



A COMPLEXIDADE DOS TEMAS AMBIENTAIS

THE COMPLEXITY OF THE ENVIRONMENTAL THEMES

Giselle Watanabe Caramello¹

Maria Regina Dubeux Kawamura²

¹Instituto de Física/ FEP/ Universidade de São Paulo, gizwat@if.usp.br

²Instituto de Física/ FEP/ Universidade de São Paulo, mrkawamura@if.usp.br

Resumo

A questão ambiental vem se mostrando como assunto essencial a ser tratado na escola, em especial no âmbito da Física. Na maioria das propostas levadas à sala de aula observa-se que o tratamento dado a problemática ambiental se pauta à visão de mundo predominantemente estática que é incapaz de apontar soluções para temas ambientais complexos. Assim, considerando os sistemas complexos e apoiado numa visão de mundo dinâmica, esse trabalho propõe analisar a perspectiva atual e dominante referente à questão das águas e de seu ciclo. Procura-se também investigar de que forma podem passar a ser contemplados aspectos da complexidade no tratamento de temas específicos. Para essa análise são consideradas as concepções de alunos do ensino superior e as propostas sobre a complexidade da ciência.

Palavras - chave: complexidade, ciclo da água, educação ambiental

Abstract

The environmental themes are an essential matter to be treated at school, particularly in the context of physics. In most proposals brought to the classroom it is observed that the treatment given to environmental issues is based on the vision of the world predominantly static, which is unable to identify solutions to complex environmental themes. In this way, considering the complex systems and supported by a dynamic vision of the world, this paper proposes to consider the current and dominant perspective on the issue of water and its cycle. It is also investigated how the aspects of complexity can be treated on specific topics. For this analysis it is considered the conceptions of students in higher education and proposals on the complexity of science.

Keywords: complexity, water cycle, environmental education.

Introdução

A abordagem de questões ambientais no ensino de ciências e, também, no ensino de Física vem se intensificando nos últimos anos, além de inúmeras iniciativas voltadas para a educação ambiental.

Nossa compreensão, assim como de outros autores, é de que, nesses movimentos, não se trata somente da introdução de novos temas, mas, sobretudo, da apresentação de uma nova visão da ciência, de um conhecimento científico problematizado, construído a partir de um certo distanciamento do domínio das certezas. Da mesma forma, deve ser

superada a compreensão do ser humano como dominador das forças da natureza, com capacidade ilimitada sobre suas transformações.

Essa proposta encontra ressonância, no campo educacional, nas idéias de Jose Eduardo García (1998), que propõe um conhecimento escolar como espaço de complexificação do conhecimento cotidiano do aluno, especialmente no que diz respeito às temáticas ambientais. Para o desenvolvimento de propostas com esse sentido, são apresentados, por ele, metaconceitos, com potencial de integrar diferentes áreas e conhecimentos. No entanto, ainda que esse seja um aporte significativo, não resultam bem definidos os caminhos para tal abordagem, a partir apenas de suas propostas, nem tão pouco quais os possíveis âmbitos dessa complexificação.

Para investigar essa questão, parece-nos importante aprofundar o sentido do que pode ser essa complexificação, buscando concretizar alguns elementos que possam orientar as práticas e abordagens ambientais. A demanda por esse aprofundamento fica mais clara quando se tenta passar do discurso teórico para as questões e temas concretos. Sendo assim, nossa proposta é, de certa forma, realizar o percurso inverso, considerando um tema específico, aprofundando o tratamento desse tema no sentido de identificar aspectos relevantes para a construção da abordagem desejada e discutindo essas questões no âmbito de uma generalização mais ampla.

Em particular, e dentro de todos os elementos que caracterizam sistemas complexos, parece-nos relevante considerar com especial atenção as questões relacionadas à construção de uma visão de mundo dinâmica, em contraposição à visão de mundo predominantemente estática, proporcionada quase sempre pela ciência escolar.

Com esse objetivo, propomos investigar, como situação concreta e que pode servir de exemplar, a temática referente à questão das águas e de seu ciclo. Como ponto de partida, analisamos a perspectiva atual e dominante sobre a questão, considerando as idéias de universitários sobre o tema, assim como abordagens no ensino, além das imagens proporcionadas por literatura específica relacionada a esse mesmo tema.

Para análise e reflexão a partir desse material, serão utilizadas não somente as propostas de Jose Eduardo García (1998), mas também algumas caracterizações de sistemas complexos apresentadas por Edgar Morin, (2007).

Em resumo, nossa intenção é investigar de que forma podem passar a ser contemplados aspectos da complexidade, especialmente o caráter dinâmico dos processos, no tratamento de temas específicos.

Uma visão da complexidade

O tratamento de um tema ambiental, a nosso ver, deve estar pautado nas relações complexas do meio estudado o que remete a uma visão de mundo complexificada. Desse modo, discutimos nesse item alguns elementos que devem estar presentes nesse tipo de estudo, sobretudo o aspecto dinâmico das questões ambientais. Como parâmetro, são consideradas as idéias de dois pesquisadores, J. E. García (1998) e E. Morin, (2007). Embora ambos tratem do tema complexidade, García está mais preocupado com questões relacionadas ao conhecimento escolar, enquanto Morin volta-se às relações que se estabelecem com a ciência e o fazer científico.

A um primeiro olhar sobre o trabalho de Morin fica evidente que a complexidade não pode ser vista como um modo de compreender as interações que relacionam os objetos a partir de um pensamento complicado, repleto de relações e interligações. Pelo contrário, a ela reflete um pensamento mais organizado onde a simplicidade das partes pode conduzir

ao todo. No entanto, cabe ressaltar que essa simplicidade não se reduz a simplificação da qual tratamos, por exemplo, problemas da ciência.

Ainda segundo o autor, a organização do conhecimento tal como a conhecemos, é incapaz de reconhecer as relações complexas de um sistema devido a simplificação do pensamento que, por sua vez, busca “facilitar” a compreensão acerca de um fenômeno. A nosso ver, esse é o grande empecilho ao tratar temas ambientais complexos nas escolas atuais. A visão tradicional de ciência, chamada de simplificadora, faz com que os indivíduos analisem e compreendam as relações presentes no mundo de maneira muito local, remetendo a uma sociedade falseada e distante da realidade.

Morin também levanta algumas teorias que ajudam justificar ou que influenciam aspectos da complexidade. Nesse sentido, parece-nos importante esboçar apenas algumas delas, visando orientar esse trabalho. Dentre as teorias que destacadas está a *teoria sistêmica*, segundo a qual *toda a realidade conhecida (átomos, molécula, célula, organismo, sociedade) pode ser concebida como um sistema, isto é, associação combinatória de elementos diferentes* (Morin, 2007: 19). Nessa visão, noção de sistema (unidade complexa) torna-se a questão central e não mais uma unidade elementar. Isso evidencia um todo que não pode ser reduzido à soma das partes. Além disso, a noção de sistema não é formal ou real, mas está relacionada com uma noção ambígua. O autor finaliza ressaltando que a noção de sistemas atua num nível transdisciplinar o que nos remete a uma ciência mostrada segundo os tipos e as complexidades dos fenômenos de associação/ organização.

Outra teoria apresentada por Morin refere-se à noção de *sistema aberto*. Essa teoria partilha das idéias de Termodinâmica (sistemas que dependem de uma fonte de energia externa para manter-se em funcionamento, caso dos sistemas vivos), aproximando-as a ciência da vida e introduz a nova noção de equilíbrio e desequilíbrio. A noção de sistema aberto conduz para duas conseqüências:

(...) as leis de organização da vida não são de equilíbrio, mas de desequilíbrio, recuperado ou compensado, de dinamismo estabilizado;

(...) a inteligibilidade do sistema deve ser encontrada, não apenas no próprio sistema, mas também na sua relação com o meio ambiente, e que esta relação não é uma simples dependência, ela é constitutiva do sistema. (Morin, 2007: 22).

Quanto às idéias de García, nos cabe evidenciar sua definição sobre o conhecimento escolar enquanto a complexificação do conhecimento cotidiano. O conhecimento cotidiano refere-se aos saberes, muitas vezes complexos, que são produzidos nas relações que se estabelecem na interação com o meio e o conhecimento científico é aquele produzido pela academia.

Na proposta de García, os conhecimentos gerais, em especial os *conhecimentos metadisciplinares*, são relevantes na construção do conhecimento escolar. O conhecimento metadisciplinar é definido como um conhecimento: que considera os aspectos históricos, sociológicos e epistemológicos dos conteúdos disciplinares; orientado por determinada cosmovisão ideológica (visão de mundo) que influencia *o para que e o porquê* das decisões tomadas tanto no âmbito científico, cotidiano e escolar; e dotado de entes complexos que são comuns a uma série de disciplinas e que apresentam um caráter de estruturação entre os diferentes campos do conhecimento.

É a partir dos *conceitos metadisciplinares* que se podem introduzir mudanças na perspectiva educativa. Sendo assim, o autor sugere que os conteúdos compartimentados devem ser substituídos por aqueles capazes de trazer os problemas ambientais à realidade educativa. Para ele, as questões ambientais são suficientemente diversificadas para estruturar o saber escolar enquanto uma ciência social integradora. Assim, compreender o mundo sob esse aspecto só é possível se houver a transição de uma forma simples a outra mais complexa.

Os conceitos metadisciplinares referem-se a noções de *interação, sistema, organização, transformação e diversidade*. Para nossa análise, voltada à ênfase dinâmica, discutiremos apenas os *metaconceitos* de sistema e interação.

O metaconceito de *sistema* se caracteriza pela presença de elementos inter-relacionados e por constituir uma organização global. Ao estudar a realidade sócio-ambiental, observa-se que muitos sistemas se entrelaçam, superpõem e hierarquizam em diferentes níveis de organização. Esses sistemas ‘ligados’ apontam para um enfoque complexo. Na organização de um sistema, algumas das propriedades intrínsecas dos elementos isolados são perdidas, no entanto, outras aparecem devido à interação. Nesse contexto, fica evidente que a diversidade aparece em consequência do caráter dinâmico do sistema. Também é pertinente destacar que os sistemas podem ser abertos (onde há trocas matéria, energia e de informações com o meio exterior) ou fechados. Nessa perspectiva, García (1998) discute a possibilidade de trabalhar com um sistema capaz de impedir a dispersão de seus elementos, assegurando sua autonomia e complexidade, e que possa estar aberto à troca, comunicação, entre outros.

O que produz os limites desse sistema, assim como a sua organização, são as interações que, por sua vez, estabelecem um equilíbrio dinâmico. Tal equilíbrio ocorre mediante as trocas e a renovação contínua de seus componentes. Na questão do ciclo hidrológico, este conceito parece evidenciar nossas preocupações, já que a discussão volta-se a um ciclo dinâmico, pautado no conceito de equilíbrio dinâmico.

O metaconceito de *transformação* refere-se “(...) às transformações dos objetos dados no espaço e tempo. Em algumas trocas a transformação só supõe deslocamento ou alteração de posição, em outras é a própria natureza do objeto que se modifica” (García, 1998: 124). Para o autor, as idéias dos indivíduos estão em contínua mudança, ou seja, são dinâmicos, evoluem e mantêm sua organização relativamente estável durante as trocas com outros sistemas de idéias. Os processos que mantêm essa transformação podem ser do tipo cíclico, baseados na repetição e na busca pela estabilidade, ou evolutivos, ligados à dispersão e a diversidade. As trocas submetidas por um objeto podem ser reversíveis ou irreversíveis. No primeiro caso, o sistema pode voltar ao estado inicial, enquanto que no segundo, não há retorno ao estado anterior.

A partir dessa breve discussão sobre aspectos da complexidade, apresentamos, a seguir, a estratégia adotada para uma análise que contemple esses elementos ao serem tratadas questões ambientais relacionadas à água.

Estratégia de investigação

Com o objetivo de identificar possíveis perspectivas para uma abordagem complexa de um tema ambiental, partimos do levantamento das representações de alunos sobre questões relacionadas à água, buscando, em seguida, os elementos que podem sinalizar uma transição do conhecimento cotidiano para um conhecimento complexo.

Para essa pesquisa, contamos com a participação de 70 alunos do ensino superior, de uma instituição de ensino pública federal, distribuídos nos cursos de engenharia civil, tecnologia da automação e licenciatura em física (segundo e sexto semestres). Cada aluno respondeu três questões, individualmente e no período médio de 20 minutos.

Acreditamos que o grau de complexidade de um tema pode ficar explícito ao aluno à medida que ele tem possibilidade de rever uma questão ou assunto que foi estudado sob a perspectiva de uma ciência simplificadora. Assim, as questões propostas estão dispostas de maneira a proporcionar ao aluno uma reflexão sobre as relações entre suas próprias respostas em uma dada questão e aquela imediatamente anterior. Além disso, as questões são relativamente simples, mas capazes de suscitar nos alunos algumas reflexões a respeito dos seus conhecimentos para resolver um problema ambiental. Em outras palavras, os alunos podem perceber que a ciência tratada no ensino básico omite, às vezes, aspectos importantes para o entendimento de problemas mais complexos. Como exemplo, temos a problemática entre a concepção de ciclo e a escassez futura da água: *Se há um ciclo, será que a água poderá acabar?* Para um aluno mais atento, fica evidente que a discussão de ciclo tratada no ensino fundamental não resolve essa questão. Assim, para que intenções como essas fiquem claras, procuramos inicialmente explicitar nossas expectativas na construção do instrumento.

Foram apresentadas três questões, referentes (i) à representação do ciclo da água, (ii) à possibilidade de escassez futura de água e (iii) aos aspectos temporais envolvidos no ciclo.

Na primeira questão, o aluno tem que esquematizar o ciclo hidrológico a partir de seus conhecimentos, ou seja, sem nenhuma intervenção prévia em sala de aula ou consulta em livros ou outros meios sobre o assunto

Na segunda questão, o aluno relaciona o ciclo, representado na questão anterior, com a futura escassez da água: *Levando em consideração o ciclo hidrológico, é possível que a água do planeta venha acabar, provocando uma escassez futura de água na Terra? Por que?*

Na terceira questão, procuramos identificar os aspectos dinâmico e temporal presentes no ciclo. A questão analisada é: *Levando em conta o ciclo hidrológico, é possível estimar um tempo médio para que a água percorra esse ciclo? Por que?*

A análise das respostas foi realizada em unidades independentes, sem estabelecer correlações entre questões, através da análise de conteúdo (Bardin, 2008), com categorias de classificação que podem ser consideradas como de síntese, criadas a partir do próprio universo de unidades de análise. Não houve uma preocupação em priorizar uma caracterização detalhada, mas em construir categorias que pudessem corresponder a níveis crescentes de complexidade.


As concepções dos alunos sobre a problemática da água

Para a identificação das concepções dos alunos no que se refere à questão das águas, procuramos organizar em tabelas as respostas dadas, relacionado-as a níveis crescentes de complexidade.

Em relação à representação do ciclo (ver **Tabela 1**), foi possível identificar, através da análise das repostas ao menos dois grandes grupos de representações que denominamos: *ciclo geofísico-tradicional* e *ciclo social humano*. No ciclo geofísico tradicional, o aluno esquematiza um ciclo simplificado, sem indícios de uma água em movimento que perpassa os seres vivos, as cidades, o subsolo etc. Nesse ciclo, o aluno reproduz fielmente o caminho

da água apresentado nos livros didáticos do ensino básico: água evapora do oceano e precipita no continente que, por sua vez, flui para o mar. Em algumas representações podem aparecer animais e plantas, mas esses servem apenas como exemplos de seres que estão no continente, sem vínculo explícito com o ciclo. No ciclo social humano, além de considerar o ciclo geofísico, o aluno evidencia aspectos sociais, incluindo presença humana. Nesse caso, água flui pelas cidades, infiltra no subsolo, evapora dos seres vivos (evapotranspiração), entre outros. Em alguns casos, há representação da água poluída ao passar pelas cidades ou áreas agrícolas. É evidente que cada ciclo dessa categoria apresenta uma ou algumas das características descritas, no entanto fica claro que o aluno percebe a existência de relações mais complexas presentes nesse sistema.



Tabela 1: Representação de ciclo



Ciclo geofísico – tradicional	Ciclo social humano – elaborado
Reproduz um ciclo clássico e simplificado, sem indícios de uma água em movimento que perpassa o meio urbano.	Além de considerar o ciclo geofísico-tradicional, representa aspectos sociais, incluindo presença humana.

Procurando encontrar certo grau de complexidade nas respostas da questão sobre a escassez futura de água (ver **Tabela 2**), estabelecemos três grupos de análise: água não acabará; água acabará e não responde (ou apresenta resposta incoerente com as nossas intenções). Parte das respostas que afirma que a água não acabará é justificada simplesmente por meio do retorno das águas às fontes. Outra parte justifica que a água não acabará, pois o volume total presente no ciclo é constante. Essa visão parece mais articulada, já que consegue estabelecer coerência com a concepção de ciclo.

Tabela 2: Escassez futura

Água não acabará	Água acabará
(a) devido ao retorno da água às fontes.	(a) somente a água potável
(b) devido ao volume total constante de água.	(b) devido à contaminação, poluição e aquecimento global
	(c) devido à demanda e disponibilidade

As respostas que afirmam que a água acabará estão distribuídas em três grupos. O primeiro deles afirma que somente a água potável irá se esgotar. Isso evidencia a existência de uma água desvinculada da água presente no ciclo. Esse discurso parece muito influenciado pelas informações veiculadas na mídia, sem embasamento científico. O segundo grupo mostra que a água acabará devido à contaminação, poluição e aquecimento global. Essa concepção parece mais complexa que a anterior, mas ainda não é capaz de identificar o verdadeiro problema da escassez, somente parte dele. Por fim, a causa da futura escassez é a relação entre a demanda e disponibilidade de água no planeta. Vale ressaltar que essa preocupação geralmente engloba as fontes poluidoras, a distribuição inadequada das redes de saneamento, localização geográfica, aspectos políticos e políticos, entre outros.

Em relação aos aspectos temporais, foi possível reconhecer a concepção de ciência presentes nos alunos. Novamente, estabelecemos alguns parâmetros para as respostas: impossível estimar um tempo médio, possível estimar um tempo médio e não responde (ou apresenta resposta incoerente com as nossas intenções). As respostas que afirmavam a impossibilidade de estimar um tempo médio estão pautadas em dois argumentos: nas limitações dos instrumentos e do meio físico e na interferência do aquecimento e poluição no ciclo hidrológico. Para aqueles que acreditam na impossibilidade de estimar o tempo médio devido às limitações dos instrumentos e do meio físico, fica clara que a concepção de ciência não está vinculada com a certeza de uma tecnologia e ciência como salvadora dos problemas da sociedade que, no nosso caso, referem-se aos ambientais. Para aqueles que apontam o aquecimento global e poluição como prováveis empecilhos para estimar o tempo, apresentam dificuldade em entender as relações complexas que pautam os modelos dinâmicos.

As respostas que afirmam a viabilidade de se estimar um tempo médio podem conduzir a três interpretações. Na primeira, o aluno responde que pode estimar um tempo analisando as regularidades do ciclo, como os dados meteorológicos. Ainda que essa seja uma concepção mais complexa, ela não dá conta de explicar como isso seria feito somente com os dados disponibilizados. Na segunda concepção, o aluno responde que os recursos tecnológicos e as experiências em laboratório dão conta de estimar o tempo médio. Essa concepção reflete uma visão de que a ciência dá conta de resolver todos os problemas do mundo, dando à ciência o *status* de salvadora. Na terceira concepção, o aluno discute a possibilidade de se estimar o tempo analisando os descartes e as fontes de água. Essa concepção conduz a uma perspectiva mais complexa que as apresentadas anteriormente.

Até o momento, procuramos identificar algumas características que contemplam as concepções dos alunos no que diz respeito a uma visão tradicional (simplificadora) ou em transição para uma visão mais complexa. No entanto, achamos importante evidenciar a nossa visão de complexidade diante das questões propostas. A nosso ver, uma visão complexa para tratar a questão das águas requer que sejam estabelecidas relações em um ciclo aberto para trocas de energia e fechado para a troca de massa, ou seja, a água não pode ser perdida em grande quantidade para o espaço assim como não pode entrar nesse 'sistema' um grande volume de água. Vale ressaltar que pequenas quantidades de água são perdidas e adicionadas nesse ciclo, mas isso não será relevante diante das considerações feitas ao se criar modelos que contemplam a dinâmica da Terra.

Outro aspecto desejável para uma visão complexa refere-se à conclusão de que há possibilidade de estimar o tempo de residência da água no ciclo partindo-se de modelos que

consideram as fontes e descartes de água. Note que as estimativas para o tempo de residência podem ser feitas a partir de observação direta, por meio de instrumentos como pluviômetros que indica o índice de chuvas ou de evaporação. Vale ressaltar que é possível aumentar o grau de complexidade dessa análise, considerando os aspectos mais locais (não há índices pluviométricos globais, eles dependem da localização de cada região analisada, por exemplo), a variação temporal (dependendo da época do ano, há mais ou menos chuvas etc.) e o tempo que um rio leva para incorporar/ absorver a poluição advinda com o descarte das indústrias, residências etc.

Ainda que essa concepção contemple apenas parte de uma visão de mundo complexificada, ela permite estabelecer algumas incertezas e certezas presentes no mundo científico. É então nosso interesse mostrar as limitações da ciência, mas expondo os fatores confiáveis que podem ser estabelecidos para analisar problemas abertos, como aqueles que envolvem a dinâmica terrestre. Nesse sentido, também nos interessa exaltar os modelos que dão conta dessas estimativas, incluindo a importância da validação dos dados que, nesse caso, referem-se aos valores muito próximos do volume de água obtidos nos reservatórios presentes no ciclo.

De uma visão tradicional para uma mais complexa

A partir das respostas dos alunos sobre a problemática das águas, propomos analisar algumas representações que dão margem para uma discussão mais complexa, onde as relações estabelecidas para explicar um fenômeno estão vinculadas a uma gama de conhecimentos científicos e não apenas numa explicação simplificada e pontual.

Não pretendemos fazer um estudo exaustivo sobre essas representações, mas identificar elementos que apontam a perspectiva usada pelo aluno na resolução de problemas complexos. Interessa-nos, também, em que medida essas idéias são incorporadas por jovens universitários. Esse poderia ser considerado, de certa forma, nosso ponto de partida, ou o estado do conhecimento sobre o tema, aquele que queremos complexificar. Desse estado do conhecimento, podemos destacar algumas representações baseadas num ciclo geofísico – tradicional onde são evidentes as influências dos livros didáticos (WATANABE e KAWAMURA, 2005) nas explicações dos alunos. É importante ressaltar que em nenhum dos livros analisados anteriormente, tanto de ensino médio quanto superior, são feitas abordagens dinâmicas, que forneçam elementos para compreender os sistemas em movimento, como é o caso da água no seu ciclo. Nesse sentido, e como exemplo, vale lembrar que o conceito de vazão, tão presente nas situações cotidianas, ou ainda, a relação entre vazão e pressão, estão completamente ausentes.

As representações de ciclo geofísico - tradicional aparecem predominantemente nos questionários analisados. Essas representações, tal como os exemplos a seguir – **Figura 1**, evidenciam uma visão arraigada às abordagens tratadas no ensino básico. Muitos desses ciclos têm abrangência local, no sentido de restrito espacialmente, embora sempre correspondendo a um local genérico. Em geral, nessas representações dá-se a impressão de algo limitado no espaço.

Como já observado, essas representações não incluem a presença humana, como se a água do cotidiano doméstico fosse outra água que não a do ciclo. A nosso ver, a superação desse aspecto é de extrema importância para o estabelecimento de uma concepção complexa. Outro aspecto importante, e relacionado a esse, é a ausência de considerações sobre os caminhos das águas utilizadas, seja esgoto ou águas pluviais. As águas consideradas nesses ciclos são as águas limpas, sem traços da utilização humana.

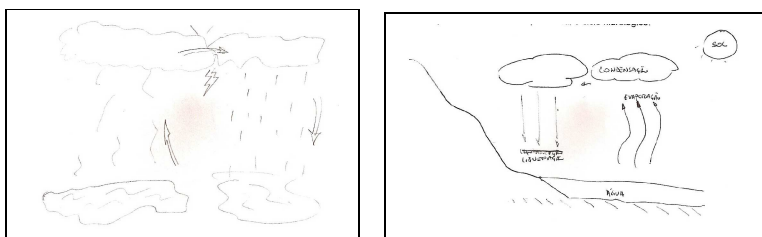


Figura 1: Representações de ciclo geofísico - tradicional

Por outro lado, encontramos representações próximas de uma concepção complexa. Dizemos que é uma concepção próxima da complexidade porque nessa visão ainda é necessário estabelecer novas relações para que os problemas apontados no ciclo sejam explicados. As representações da **Figura 2** mostram um ciclo social humano, onde os usos e percursos da água no âmbito social não são ignorados. Esse talvez seja o aspecto mais próximo da representação do aluno e seu cotidiano. Nesse tipo de representação também encontramos considerações sobre os caminhos das águas utilizadas, seja esgoto ou águas pluviais.

Outro aspecto interessante desse tipo de representação diz respeito às possibilidades de discussões geradas a partir do cotidiano do aluno. Por exemplo, a presença humana é um ponto de partida para se tratar um assunto local para então discutir aspectos globais.

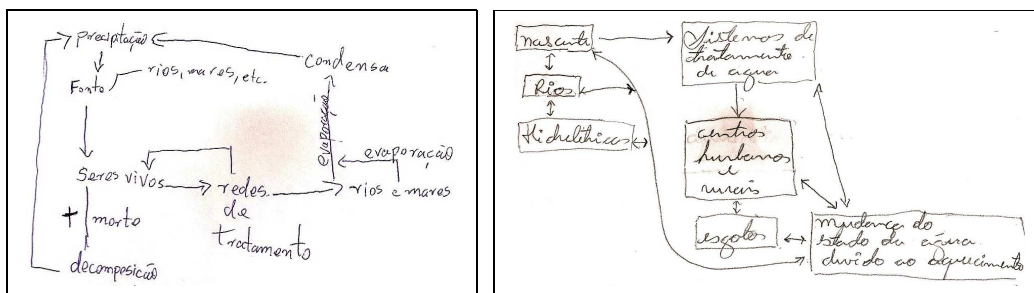


Figura 2: Representações de ciclo social humano – elaborado

Quanto às respostas dadas à questão sobre a escassez futura de água, ainda que em número reduzido, foi possível identificar concepções desvinculadas do conceito de ciclo. Assim, o aluno utiliza argumentos representativos de sua vida cotidiana, justificando-se por meio de informações veiculadas pela mídia ou pela própria escola. Ele toma tais informações como verdade absoluta e não questiona sequer a possibilidade de escassez considerando-se a idéia de ciclo tratada na escola. O trecho a seguir revela isto:

“Claro, faz tempo que deveríamos tomar consciência sobre essa situação. A cada ano está agravando mais, contudo milhares de pessoas não conseguem refletir o futuro e pensar sobre a difícil situação que irão passar.” (tec22)

Com essa resposta é possível identificar a dificuldade do aluno em transpor o conhecimento escolar à esfera cotidiana. Uma vez que esse conhecimento escolar está baseado numa ciência simplificada, o aluno deixa de perceber a fragilidade entre a explicação conceitual (escolar ou científica) e os fatos da realidade (cotidiano) que no caso implica na falta de água anunciada pela mídia.

Outro aspecto interessante contido nas respostas dadas a essa mesma questão refere-se à separação das águas, ou seja, as águas presentes no ciclo são distintas, elas não se misturam. Nessa explicação a única água que poderá faltar é a potável:

“Não, a água do planeta é uma fonte inesgotável, O que pode vir a acontecer é a água do planeta se tornar toda poluída, acarretando em escassez da água potável e conseqüentemente maiores gastos para que essa possa ser utilizada.”(lic6-3).

Parece-nos que o aluno ao responder essa questão não consegue se posicionar, produzindo um discurso baseado na sua concepção de ciclo, sem incorporar o real problema da escassez da água. Ele produz uma resposta confortável, sem ter que reformular suas concepções já estabelecidas. Essa resposta se vincula a uma concepção tradicional, já que o aluno não consegue perceber que num ciclo as relações que se estabelecem são dinâmicas e que de alguma forma estão relacionadas entre si: a água potável também passa pelo oceano ou estava presente na atmosfera.

Talvez a concepção mais próxima da complexidade que pode ser evidenciada nesta questão está presente na resposta que vincula o problema da escassez com a questão da demanda e disponibilidade:

“Levando em consideração o ciclo hidrológico, não existe a possibilidade de acabar a água do planeta, sendo que toda a água disponível, utilizada ou não, retorna a alguma de suas fontes de origem. Pode existir uma demanda maior do que a quantidade disponível.” (engc-2).

Nesse tipo de resposta o aluno não coloca em dúvida a idéia de ciclo, nem desconsidera o problema da escassez, pelo contrário, mostra que para analisar o problema da falta de água futura é necessário o estabelecimento de parâmetros. Esses parâmetros são bases que dão margem a discussões mais focadas: estima-se a demanda e disponibilidade de água a partir de dados e só então se discute as relações possíveis que podem levar (ou não) a escassez.

Nas respostas dadas a questão temporal, é possível reconhecer a concepção de ciência do aluno. Para um grupo de alunos, as situações complexas podem ser analisadas por meio de uma reprodução feita em laboratório. Nesse caso, todas as relações estabelecidas num sistema complexo podem ser desprezadas em prol de uma redução do problema a ser estudado. Isso expressa uma visão de ciência simplificadora onde, em condições ideais, os problemas analisados em laboratório podem ser isolados de forma a desconsiderar aspectos de fato relevantes, comprometendo o entendimento do todo.

Por outro lado, com essa questão também foi possível identificar visões em transição para a complexidade. Isso acontece quando o aluno argumenta que é possível estimar um tempo médio para que a água percorra o ciclo se a análise for realizada a partir dos descartes e fontes de água:

“Sim, analisando a forma como a água é utilizada, o descarte e as suas fontes, é possível estimar o tempo médio para que ocorra a diminuição da qualidade e quantidade de fontes de água” (engc-10)

Conclusão

Nesse trabalho não procuramos apenas caracterizar as diferentes concepções sobre o ciclo e as questões relacionadas com a água, mas identificar algumas concepções que apontam para uma perspectiva da complexidade. Assim, acreditamos que conhecendo essas idéias é possível repensar novas ações para o tratamento de temas ambientais nas escolas.

As respostas encontradas nos levam a refletir sobre como estamos ensinando ciência no ensino básico, em especial, como estamos discutindo temas ambientais. De modo geral, podemos notar que as concepções dos alunos estão arraigadas à visão tradicional defendida nas escolas e confirmada nos livros didáticos. No entanto, também foi possível notar que existe uma grande parcela de alunos no ensino superior que apresenta uma visão em transição para a complexidade. A nosso ver, essa transição é dificultada pela concepção de ciência e pelos conhecimentos que já foram estabelecidos ao longo de vida escolar. É como se o aluno do ensino superior estivesse meio a uma crise: alguns procuram explicações naquilo que conhecem enquanto outros tentam se despir do conhecimento anterior, mas não encontram um “novo” para substituí-lo.

Assim, esses resultados apontam para a necessidade de incorporar aspectos dinâmicos e temporais no tratamento de problemas ambientais, presentes no cotidiano dos alunos. Talvez essas mudanças conduzam às alterações mais profundas, capazes até de mudar a visão de ciência que se tem defendido nas salas de aulas. Um primeiro passo para essa mudança está anunciado nas propostas de Morin e García, ambas pautadas na incorporação de uma visão complexa dos fenômenos naturais. As idéias presentes na teoria sistêmica e sistemas abertos (Morin, 2005) e os metaconceitos de sistema e transformação (García, 1998) parecem essenciais para a compreensão de problemas abertos. De modo geral, esses apontamentos nos mostram que os temas complexificados requerem tanto uma abordagem significativa sobre os assuntos relacionados aos aspectos sociais, econômicos e políticos quanto um conhecimento aprofundado dos conceitos físicos tratados.

Construir uma compreensão da complexidade, nesse caso, consiste em promover uma representação do ciclo que explicita seus múltiplos e diversificados caminhos, heterogêneos, inseparavelmente associados aos demais elementos e fenômenos ambientais. Isso significa, por exemplo, reconhecer a água em sua passagem através dos seres vivos, eles mesmos depósitos transitórios, tendo a água como seus principais constituintes. Mas significa também explicitar os pressupostos simplificadores ocultos, pelos quais o ciclo geofísico é desconectado da intervenção humana, em que as águas que “atravessam e permeiam” o uso social não são consideradas.

E para que a representação da questão não se reduza a um emaranhado complicado, o ciclo deveria ser reconhecido através de sua propriedade mais essencial que, no caso, é a conservação de sua quantidade total, embora continuamente em movimento, distribuída em diferentes reservatórios, com tempos de residência diferentes, mas em contínua transformação. Nessa abordagem, passa a prevalecer a compreensão do conjunto das águas como um sistema termodinâmico aberto, em que podem ser analisadas situações de equilíbrio dinâmico, cujas condições de estabelecimento estão sujeitas às demais condições do ambiente. Dessa forma, as possibilidades de comparecimento de equilíbrios ou desequilíbrios encontram um espaço de discussão.

Embora tenha sido desenvolvida a temática da água, acreditamos que essa discussão pode ser considerada apenas como um exemplar, com possibilidade de generalização e extensão para outras situações.

Referências

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Portugal: Edição 70, 2008.

CAMDESSUS, M. *et al. Água: oito milhões de mortos por ano: um escândalo mundial*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

CLARKE, R. e KING, J. *O atlas da água: o mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta*. São Paulo: Publifolha, 2005.

GARCÍA, J. E. *Educación ambiental, constructivismo y complejidad*. 1ed. Espanha: Díada Editora S. L., 2004.

GARCÍA, J. E. *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. 1ed. Espanha: Díada Editora S. L., 1998.

KAWAMURA, M. R. *Roteiro 7 – A física da hidrosfera*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Física, 2001.

MORIN, E. *Introdução ao pensamento complexo*. 3ªed. Porto Alegre: Sulina, 2007.

STRAHLER, A. H. e STRAHLER, A. N. *Modern physical geography*. New York: John Wiley & Sons, Inc, 4 ed., 1992.

TUNDISI, J. G. *Água no século XXI – Enfrentando a escassez*. São Carlos: RiMa, IIE, 2 ed., 2005.

WATANABE, G. e KAWAMURA, M.R.D. Inserção de temas ambientais no currículo de Física. *Noveno Simposio de Investigación en Educación en Física - SIEF 9*. De. Rosário, AR, 2008.

WATANABE, G., KAWAMURA, M.R.D. *Elementos para uma abordagem temática: a questão das águas e sua complexidade*. Dissertação apresentada ao Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2008.

WATANABE, G. e KAWAMURA, M.R.D. Em busca de espaços curriculares para a questão da água. In: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, V. Bauru, 2005.