

MAPEANDO AS RELAÇÕES ENTRE CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE (CTSA) POR MEIO DOS BIO-OBJETOS

Francisco Ângelo Coutinho
(Universidade Federal de Minas Gerais)
Santer Álvares de Matos
(Universidade Federal de Minas Gerais)
Fábio Augusto Rodrigues e Silva
(Universidade Federal de Ouro Preto)

Fomento: CNPQ e FAPEMIG

RESUMO: Este artigo traz uma discussão, fundamentada na Teoria Ator-Rede, sobre os estudos da abordagem de ensino CTSA. Nesse trabalho, evidenciamos que os assuntos e temas estudados nas ciências são o resultado de um entrelaçamento de elementos e atores, que para sua compreensão exigem a criação de novas entidades, que não permitem a distinção entre categorias como social e natural. Alguns desses novos objetos são denominados bio-objetos, um conceito que identifica híbridos. Esse conceito se constitui em uma ferramenta heurística para os processos de ensino e aprendizagem de ciências e biologia, pois possibilitam evidenciar as múltiplas associações entre os elementos sociais, econômicos, científicos e tecnológicos e permitem nos distanciar de uma noção essencialista de mundo.

Palavras-chave: Abordagem CTSA, Teoria Ator-Rede, Bio-Objetos

1. Introdução

Os estudos sobre a perspectiva de ensino em uma abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)¹ surgiram na década de 1970, fortemente apoiados por questões de interesse sociais e políticos iniciados durante a Segunda Grande Guerra (AIKENHEAD, 1994a). Um dos primeiros artigos nessa vertente foi escrito por Gallagher (1971). No artigo, Gallagher defende que para

[...] os futuros cidadãos em uma sociedade democrática, a compreensão das inter-relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade pode ser tão importante quanto a compreensão dos conceitos, processos e fenômenos das Ciências da Natureza. (GALLAGHER, 1971, p.337 – tradução nossa).

Debates públicos internacionais ampliaram-se na década de 1970, focados nas discussões de como os conhecimentos científicos implicavam em assuntos sociais. As reflexões de tais discussões ocasionaram a inserção da temática CTSA no ensino de Ciências, objetivando a educação de estudantes capazes de emitir opinião sobre questões relacionadas à Ciência e Tecnologia, bem como compreender os efeitos destas na sociedade e no ambiente. Atualmente, trabalhos que investigam a abordagem CTSA tem se mostrado cada vez mais presentes na literatura de Educação em Ciências

¹ Inicialmente, esta abordagem era conhecida como ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Mais tarde, houve uma modificação para incluir também o ambiente, tornando-se CTSA. No presente artigo, adotamos a sigla mais recente.

(SANTOS e AULER, 2011). No entanto, muitos ainda são os desafios do ensino CTSA na abordagem de temas sociocientíficos (BERNARDO *et al.*, 2011).

Pesquisas empíricas têm demonstrado a importância da capacitação de cidadãos em relação às perspectivas CTSA (MARTINS e PAIXÃO, 2011; AULER, 2011). Santos e Auler (2011) reforçam a importância da inserção, na formação docente, de discussões que possibilitem a reflexão sobre o ensino de Ciências na abordagem CTSA. Entretanto, o que se tem observado é que a incorporação dos pressupostos dessa abordagem nos currículos tem sido realizada de forma lenta (DAGNINO *et al.*, 2011), com os temas sociais e tecnológicos sendo abordados como assuntos complementares ou como curiosidades. O que nos leva a revisitar os seus referenciais teóricos na busca de compreender quais são os entraves que impedem a sua efetiva utilização nos processos de ensino e aprendizagem.

Então, iniciamos essa busca, pela seguinte pergunta: o que é o ensino na perspectiva CTSA? Para Aikenhead (1994b), essa abordagem consiste na inserção integral das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade nos diversos conteúdos de Ciências. Assim, possibilita-se a formação de estudantes/cidadãos cientificamente e tecnologicamente alfabetizados e competentes para exercerem um papel ativo e consciente na sociedade. Nessa mesma perspectiva de ensino, diz Santos,

[...] é o desenvolvimento de uma cidadania responsável – uma cidadania individual e social para lidar com problemas que têm dimensões científicas e tecnológicas, num contexto que se estende para além do laboratório e das fronteiras das disciplinas. Tomar a ciência revestida de mais significado para o aluno, de forma a prepará-lo melhor para lidar com as realidades da vida atual e para poder planificar o seu próprio futuro, é uma das suas aspirações básicas (SANTOS, 1998, p.25).

Ao longo de sua trajetória o movimento CTSA estabeleceu diversos objetivos e estratégias de ensino e de aprendizagem, sempre assentado em uma compreensão mais ampla de ensinar a ciência enquanto processo e produção humana e, portanto, não como um conjunto de verdades eternas a serem recitadas como um mantra. Basicamente, tais propostas procuram romper com a ênfase em uma educação conteudista – na qual os estudantes memorizam um conjunto enorme de conceitos e processos – mas que, ao final, trata de assuntos sem o menor valor para as suas vidas e para a sua formação enquanto cidadãos. Mais especificamente, o movimento CTSA parte da ideia de que os elementos Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente desempenham importante influência um sobre o outro e que, portanto, existe uma relação entre eles. Porém, podemos perguntar, qual é exatamente a natureza dessa relação? Mais especificamente, o que significa dizer que Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente mantêm relações entre si? Esta pergunta será respondida recorrendo-se ao trabalho analítico da modernidade, realizado por Bruno Latour. Uma vez desvelada a natureza das relações, nos perguntamos: como desenvolver estratégias de ensino nas aulas de ciências e biologia que favoreçam uma compreensão das intrínsecas associações entre os elementos científicos, sociais, tecnológicos e ambientais? Para responder a essa segunda questão, recorreremos ao conceito de bio-objetos.

2. A antropologia dos modernos como enquadramento teórico-metodológico

Nossa busca pela compreensão das relações entre os elementos Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente assenta-se sobre os trabalhos de antropologia dos modernos, realizados por Bruno Latour (1993). Esta escolha justifica-se, por um lado, pela leitura feita atualmente de Bruno Latour e que o coloca entre os mais proeminentes analistas da ciência e do que se convencionou chamar de modernidade (HARMAN,

2009; BLOK e JENSEN, 2011). Por outro lado, seu pensamento encontrou acolhimento em outros autores situados dentro do campo dos estudos de ciências e sofreu desdobramentos que estabeleceram uma área de pesquisas sobre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, conhecido como *Teoria Ator-Rede*². Esta teoria, atualmente, coloca-se como uma forte ferramenta teórico-metodológica em campos tão diversos quanto a arqueologia, o turismo, a economia, a filosofia, a administração, a psicologia, e, entre outros, obviamente, a sociologia e a antropologia³. Embora Latour seja mais conhecido no campo de educação em ciências por seus trabalhos de etnografia do laboratório (LATOURE e WOOLGAR, 1986 [1979]) e da produção tecnocientífica (LATOURE, 1987), devemos apontar que estes trabalhos situam-se dentro de uma agenda mais ampla⁴ cuja intenção maior é responder à questão: "o que é um Moderno?" (LATOURE, 1993, p. 10). Por isto, nossa investigação estabelece como chave de leitura de Latour sua análise da modernidade.

Ao invés de derivar sua pesquisa a partir da hermenêutica dos grandes pensadores e intelectuais, como o fizeram, por exemplo, Habermas (1987) e Vattimo (1985), Latour procura entender o mundo moderno como um antropólogo e, enquanto tal, desloca-se para os espaços onde se desenrolam nossas vidas. É com este propósito que Latour instala-se em laboratórios (LATOURE E WOOLGAR, 1986), em tribunais (LATOURE, 2009) ou acompanhando cientistas em trabalhos de campo, enquanto estes procuram resolver controvérsias científicas (LATOURE, 1999, pp. 24-79).

A escolha da antropologia como inspiração e abordagem metodológica se deve, segundo Latour, ao fato de ser esta a ciência que é capaz de ligar uma ampla variedade de diferentes temas. A partir da análise de um texto do antropólogo Philippe Descola, que descreve o povo Achuar, Latour mostra como em um pequeno trecho os antropólogos são capazes de falar sobre

[...]a definição das forças em jogo, a distribuição de competências entre os seres humanos, deuses e animais não-humanos; os procedimentos para chegar a acordos; as conexões entre religião e poder; antepassados; cosmologia; direitos de propriedade; a taxonomia de plantas e animais (LATOURE, 1993, p. 14, tradução nossa).

A aspiração de Latour é fazer algo similar. Ele almeja definir a modernidade falando de muitas e diferentes coisas ao mesmo tempo (BLOK e JENSEN, 2011, p. 54). Isto porque, segundo ele, qualquer coletivo mobiliza, em sua composição, o céu, a terra, os corpos, as ferramentas, as almas, os bens, os deuses, o direito, os ancestrais, as forças naturais, os animais, as crenças e as bestas (LATOURE, 1993, p. 107). Todos estes elementos operam dentro de uma matriz antropológica que jamais abandonamos. No entanto, os diversos coletivos diferem bastante quanto ao modo com que repartem os seres, suas propriedades e as relações que são aceitáveis entre eles. A questão então é: o que caracteriza este coletivo ao qual chamamos de modernidade?

Para responder a esta questão, Latour introduz um experimento de pensamento⁵ segundo o qual haveria uma *Constituição* que estabelece as regras do pensamento e da ação dos modernos (LATOURE, 1993, p. 13). Em seu experimento de pensamento,

² Esta teoria será caracterizada mais adiante.

³ Para a influência da obra de Latour e da teoria ator-rede, veja-se, por exemplo, Blok e Jensen (2011, p. 21), Cerulo (2009), Dolwick (2009), Fenwick e Edwards (2012).

⁴ Veja-se Blok e Jensen (2011, p. 52).

⁵ A expressão *experimento de pensamento* é introduzida por Blok e Jensen (2011, p. 54) para caracterizar umas das estratégias metodológicas de Latour. Segundo os autores, esta expressão se justifica pelo fato de Latour procurar sumarizar como *tudo* (política, religião, ciência, etc.) tem sido configurado em todo o mundo Ocidental desde meados do século XVI. Deste modo, Latour precisa realizar uma extensiva seleção de ideias e teorias, e articular sua caracterização da modernidade em termos altamente abstratos.

Latour imagina que esta Constituição moderna age como uma constituição política, atuando como um tipo de lei comum, prescrevendo certas divisões de poderes, direitos e garantias. Esta Constituição moderna define nossa visão da natureza, da ciência, da sociedade, da religião e muito mais (BLOK e JENSEN, 2011, p. 54). Assim, Latour se propõe a desvelar esta Constituição dos modernos, tal como Descola havia feito em relação à vida dos Achuar.

Por onde começar uma análise desta Constituição moderna? Latour (1993, p. 1) começa com a leitura de um jornal francês contemporâneo⁶. Por exemplo, ao ler uma reportagem sobre buracos na camada de ozônio, aprende-se primeiro sobre os químicos e as medidas que eles realizam acerca dos gases presentes nas regiões atmosféricas que estão acima dos polos da Terra. Em seguida, na mesma reportagem, lê-se sobre as modificações que as multinacionais estão realizando em suas linhas de produção para substituir os clorofluorcarbonetos (CFC), que contribuem para a rarefação da camada de ozônio. A reportagem evolui discorrendo sobre substâncias químicas, *freezers*, tipo de gases e padrões de consumo. As discussões entre os chefes de Estado entram na história, junto com os acordos internacionais, os direitos das gerações futuras e protestos do movimento ambientalista. Conforme esta narrativa, podemos construir a figura 1. Veja-se que todos os atores e entidades encontram-se imbricados em uma complexa rede de interações.

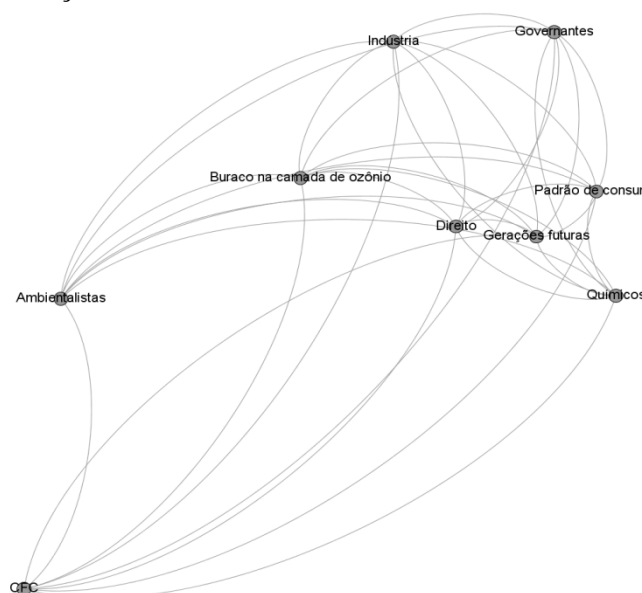


Figura 1. Rede de interações da reportagem analisada por Latour. (Figura construída com o programa GEPHI[®]).⁷

Diz Latour,

O mesmo artigo combina as reações químicas e reações políticas. Um único fio liga as ciências mais esotéricas e as políticas mais sórdidas, o céu bem distante e um pouco de uma fábrica nos subúrbios de Lyon, perigos em escala global e as eleições locais iminentes ou a próxima reunião do conselho. Os horizontes, as apostas, os prazos, os atores - nenhum deles é comensurável, ainda lá estão eles, capturados na mesma história (LATOUR, 1993, p. 1, tradução nossa).

⁶ Latour, sem citar a referência, lembra a famosa analogia feita por Hegel da leitura do jornal à oração matinal do homem moderno. Para a atribuição de autoria desta analogia a Hegel, veja-se Carey (1998).

⁷ Imagem construída unicamente com intenção ilustrativa. Portanto, não foram atribuídos pesos estatísticos aos tamanhos de nós e arestas.

Latour sugere que uma análise como esta apresenta um paradoxo estranho. Por um lado, percebemos um intrincado entrelaçamento de toda sorte de elementos e atores. No caso em questão, a camada de ozônio está interconectada às pesquisas dos químicos, à linha de montagem das indústrias, às decisões políticas dos países industrializados, ao padrão de consumo dos países desenvolvidos, ao movimento ambientalista e, até mesmo, ao Direito e a preocupação com as gerações futuras, ou seja, com pessoas que ainda não nasceram. Latour cita ainda a AIDS, chips de computadores, ovelhas clonadas, doença da vaca-louca, organismos geneticamente modificados, embriões congelados, dentro de uma incontável lista de outros exemplos de tais fenômenos e elementos híbridos. No entanto, por outro lado, um aspecto fundamental do mundo moderno foi justamente estabelecer categorias rígidas que nos obrigam a distinguir entre conhecimento e interesse, justiça e poder, o social e o natural, ciência e tecnologia. De modo mais claro, haveria na modernidade uma postura metafísica essencialista segundo a qual o mundo deve ser dividido em categorias com fronteiras claras. Eis então o paradoxo: um fenômeno depois do outro mistura aquilo que havíamos pensado ter separado.

Deste ponto de partida, Latour analisa episódios que contribuíram para a formação de nossa mentalidade sobre o significado de modernidade. Para Latour, nós, os modernos, somos o tipo de pessoa que acredita em categorias ontológicas puras, tais como o econômico, o social, o científico, o natural, o político, e assim por diante. Porém, mais ainda, somos o tipo de pessoas que mantêm essas crenças apesar dos híbridos pulularem a todo instante ao nosso redor. A análise de Latour o leva então a postular dois traços distintivos da Constituição moderna, ilustrado na figura 2 (a, b). Enquanto temos um o *trabalho de purificação*, que corresponde à prática contínua e ao esforço discursivo de separar natureza e cultura em dois polos ontológicos distintos, temos também o *trabalho de translação*, que corresponde à prática de criar misturas e novos tipos de entidades, que tornam impossível distinguir entre o social e o natural (LATOURE, 1993, pp. 10-11).

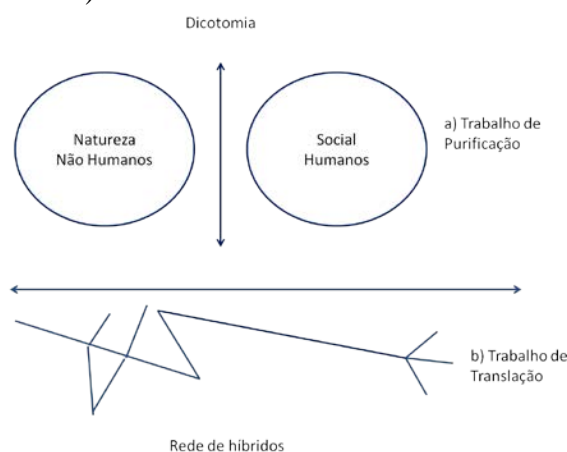


Figura 2. Trabalhos de purificação e translação, segundo Latour (baseado em LATOUR, 1993, p. 11)

A análise de Latour, no entanto, não termina na argumentação sobre a impossibilidade de separar os polos da natureza e da cultura, no processo de produção do conhecimento científico. Isto por que a ciência não existe enquanto uma esfera isolada do resto da sociedade. Portanto, separar a ciência dos demais elementos da sociedade, como política, economia, direito etc. exige também um trabalho de purificação. Como afirma Latour,

A noção de uma ciência isolada do resto da sociedade vai se tornar tão sem sentido quanto a ideia de um sistema de artérias desconectados de sistema de

veias. Mesmo a noção de um "coração" conceitual da ciência vai assumir um completamente diferente de significado uma vez que começamos a examinar a vascularização rica que faz com que a disciplina científica se mantenha viva (LATOUR, 1999, p. 80, tradução nossa).

Tomando a figura 1, novamente, vemos, por exemplo, que "buraco na camada de ozônio" não é um elemento que possa ser colocada do lado da natureza ou do lado da sociedade. Porém, mais ainda, o que percebemos é que "buraco na camada de ozônio" é uma intrincada rede que se estabelece entre direito, indústria, economia (padrões de consumo), ciência da atmosfera (químicos, CFC), e por aí adiante. Assim, como podemos ver, a ANT nos apresenta um território analítico-conceitual que nos permite pensar as relações CTSA como trajetórias dentro de uma intrincada rede que formam híbridos que se recusam a uma posição confortável seja no polo da natureza ou da cultura, da Ciência ou da Tecnologia, do direito ao da economia. Assim, entender as relações entre CTSA equivale a recusar o esforço de purificação na medida em que se acatam os momentos de translação.

3. Os bio-objetos como estratégia heurística

O que foi dito sobre a camada de ozônio pode ser dito sobre inúmeros outros objetos ao nosso redor. Ovelhas clonadas e organismos geneticamente modificados, por exemplo, desafiam concepções relativamente bem estabelecidas em nossa cultura, como as de parentesco e ancestralidade (FRANKLIN, 2007). Qual é a relação de parentesco entre a ovelha Dolly e a mãe da qual ela foi clonada? Como falar de ancestralidade de um milho equipado com genes de outra espécie? O que é uma bactéria que produz insulina humana? Assim, aonde iremos situar estas quimeras em nossas bem estabelecidas categorias taxonômicas? (LATOUR, 1993, p. 49).

Em consonância com o pensamento de Latour, diversos autores começaram a prestar atenção a esse conjunto de novos artefatos – produtos da biotecnologia e da bioengenharia – e perceberam que eles rompem as fronteiras tradicionais e dissolvem a identidade das formas de vida e colocam em xeque o pensamento essencialista que ainda predomina na biologia (MAYR, 2005) e entre biólogos e professores de biologia. Esses objetos passaram a ser designados de bio-objetos (WEBSTER, 2012), entendidos como hibridizações que não podem mais ser consideradas de natureza humana, animal, vegetal ou sintética. Ao mesmo tempo, estas novas formas – células tronco pluripotentes fora do corpo, organismos geneticamente modificados, transgênicos, clones, embriões congelados, artefatos da biologia sintética etc. – desafiam os sistemas éticos, políticos e culturais tradicionalmente assentados.

De fato, para além de criarem novas oportunidades clínicas e comerciais, os bio-objetos apresentam riscos e incertezas que demandam novas formas de governança e de tomadas de decisões políticas e éticas. Por não possuírem fronteiras nítidas e nem essências que possibilitem colocá-los em um enquadramento disciplinar, os bio-objetos não podem ser postos do lado da natureza, da cultura ou da tecnologia. Desse modo, impõe-se a necessidade de seguir estes objetos como híbridos latourianos que possuem uma ontologia de geometria variável (LATOUR, 1993, pp. 85-86). Assim, sugerimos que os bio-objetos, por representarem misturas de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, podem servir como um dispositivo conceitual ou heurístico (WEBSTER, 2012, p. 1) que favorece uma abordagem CTSA em sala de aula. Vejamos dois casos.

3.1. O caso dos *microRNAs*

Para apresentação desse caso, seguimos Chrupek *et al.* (2012) que estudou os *microRNA* (miRNA), uma família de moléculas orgânicas de RNA curtos, compostos por um número de nucleótidos que varia de 21 a 25. No início dos anos 2000, mostrou-se que os miRNAs modulam a expressão de genes, em nível pós-transcricional, ligando-se ao mRNA. Desde então, descobriu-se vários papéis dos miRNAs, tanto positivos quanto negativos, na regulação de genes.

De modo surpreendente, miRNAs de arroz foram detectados no soro e plasma de humanos e animais. Devido à sua propriedade para atuar como reguladores gênicos, conduziram-se pesquisas que procuravam clarificar se os miRNAs de plantas, adquiridos por meio da dieta, acumulados no sangue e tecidos de mamíferos, seriam capazes de regular a expressão gênica nesses animais.

Foi observado em camundongos que a concentração de uma classe específica de miRNAs, chamada MIR168a, depende da quantidade de arroz disponibilizada na alimentação. Em 31 humanos saudáveis, foi detectada a presença 30 tipos de miRNAs de origem vegetal. Análises subsequentes mostraram que o MIR168a é capaz de se ligar ao mRNA da LDLRAP1 - proteína responsável pela remoção de uma lipoproteína (LDL) do sangue - e diminuir a expressão desta proteína. Com a diminuição da remoção do LDL, uma pessoa pode ter problemas circulatórios e cardíacos que levam à morte. É possível que MIR168a possa alterar a função de 40 outros genes. Assim, estes resultados indicam influência negativa de miRNAs presentes em nossa comida sobre nossa saúde.

Estamos aqui diante de um cruzador de fronteiras, os miRNAs podem entrar em nosso corpo pela alimentação, resistir à digestão e regular nossos genes. Como resultado de uma ação tão natural como "comer", e não de uma intervenção técnica sofisticada, um fragmento de informação de origem vegetal é entregue ao nosso organismo com consequências médicas. De acordo com esse exemplo, vemos questionadas as fronteiras entre o animal e o vegetal. A íntima relação entre dois genomas, pertencentes a reinos diferentes, reconfigura nossa compreensão das relações sobre os seres vivos e de nossos sistemas de classificação. Porém, mais ainda, questiona o próprio modo como devemos entender nossos hábitos alimentares.

Se pensarmos também que a alimentação não é simplesmente um ato biológico, mas social, que participa da construção de nossas identidades, a coisa se complica. Assim, para além de nos mostrar que os bio-objetos nos levam a perceber como os achados da ciência podem impactar questões médicas e culturais (CHRUPEC, 2012), o que esse exemplo nos fornece é o potencial de apontar que a ordem natural é biossocial e que a ordem social é bionatural. Os miRNAs encontram-se agora imbricados em uma rede que é ao mesmo tempo biológica, médica, nutricional, social e psicológica.

3.2. O caso da água

Nada mais distante de um bio-objeto do que a água pensada como H₂O. No entanto, essa água é coisa rara. A água real, com a qual nos deparamos no mundo, é muito mais do que isso. A água mantém inúmeras relações com a vida, afinal 70% da composição média de uma célula é água. Essa molécula é tida como essencial para a origem da vida como a conhecemos. Os astrônomos procuram água em planetas distantes, como indicativo de haver vida. A água é o solvente no qual ocorrem as reações bioquímicas, além de ser o reagente e o produto de várias reações nas células. A água é importante em rituais religiosos, como o batismo (do gr. *baptismós* = imersão). A pureza e impureza da água é frequentemente classificada como fonte de uma vida

saudável. Os usos da água estão sempre em evidências – beber, cozinhar, banhar-se, agricultura etc.

A água tem história. No mundo grego, a água era considerada um dos quatro elementos essenciais do qual o mundo era composto. O filósofo Tales de Mileto (± 620 a.C - ± 555 a.C.) considerou a água como a *arché* (origem, sustento e foz) de tudo que existe. Mais ainda, devido à sua presença ou ausência em algumas regiões do mundo, a água vem se tornando a cada dia mais um tema político e estratégico. Hoje, inclusive, está sujeita a questões de governança e legislação. Enquanto o presente artigo é escrito, a seguinte matéria foi publicada no jornal *O Estado de São Paulo*, em sua edição dia 22 de março de 2014:

A recém deflagrada disputa com o Rio para transpor água da Represa Jaguari, no Vale do Paraíba, para o Sistema Cantareira é apenas uma das brigas políticas que São Paulo terá de comprar para suprir a crescente demanda por abastecimento nos próximos 20 anos. O plano paulista com novas alternativas de captações necessárias até 2035 lista outras quatro obras em "zonas de conflito", onde há represas e rios que também abastecem outros Estados ou são fontes para gerar energia elétrica.

O manejo desastroso dos ecossistemas urbanos e o gerenciamento dos materiais utilizados para a construção de ruas e avenidas muitas vezes tornam a água uma inimiga que destrói casas, arrasta propriedades, mata pessoas e espalha doenças.

Desde modo, a água também é um objeto cruzador de fronteiras. De sua situação como responsável pela origem e manutenção da vida, a água migra para a economia, a política, o urbanismo, a engenharia de tráfego, hospitais e postos de saúde. Porém a água também atravessa os limites do tempo e, hoje, somos obrigados a pensar a vida das gerações futuras e a qualidade da água que deixaremos para eles. A água se torna um bio-objeto legítimo, pois ao atravessar as fronteiras reconfigura o que se entende por vida: a vida saudável e a vida malsã, a vida segura e a vida em risco, a vida humana (*bios*) e as outras formas de vida (*zoé*), a vida aqui e a vida em outros planetas, a vida na cidade e a vida no campo, a vida presente e a vida futura.

Portanto, ao trabalhar com temas que envolvem a água nas aulas de ciências, podemos, ou melhor devemos, expandir a rede de entidades. Dessa forma, será possível tentar evidenciar e compreender as associações que os seres humanos estabelecem no uso, na disputa, na degradação e na preservação desse recurso.

4. Considerações finais

Como vimos, os bio-objetos nos permitem pensar os elementos ciência, tecnologia, sociedade e ambiente de modo que eles sejam considerados como fundamentalmente relacionados. Em primeiro lugar, nossa argumentação mostra que a separação entre esses elementos exige um esforço de purificação, pois no mundo real eles se encontram primariamente relacionados. Segundo, pudemos constatar que os bio-objetos encontram-se associados em redes que não podem ser facilmente acomodadas no plano de qualquer disciplina com que tradicionalmente procuramos categorizar o mundo. Essa categorização só pode ser realizada também graças a um esforço de purificação. Finalmente, encontramos uma indicação metodológica segundo a qual, para desvelar as relações CTSA o pesquisador deve entender como as redes se formam e procurar os momentos de translação, mais do que os de purificação.

Com os bio-objetos, acreditamos estar diante de um dispositivo conceitual ou heurístico para nos referirmos aos fenômenos sociotécnicos e ambientais e, assim, construir ferramentas metodológicas para o ensino de ciências/biologia. Como vimos, o ponto de partida para tais ferramentas situa-se no acompanhamento da construção de objetos híbridos e de geometria ontológica variável. No entanto, para que estas

ferramentas possam ser construídas, aquilo que aqui foi apresentado ainda tem muito caminho para percorrer, tanto na pesquisa quanto nas reflexões para formação de professores.

Nesse sentido, precisamos entender como os bio-objetos circulam nos meios de comunicação e divulgação científica? Como os bio-objetos circulam na escola e nos livros didáticos? Que significados os professores e estudantes designam aos bio-objetos? Como os bio-objetos são ensinados? Em que medida os bio-objetos são mencionados e explicitados no processo educacional? Que aprendizagens emergem com a heurística dos bio-objetos? Tudo isso pode ser pensado também para a formação de professores.

Agradecimentos. Os autores são gratos ao CNPq pelo apoio financeiro e pela bolsa de produtividade em pesquisa. Igualmente é grato à FAPEMIG, pelo apoio financeiro.

5. Referências:

AIKENHEAD, G.S. **The social contract of science: implications for teacher science.** In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. (Ed.). *STS Education: International Perspectives on Reform.* New York: Teachers College Press, p. 11-20, 1994a.

AIKENHEAD, G.S. **What is STS science teaching?** In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. (Ed.). *STS Education: International Perspectives on Reform.* New York: Teachers College Press, p. 47-59, 1994b.

AULER, D. (Org) **Novos caminhos para a educação CTS: ampliando a participação.** Editora UNB: Brasília. 2011.

BERNARDO, J.R.R.; VIANNA, D.M.; SILVA, V.H.D. (Org) **A construção de propostas de ensino em Ciências-Tecnologia-Sociedade (CTS) par abordagem de temas sociocientíficos.** Editora UNB: Brasília. 2011.

BLOK, A. e JENSEN, T. E. **Bruno Latour: hybrid thoughts in a hybrid world.** New York: Routledge, 2011.

CAREY, J. W. Political Ritual on television. Episodes in the history of shame, degradation and excommunication". In: LIEBES, T. e CURRAN, J. (Eds.). **Media Ritual and Identity**, pp. 42-69. London: Routledge, 1998.

CERULO, K. A. Nonhumans in social interaction. **Annu. Rev. Sociol.**, 35: 531-552, 2009.

CHRUPEK, M.; SIIPI, H. and MARTINELLI. Bio-objects as "boundary crawlers: the case of microRNAs. **Croat. Med. J.**, 53: 285-288, 2012.

DAGNINO, R.; SILVA, R.B.; PADOVANNI, N. (Org) **Por que a educação em ciências, tecnologia e sociedade vem andando devagar?** Editora UNB: Brasília. 2011.

DOLWICK, J. S. 'The Social' and beyond: introducing actor-network theory. **J. Mari. Ach.**, 4: 21-49, 2009.

FENWICK, T. e EDWARDS, R. **Researching education through actor-network theory.** Oxford: Wiley-Blackwell, 2012.

FRANKLIN, S. **Dolly mixtures: the remaking of genealogy.** Durham: Durham University Press, 2007.

- GALLAGHER, J.J. **A broader base for science education.** Science Education, 55, pp.329-338, 1971.
- HABERMAS, J. **The Philosophical Discourse of Modernity.** Cambridge: MIT Press, 1987.
- HARMAN, G. **Prince of networks: Bruno Latour and metaphysics.** Melbourne: Re.Press, 2009.
- LATOUR, B. **Science in action. How to follow scientists and engineers through society.** Cambridge: Harvard University Press, 1987.
- LATOUR, B. **The pasteurization of France.** Cambridge: Harvard University Press, 1988.
- LATOUR, B. **We have never been modern.** Cambridge: Harvard University Press, 1993.
- LATOUR, B. **The pandora's hope: Essays on the Reality of Science Studies.** Cambridge: Harvard University Press, 1999.
- LATOUR, B. Por uma antropologia do centro. **Mana**, 10 (2): 397-414, 2004.
- LATOUR, B. **Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory.** New York: Oxford Univeristy Press, 2005.
- LATOUR, B. **The Making of Law: An Ethnography of the Conseil d'Etat.** Malden: Polity Press, 2009.
- LATOUR, B. e WOOLGAR, S. **Laboratory life. The construction of scientific facts.** Princeton: Princeton University Press, 1986 [1979].
- MARTINS, I. P.e PAIXÃO, M. F. (Org) **Perspectivas atuais Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino e na investigação em educação em ciências.** Editora UNB: Brasília. 2011.
- MAYR, 2005. *Biologia, Ciência única.* Traduzido por Marcelo Leite. São Paulo. Editora Companhia das Letras, 2005.p.266.
- SANTOS, W. L. P. Ciência e educação para a cidadania. *In:* CHASSOT, A.; OLIVEIRA, R. J. (Orgs.) **Ciência, ética e cultura na educação.** São Leopoldo: Ed. Unisinos, p.255-70, 1998.
- SANTOS, W. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências.** v.2, n.2, dez. 2002.
- SANTOS, W.L.P. e AULER, D. (Org.) **CTS e Educação Científica: Desafios, Tendências e Resultados de Pesquisas.** 1.ed. Brasília: Editora UnB, 2.
- WEBSTER, A. Introduction. Bio-objects: exploring the boundaries of life. *In:* VERMEULEN, N.; TAMMINEN, S. and WEBSTER, A. **Bio-objects. Life in the 21st century,** pp. 1-10. Burlington: Ashgate, 2012.