o responsável pela combustibilidade, de modo que submetendo os metais e substâncias combustíveis a processos de combustão ou calcinação o flogístico era liberado.

Outra ideia de destaque nesse período foi àquela advinda do grupo de Lavoisier, que "defendia que a combustão, a calcinação (por exemplo, na ferrugem) e a respiração estavam envolvidas na absorção de oxigênio" (Thagard, 2007, p. 266). Nunca é demais lembrar que por seus trabalhos Lavoisier é considerado "o sistematizador e quantificador da química" (FILGUEIRAS, 1995, p. 220), e como bem destaca Oki (2002), por meio de sua obra: *Tratado Elementar de Química*, "usou meios empíricos para contestar os conceitos antigos, herdados de Aristóteles e dos alquimistas. Ele adotou o conceito introduzido por Boyle, dando-lhe uma existência concreta e precisa" (OKI, 2002, p. 23).

O trabalho de Lavoisier, como aponta Frederic Lawrence Holmes, englobou

a substituição de um sistema químico por outro baseado numa nova teoria geral da combustão; um novo método de análise química baseada na convicção de que nada é ganho ou perdido numa operação química (...) (HOLMES, 1983 apud FILGUEIRAS, 1995, p. 220).

Filgueiras (1995), citando Paul Thagard, resume a diferença conceitual entre as ideias de Stahl e de Lavoisier em relação a:

(I) os processos de calcinação de um metal

Stahl: metal \longrightarrow cal + flogístico (metal = composto)

Lavoisier: metal + oxigênio \longrightarrow cal (metal = elemento)

Hoje: metal + oxigênio \longrightarrow óxido de metal (MAARS, 1999, p. 477)

(II) a combustão do hidrogênio

Stahl: ar inflamável → cal + flogístico (ar inflamável = composto)
Lavoisier: hidrogênio + oxigênio → água (hidrogênio = elemento)

Cabe destacar que ao que Lavoisier chamava de elemento tem relação com o que se entende por substância simples, que já vinha sendo estruturada desde o século anterior.

Como apontam Furió e Dominguez (2007, p. 245), a partir do trabalho de Lavoisier, as reações químicas passam a ser compreendidas ao nível macroscópico, tomando como referência as substâncias reagentes e produtos – incluindo os gases – pela conservação dos elementos químicos (para ele substâncias simples) e da massa.

Oki (2002) destaca que Lavoisier, apesar da importância de seu trabalho, comete alguns equívocos como incluir o calórico e a luz como elementos que não podem ser “pesados”, trazendo embutidos resíduos de uma química qualitativa. Além de usar diferentes denominações para elemento químico, tais como: princípio, elemento, substância simples e corpo simples.

Ainda, de acordo com Furió e Dominguez (2007), a química só iria se estruturar com ciência moderna quando passa a considerar uma nova ontologia sobre as substâncias e os fenômenos químicos. Ela deveria ser compatível com uma estrutura corpuscular microscópica podendo, com isso, explicar as propriedades físicas gerais dos gases.

Somente a partir das contribuições de John Dalton, no século XIX, é que se passa a ter um corpo de explicações teóricas que viabilizam “uma representação microscópica geral das substâncias, em qualquer estado, e das mudanças substanciais nas reações químicas (...)” (FURIÓ; DOMINGUEZ, 2007, p. 245).

Estilos de Pensamento e Obstáculos Epistemológicos na Construção do Conceito de Substância

Ao se tomar como referência o pensamento de Bachelard, especialmente quando ele alerta que o conhecimento se constrói observando os erros cometidos no passado, isso implica dizer que a compreensão que se tem no presente a respeito de um determinado objeto também se constitui em possível erro, contudo ele só será percebido como tal no futuro.

Para Bachelard e Fleck, realistas críticos, o conhecimento do presente explica com mais propriedade ou dá respostas mais completas do que as respostas do passado às perguntas feitas sobre determinados problemas. Então, sendo o conhecimento sobre certo objeto de estudo um construto histórico, a verdade sobre tal objeto não está dada nem no passado nem no presente, mas é foco constante de investigação crítica para melhor conhecê-la no futuro.

Assim, no caso do conceito de substância, é possível destacar que perguntas têm motivado a busca pelo conhecimento, por exemplo: do que são constituídos os materiais, os objetos que nos rodeiam? As respostas apresentadas se estabelecem a partir das ideias circulantes em cada momento da história, ou seja, se relacionam ao Estilo de Pensamento vigente que circula no coletivo que enuncia e, até mesmo, anuncia a(s) resposta(s) do problema.

Com isso, a resposta dada pelos pré-socráticos se prendia à cosmovisão vitalista-materialista, que usava a “matéria primordial”, seja o fogo, a água, o ar, para entender como é constituída a matéria em seus diferentes estados. Tal era a força dessa ideia que até o imaterial – sonhos, pensamentos, etc. – tendia a ser explicado por esse EP.

Como essa proposição continha em si uma contradição a uma concepção maior presente no pensamento dos atomistas gregos, a impossibilidade do vácuo, outra explicação ao mesmo problema é apresentada – a dos quatro elementos, gerando com isso uma nova pergunta: o que mantém unido esses elementos que formam a matéria?

As diversas explicações dadas a essas duas perguntas sempre denotam o EP que as orientam, quer seja a visão dualista – amor e ódio, ou um quinto elemento – o éter de Aristóteles, e a transmutação entre os elementos que constituem toda a matéria.

Tais ideias se enraízam de maneira tão intensa que de forma mais ou menos evidente se mantém ao longo dos séculos, passando a se constituir em um obstáculo epistemológico. Nessa situação, a ideia da transmutação irá perdurar, pelo menos de forma mais claramente percebida, até o século XVII.

A transmutação², tida como a intenção de transformar metais em ouro, se referindo às propriedades desse, trás o fundamento do que vem a ser o obstáculo substancialista, pois tais propriedades se prolongariam da matéria macroscópica até a sua essência. Então, o que os alquimistas e os pós-alquimistas do século XVII e até mesmo no XVIII, pretendiam era propor processos laboratoriais para transformar a matéria elevando-a a um *status* de qualidades superiores, representado pelo ouro. Para isso, tinham que propor respostas à questão sobre a constituição da matéria.

Apesar da visão alquimista no entendimento do mundo se estender por séculos, é possível observar com Boyle uma ruptura entre os estilos vigentes à época em busca de superar aquele Obstáculo Substancialista estabelecido.

Ao propor que a matéria não era constituída pelos quatro elementos e pelos três princípios e sim por substâncias compostas desmembráveis em simples, sendo essas últimas não decomponíveis, Boyle estrutura as bases de uma cosmovisão macroscópica da estrutura da matéria em que as substâncias simples obtidas analiticamente seriam os limites da matéria, refazendo assim o obstáculo substancialista.

Com o trabalho sistematizador de Lavoisier as ideias de Boyle são refinadas, promovendo também a desestruturação das concepções do flogístico que revivia, em certa medida, a visão alquímica do mundo adicionando a ela um forte caráter religioso.

Contudo, o entendimento dado por Lavoisier ao que ele chamou de “elemento”, localiza-o no mesmo estilo de pensamento no qual a ideia macroscópica prevalecia assim, elemento para ele era o mesmo que se chama de substância simples. Essa ontologia dos constituintes mínimos da matéria se manterá até o século XIX quando o modelo de Dalton proporá uma visão microscópica do mundo.

Mesmo com tais rupturas em relação ao entendimento aristotélico e do alquímico, o obstáculo substancialista permanece enquanto se mantém a explicação ao nível macroscópico da estrutura mínima da matéria. Isso só começaria a ser superado a partir da mecânica quântica, uma vez ficará vencida a ideia de que as propriedades da substância são a própria substância.

O que se pode vislumbrar com a reconstituição histórica do conceito de substância é que a frequente confusão entre substância e elemento, da mesma forma como se apresenta nos materiais didáticos e nas práticas docentes não é algo simples de ser resolvido. Tal situação talvez possa ser melhor compreendida a partir da identificação dos diferentes estilos de pensamento que levaram a manutenção e formulação de distintos modelos explicativos constituindo, com isso, os erros epistemológicos cometidos no passado.

² A transmutação seria o processo pelo qual um objeto tem sua essência substituída por outra; por exemplo, quando o metal transforma-se em vidro ou pedra e a pedra em carvão. Apesar de poder ocorrer com qualquer material, a transmutação de metais seria o grande segredo da natureza, muito difícil de se realizar, embora não fosse contrário nem à natureza nem a Deus. Os metais são classificados como perfeitos (ouro e prata) e imperfeitos (cobre, ferro, estanho, chumbo, etc.). A produção de metais perfeitos com base em metais imperfeitos só seria possível por meio da Pedra Filosofal (FREZATTI, 2005, p. 146).

Entretanto ao não se denotar como os problemas foram sendo resolvidos no decorrer da história da humanidade, o que se pode observar no ensino de química, por meio das práticas pedagógicas e dos materiais didáticos, é a disseminação da concepção de que a química e seus objetos se resumem a memorização de fórmulas e a explicações lógico-matemáticas dos fenômenos.

Então, organizar o ensino de química partindo da fenomenologia dessa ciência poderia ser uma forma que tem relação com os processos de evolução dos conceitos estudados pela história das ciências. Isso implicaria dizer como apontam Fiorentini e Roletto (2000), que talvez fosse necessário adequar o conceito de substância ao nível de compreensão que possam ter os alunos de ciências/química em seus diferentes estágios de aprendizagem, utilizando uma visão macroscópica para as séries finais do ensino fundamental até se aproximar da concepção microscópica, como vige nos tempos atuais, no ensino médio.

Referências

- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **Da alquimia à química: um estudo sobre a passagem do pensamento mágico-vitalista ao mecanicismo**. São Paulo: Landy, 2005.
- ARAÚJO, D. X. de; SILVA, R. R.; TUNES, E. O conceito de substância em química apreendido por alunos do ensino médio. **Química Nova**, v. 18, n. 1, p. 80 – 90, 1995.
- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico** - contribuição para uma psicanálise do conhecimento. RJ: Contraponto, 2003.
- BACHELARD, Gaston. **O materialismo racional**. São Paulo: Edições 70, 1990.
- BACHELARD, Gaston; LECOURT, Dominique. **Epistemologia: trechos escolhidos por Dominique Lecourt**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.
- CHAGAS, Aécio Pereira. Alguns aspectos da química no século XVII. **Química Nova**, v. 9, p. 268, 1986.
- CHASSOT, Attico. **A ciência através dos tempos**. São Paulo: Moderna, 1994.
- CHAUÍ, Marilena. **Convite à Filosofia**. São Paulo: Ática, 2000.
- DELIZOICOV, Demétrio; et al. Sociogênese do Conhecimento e Pesquisa em Ensino: Contribuições a partir do Referencial Fleckiano. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n.1. Florianópolis: UFSC, 2002.
- FILGUEIRAS, C. A. L. “A revolução química de Lavoisier: uma verdadeira revolução?”. **Revista Química Nova**, v. 18, n. 02, 1995, p. 219-224.
- FIORENTINI, Carlo; ROLETTO, Ezio. Ipotesi per il curricolo di chimica. **CnS - La Chimica nella Scuola**, Novembre - Dicembre 2000, p. 158-168.
- FLECK, Ludwik. **La Génesis y el Desarrollo de un Hecho Científico**. Madrid: Alianza Editorial, 1986.
- FLECK, Ludwik. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.
- FREZZATTI JR., Wilson A. Boyle: A Introdução do Mecanicismo na Química. **Varia Scientia**, Cascavel, v. 5, n. 9, p. 139-156, 2005.
- FURIÓ, Carles M.; DOMÍNGUEZ, Consuelo. S. Problemas Históricos y Dificultades de los Estudiantes en la Conceptualización de Sustancia y Compuesto Químico. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 25, n. 2, p. 241-258, 2007.
- HESSSEN, J. **Teoria do Conhecimento**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

- MAARS, Juergen Heinrich. **Pequena História da Química**. Florianópolis: Papa-Livro, 1999.
- OKI, Maria da Conceição Marinho. O Conceito de Elemento da Antiguidade à Modernidade. **Qnesc**, n. 16, nov., 2002, p. 21-25.
- PORTO, Paulo A. Os Três Princípios e as Doenças: A Visão de dois Filósofos Químicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 20, n. 5, p. 569-572, 1997.
- ROCHA-FILHO, R. C.; et. al. Ensino de Conceitos em Química: III. Sobre o Conceito de Substância. **Química Nova**, v. 11, n. 4, out. 1988.
- ROMANELLI, L. I. O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito de átomo. **Qnesc**, n. 03. São Paulo: 2006.
- SILVEIRA, Marcelo P. **Uma análise epistemológica do conceito de substância em Livros Didáticos de 5ª e 8ª séries do Ensino Fundamental**. Dissertação de Mestrado - Instituto de Química, Instituto de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- SILVA, Nilma Soares da; AGUIAR, Orlando. 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. 3, 2008.
- TAVARES, Leandro Henrique Wesolowski. Possibilidades de deformação conceitual nos livros didáticos de Química brasileiros: o conceito de substância. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 3, 2009, p. 1004-1018.
- THAGARD, Paul. A estrutura conceitual da revolução química. Trad. Marcos Rodrigues da Silva e Miriam Giro. **Princípios**, UFRN, CCHLA, Natal (RN), v. 14, n. 22, jul./dez. 2007, p. 265-303.