



**ABORDAGEM TEMÁTICA E CONHECIMENTO ESCOLAR CIENTÍFICO COMPLEXO:
ORGANIZAÇÕES TEMÁTICA E CONCEITUAL PARA PROPOSIÇÃO DE PERCURSOS ABERTOS**

Thematic approach and complex scientific school knowledge: thematic and conceptual organization as proposals of open educational path

Giselle Watanabe [giselle.watanabe@ufabc.edu.br]

*Centro de Ciências Humanas e Naturais
Universidade Federal do ABC*

Avenida dos Estados, 5001, Santo André, São Paulo, Brasil

Maria Regina Dubeux Kawamura [mrkawamura@if.usp.br]

Instituto de Física

Universidade de São Paulo

Avenida do Matão, 1371, São Paulo/SP, Brasil

Resumo

O conhecimento escolar das ciências, de forma tradicional, especialmente no ensino médio, consolida-se a partir de um conjunto de conteúdos conceituais que refletem uma dada construção histórica da ciência de referência, seja ela Biologia, Física ou Química. Nesse formato, os livros didáticos apresentam, em geral, uma visão mais determinista e reducionista. Esse esquema tem consequências que impactam na formação dos alunos, dentre as quais uma aprendizagem mecanizada e com pouco significado. Em um movimento de contraposição a essas limitações, vêm sendo propostas e discutidas, na área de pesquisa em ensino de ciências, abordagens denominadas temáticas, que propõem o tratamento um dado tema, considerado de relevância para a formação dos jovens. No entanto, a organização por temas dificulta sua inserção na cultura escolar curricular. Diante dessa questão, esse artigo pretende investigar possíveis formas de aproximação entre as duas abordagens mencionadas (tradicional e temática), identificando possibilidades para a construção de um conhecimento com potencial para promover uma formação mais crítica e reflexiva. Com essa perspectiva, metodologicamente, a pesquisa propõe uma reflexão teórica a partir do olhar da complexidade acerca dos trabalhos com temas, mas considerando a realidade escolar nacional. Dessas considerações emergem, por contraposição, a proposta de articulação entre duas formas de organização, uma conceitual e outra temática, que abrem espaço para escolhas diversificadas por parte dos professores, a partir de considerações de seus cotidianos escolares e dos objetivos formativos pretendidos. Essas escolhas são representadas pelo que denominamos de *percursos temáticos* abertos. Dos resultados, conclui-se que as estratégias propostas podem promover um outro olhar da ciência, o da complexidade, possibilitando tratar questões de natureza aberta e dinâmica e, com isso, abrir espaços para reflexões sobre sentidos, atitudes e valores. Ao mesmo tempo, apontam para formas de atuação dos professores com maior autonomia e protagonismo.

Palavras-Chave: Ensino de Ciências; Complexidade; Organização Temática; Organização Conceitual; Meio Ambiente.

Abstract

In a traditional way, the school knowledge of the sciences, especially in high school, is consolidated from a set of conceptual contents that reflects a given historical construction of the referred science, whether Biology, Physics or Chemistry. In this format, textbooks generally present a more deterministic and reductionist view. There are several consequences, in this scheme that impact the formation of students, among them a mechanized learning and little contextual meaning. In an opposing movement to these limitations, the thematic approaches have been proposed and discussed in research of science teaching field, which propose a treatment of a given topic that is considered relevant for the formation of the youth. However, the organization by themes makes it difficult to integrate into the school curricular culture. Facing this question, this article intends to investigate potential ways of dealing with the two mentioned approaches

(traditional and thematic methods), identifying possibilities for the building of knowledge with the potential to promote a more critical and reflexive formation. Methodologically, in this perspective, the research proposes a theoretical reflection from the complexity view about the works with themes, but considering the national school reality. From these considerations emerge the proposal of articulation between two forms of organization, conceptual and thematic, which create space for diversified choices by teachers, based on issues of their school daily life and their training goals. These choices are represented by what we call open thematic pathways. From the results, it may be concluded that the proposed strategies can promote an alternative view of science, the complexity idea, to address questions of an open and dynamic nature and, in this way; it may allow reflections about perceptions, attitudes and values. At same time, it aims to ways of acting of teachers with greater autonomy and protagonism.

Keywords: Science Teaching; Complexity; Thematic Organization; Conceptual Organization; Environment.

FORMAS DE ORGANIZAR O CONHECIMENTO ESCOLAR

O Ensino de Ciências, tradicionalmente, adotou uma construção e ênfase disciplinar, levando o conhecimento escolar a ser pautado pelas ciências de referência. Logo, a organização e seleção do conhecimento a ser ensinado teve como base a epistemologia dessas ciências, o que inclui seus objetos, estruturas, procedimentos etc., reproduzindo também suas formas de organização interna, suas subáreas (por exemplo, no caso da Física a Mecânica, o Eletromagnetismo, entre outros) e seleção de temas de destaque. Essa estruturação, de certo modo, contribuiu para a promoção de um ensino propedêutico e pouco conectado com a realidade do mundo contemporâneo, incluindo a ausência de suas complexidades e riscos (Beck, 2010) presentes no mundo real. Em outras palavras, o currículo escolar se definiu a partir de conteúdos conceituais organizados de forma linear, buscando reconstruir estaticamente o desenvolvimento daquela ciência que toma por referência.

Como contraponto a essa forma de estruturação, distintos pesquisadores e pesquisadoras, que defendem propostas apoiadas nas abordagens temáticas, propõem que o conhecimento escolar seja desenvolvido tendo como referência um dado tema (Delizoicov, Angotti & Pernambuco, 2002; Maldaner, 2007; Santos & Mortimer, 2000; Auler, 2002; Strieder, 2012; Reis & Galvão, 2008; Watanabe, 2012; Freschi & Ramos, 2009; Demo, 1997). Na maior parte das vezes, propostas dessa natureza se sustentam e se justificam na medida em que tratam de temas relevantes para uma formação mais crítica. Para alguns, a adoção de temas poderia ser só uma motivação para despertar o interesse dos alunos e alunas. Mas, como entendemos, é muito mais do que isso: selecionar temas relevantes é uma forma de buscar atribuir outros significados ao aprendizado da Ciência (e para além dela).

Portanto, entre essas duas perspectivas há, no fundo, objetivos formativos amplos e orientações educacionais diferentes. A lógica disciplinar pretende apresentar o conhecimento construído socialmente e já estabelecido ao longo do tempo, tal como referendado pela comunidade científica, segundo seus conceitos, leis e princípios etc., além das eventuais aplicações e situações concretas em que se exemplificam. Nesse caso, essa abordagem é considerada como garantia de universalidade. A lógica temática, por sua vez, busca uma formação mais conectada com a realidade dos alunos e alunas, de forma que os conceitos passam a ser organizados a partir de uma questão-problema, uma situação advinda da realidade ou do cotidiano discente. Essa perspectiva inverte a lógica da organização curricular tradicional, ou seja, os conceitos passam a ser subordinados ao tema (Delizoicov, Angotti & Pernambuco, 2002).

Ao longo das últimas décadas, as mudanças curriculares agiram sobre essas duas formas. As disciplinas tradicionais buscaram contextualizações mais frequentes, além de também admitir possíveis espaços de interdisciplinaridade. Isso pode ser identificado nas novas orientações dos livros didáticos. Em especial, nos livros de Física para o ensino médio percebe-se um movimento nessa direção, principalmente acerca das questões socioambientais. A análise de Carvalho, Rodriguez-Marín e Watanabe (2016) mostra que alguns livros buscam abordar essas questões de forma mais direta, ainda que sem muita problematização. Já as temáticas, se tornaram cada vez mais diversificadas, sendo contempladas em diferentes níveis. Como salientam Strieder, Watanabe e Gehlen (2012), a abordagem temática pode ser identificada nas produções que se apoiam nas ideias de Paulo Freire; que envolvem a perspectiva vygotskyana; que se aproximam dos Parâmetros Curriculares Nacionais; que buscam ênfases em Ciência – Tecnologia – Sociedade, entre outros. De forma geral, a crítica que se faz a esse tipo de abordagem é o afastamento do conhecimento científico propriamente dito, ganhando destaque, muitas vezes, a discussão temática em si.

Assim, diante desse panorama aparecem algumas fragilidades de ambas essas perspectivas curriculares. Do ponto de vista dos livros didáticos tradicionais, eventuais abordagens a aspectos temáticos surgem só em decorrência da estrutura curricular usual, como aspectos em geral complementares e superficiais, que pretendem funcionar mais como exemplos. Do ponto de vista das abordagens temáticas propriamente ditas, o conhecimento escolar científico nem sempre é aprofundado e, quando o é, restringe-se a conceitos específicos, necessários à compreensão de algum aspecto do tema em questão, limitando sua apropriação de forma mais ampla. Ou seja, a relação entre conceitos específicos e os princípios gerais ou articuladores da Ciência não encontram o espaço necessário. Assim, em um caso, limitam-se os aspectos temáticos e seus sentidos educacionais. Em outro caso, limitam-se os aspectos científicos conceituais.

Frente a esse quadro dual, o objetivo desse artigo é, justamente, buscar as possíveis aproximações entre ambas as perspectivas mencionadas, ou seja, da abordagem temática e do conhecimento escolar científico, identificando possibilidades para a construção de um conhecimento com potencial para promover uma formação mais crítica e complexa. Para isso, de antemão, nos parece essencial identificar o ponto de vista em que nos situamos, que consiste em aproximações que privilegiem a perspectiva temática, procurando elementos que possam superar suas possíveis fragilidades, tais como apresentadas. Uma dessas aproximações leva à inserção da perspectiva da complexidade enquanto visão de mundo, em contrapartida ao reducionismo/ simplificação/ determinismo. A perspectiva simplificadora (Morin, 2007; Prigogine, 1996) tem êxito por trazer respostas adequadas e suficientes para situações específicas que, em geral, são aquelas nas quais os sistemas têm condições de reversibilidade identificadas. De certo modo, ela afasta a realidade e mostra apenas um ponto de vista acerca de um problema já adequadamente delimitado. Nesse sentido, a linearidade e o reducionismo dificilmente podem ser superados nas abordagens tradicionais. Assim, para uma proposição na qual questões abertas e complexas se fazem fundamentais, como é o caso de um ensino com foco em uma abordagem temática aqui defendida, a perspectiva da complexidade se justifica. Em outras palavras, propõe-se a perspectiva da complexidade para articular adequadamente os discursos e conteúdos conceituais escolares aos temas próximos da realidade dos alunos e alunas; articular a epistemologia da Ciência às questões socioambientais; e articular proposições em sala de aula à dinâmica escolar.

ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

Diante do desafio de buscar as aproximações e perspectivas mencionadas, a presente investigação foi desenvolvida em três etapas: reflexão teórica, construção empírica e sistematização de práticas, cada uma das quais fez uso de diferentes abordagens e estratégias metodológicas.

Inicialmente, foi realizada uma investigação de cunho mais teórico, com foco nas abordagens temáticas e suas articulações com o conhecimento escolar científico. Foram tomados como referência García (1998) e Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002). Esses autores foram selecionados por trazerem ao menos dois elementos que se aproximam do interesse desse trabalho. O primeiro refere-se à presença, em ambos, de tramas de conteúdo enquanto organizadoras de propostas curriculares e de aula. O segundo refere-se às dimensões educacionais que norteiam tais autores. Nesse caso, para Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) prevalece uma perspectiva freirena e, para García (1998), a perspectiva da complexidade, abordagens de cuja articulação temos como hipótese que possa emergir uma visão educacional com maior potencial.

Em um segundo momento, e em decorrência dos elementos indicados pela discussão anterior, foi identificada a possibilidade de utilização de uma abordagem construída a partir de dois instrumentos independentes: uma organização temática e uma organização conceitual. Para investigar a viabilidade e os possíveis sentidos dessa dupla organização, buscou-se concretizá-la na situação de um tema específico, que pode ser considerado, nesse caso, como um exemplar. Assim, foram desenvolvidas estratégias para construir as formas de organização temática e conceitual do tema água, permitindo, ao mesmo tempo, indicar os instrumentos empíricos necessários para tal procedimento e sua forma de construção. Para a elaboração dessas organizações, além das influências teóricas, quatro elementos foram identificados como mais relevantes: (a) análise de materiais que influenciam a organização das aulas de Física (apostilas, programas, livros didáticos do ensino básico e superior etc.); (b) sistematização de aspectos abordados em materiais gerais e de divulgação; (c) análise das ideias e representações dos alunos e professores acerca de aspectos do tema, através de questionários; e (d) concepções de professores e futuros professores discutidas em oficinas oferecidas em atividades e eventos da área. As informações obtidas nesses vários momentos foram sistematizadas por meio da Análise de Conteúdo (Bardin, 2007), identificando categorias pertinentes. A amostra para análise em (a) refere-se a nove livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental (do sexto ao nono ano) e oito do ensino médio, distribuídos nas disciplinas de Física, Química,

Biologia e Geografia (Watanabe, 2008), além de livros do Ensino Superior (Tipler, 1995; Halliday & Resnik, 2009). Os livros do Ensino Básico selecionados são exemplares aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD2015). Para cada exemplar foram identificadas as estruturas conceituais dos potenciais espaços de discussão do tema. Para coleta, em (b), foram analisados diversos materiais sobre a água, sistematizados por categorias de semelhança (Watanabe, 2008); para (c), foram utilizados os resultados de questionários dirigidos a alunos (Watanabe, 2008), complementados por iguais contribuições de professores em outros eventos; e finalmente para (d), atividades desenvolvidas pelo Grupo de Ensino de Ciências e suas Complexidades (GrECC), através da incorporação de novas ideias e conceitos que surgiram a partir das práticas e discussões desenvolvidas entre 2014 e 2016.

Em um terceiro momento, são apresentados e sistematizados alguns resultados de práticas, utilizando a articulação entre essas organizações, sob a forma de possibilidades e potenciais, configurados no que denominamos de *percursos temáticos abertos*, construídos pelos professores a partir dos contextos em que trabalham.

ABORDAGENS TEMÁTICAS E O CONHECIMENTO ESCOLAR CIENTÍFICO

Distintas são as formas de abordagens temáticas. Como já indicado, elas, no geral, se aproximam por terem a preocupação em discutir temas que suscitam os interesses da sociedade/ alunos/ comunidade; e, por outro lado, se afastam quanto às estratégias de organização com que são encaminhadas. Trata-se, portanto, de um conjunto amplo de propostas, cuja análise extrapola a intenção desse trabalho. Aqui, e para permitir uma discussão acerca das formas de organização temática, foi necessário estabelecer um recorte. Nesse sentido, a partir dos interesses já explicitados, discutem-se, as propostas de García (1998) e Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002).

García (1998) é biólogo e vem trabalhando com a perspectiva da complexidade no contexto do ensino-aprendizagem, especialmente com professores e pesquisadores do grupo IRES (*Investigación y Renovación Escolar*¹). Um dos aspectos que se destaca nas reflexões de García (1998) refere-se ao *status* dado pelo autor ao conhecimento escolar. Ele reconhece e discute três esferas de conhecimentos - científico, cotidiano e escolar - além das outras formas de conhecimento. Para o autor, que defende a *hipótese da integração-enriquecimento*, o conhecimento escolar é o resultado da integração transformadora de diversas formas de conhecimentos, sem que necessariamente se estabeleçam rupturas entre o conhecimento científico e cotidiano. Assim, os conhecimentos científico e cotidiano se comunicam, promovendo a interação e evolução conjunta de ambos. O conhecimento escolar, segundo o autor, pode também integrar ainda outras diferentes formas de conhecimento. Em uma perspectiva dinâmica, incorpora e, em seguida, enriquece o conhecimento cotidiano. (García, 1988). Sob essa perspectiva, o trabalho com temas pode abrir espaço para identificar e contemplar uma perspectiva de mundo mais complexa e aberta.

Segundo o autor, propor as tramas para estruturar o conhecimento escolar advém da necessidade de dar aos professores e professoras a liberdade de incorporar em suas aulas aspectos mais gerais que envolvam, por exemplo, a realidade dos alunos e alunas. Para ele, as tramas são referências para o/a docente, porque nelas se explicitam formas de estabelecer as relações entre os conceitos e assuntos. Essas relações garantem a definição de um conceito de forma bastante ampla, já que é a partir delas que uma nova ideia pode trazer outros conceitos para a discussão. Especificamente, no caso da água, a trama (**Figura 1**) proposta por García (1998), orientada por Cuelle e Navarrete (1993), pauta-se em quatro grandes assuntos que se relacionam, a saber: o ciclo da água; água e vida; água como recurso e natureza físico-química da água. Os assuntos sugeridos nessa trama relacionam desde questões sociais, como os usos, distribuição, tratamento e escassez futura, até questões históricas, como conflitos sociais e qualidade de vida. Para estabelecer os vínculos entre o tema *água* e os assuntos dispostos na trama há questões, indicadas nas ligações, tais como: *Como a utilizamos? Como é encontrada na natureza? Como ela é?* Tais questões estabelecem os possíveis percursos dentro dessa trama e apontam para as especificidades de cada grupo. Quanto aos conceitos, compõem aqueles indispensáveis para se discutir a questão da água, dentre eles: ciclo, fluxo de energia solar, estado e natureza físico-química.

¹ <http://www.redires.net>

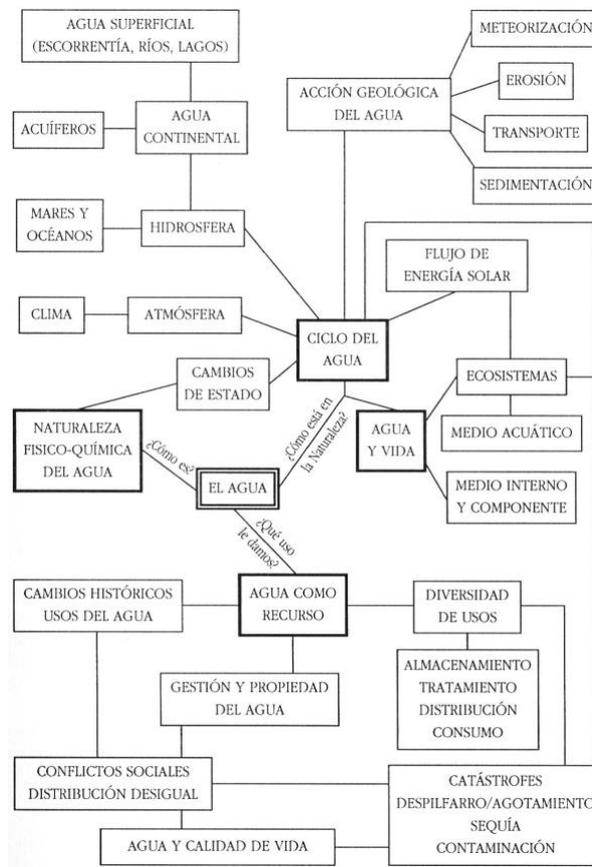


Figura 1 - Trama sobre o tema água (Cuelle e Navarrete *apud* García, 1998, p.147)

Na proposta de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), inspirada nas ideias de Paulo Freire, nota-se uma preocupação com as questões sociais e a realidade ou os problemas locais do entorno da escola. Esses autores são reconhecidos na área de Ensino de Ciências, em especial por discutirem ações que fundamentam a Abordagem Temática no contexto brasileiro. Para organizar as relações entre o conhecimento sistematizado e a realidade vivida, que é o foco do trabalho escolar, propõem a identificação de conceitos unificadores e um processo de redução temática capaz de orientar as atividades docente e dos alunos e alunas. Como resultado desse processo, resultaria uma representação esquemática do tema na forma de uma rede ou mapa. Um exemplo de representação desse tipo comparece na **Figura 2**, referindo-se, em particular, ao tema poluição.

Os elementos presentes nessa representação vinculam-se às Crises Econômicas, Poluição do Solo, Poluição Atmosférica, Enchentes, Poluição da Água, e incluem conceitos como combustão, efeito estufa, eutrofização, recursos renováveis e não renováveis, fotossíntese etc. Quanto aos assuntos mais abordados, que se voltam às questões sociais, políticas, ambientais e econômicas, aparecem a preocupação com queimadas, esgotos doméstico e industrial, aterros e lixões, enchentes etc. De forma geral, nota-se o interesse dos autores em explicitar os aspectos econômicos e os problemas advindos da poluição do solo, ar e água, com foco nas relações que estabelecem na vida cotidiana dos alunos e alunas.

andamento do percurso didático, sendo que estruturas de organização mais abertas e complexas podem facilitar uma maior possibilidade para inserções, mudanças e 'correções' no alcance dos objetivos desejados.

ESTRUTURAÇÃO DAS ORGANIZAÇÕES TEMÁTICA E CONCEITUAL SOBRE AS ÁGUAS

A estruturação de duas organizações (*temática e conceitual*), apresentadas de forma independente, mas com potencial para diferentes articulações, pode dar ao professor e professora a oportunidade de um maior número de escolhas, em momentos distintos de seu trabalho em sala de aula. Nesse sentido, ao propor duas organizações espera-se que um conjunto amplo de possibilidades sejam oferecidas aos docentes, respeitando suas realidades e contextos específicos, além dos significados que o tema possa vir a ter para seu trabalho e seus objetivos formativos.

Na *organização temática* estão dispostos os aspectos do universo cotidiano, individual ou social, bem como aspectos políticos, econômicos e socioambientais. Essa organização sistematiza o universo de possibilidades e de assuntos que envolvem o tema, ao mesmo tempo em que apresenta e explora seus horizontes, podendo vir a constituir-se, para os professores, em uma visão geral dos assuntos que podem ser tratados em sala de aula. Nesse sentido, pretendem ampliar os horizontes temáticos, de forma que se apresentem muitas possibilidades de trabalho, nem sempre de fácil sistematização pelo professor. As escolhas do docente, portanto, poderão ser mais criteriosas, em função dos problemas que deseja desenvolver com seus alunos/alunas. Não se trata, certamente, de uma sistematização única ou bem definida, mas de uma estrutura móvel, para um elenco dinâmico de aspectos, sendo permanentemente construída e reconstruída. Difere-se das representações supracitadas, por não incluir os aspectos físicos, químicos e biológicos, ou seja, conceituações científicas. Na *organização conceitual*, ao contrário, estão dispostos apenas os conhecimentos escolares científicos com intersecção curricular, que aparecem com grande potencial para explicar questões sobre o tema.

Essas organizações são, portanto, dirigidas aos docentes como subsídios para estimular diferentes formas de tratar os temas. Assim, eles podem elaborar atividades de aprendizagem a partir da articulação dessas organizações, ou seja, podem propor diferentes *percursos* dentro da temática, em função do contexto e objetivos em que estiverem trabalhando.

Para investigar os sentidos e a viabilidade dessa abordagem, em termos de organizações e percursos, apresentamos a seguir um exemplo temático, construído em torno do tema *água*. A opção por esse tema se dá pela sua possível articulação com uma perspectiva aberta e dinâmica. Tratar desse tema apenas do ponto de vista conceitual não explicita a complexidade na qual a discussão se insere. Em outras palavras, as visões política, econômica, cultural, científica, social, entre outras, deixam de ser levadas em consideração. No entanto, cabe salientar que o trabalho a partir dessa perspectiva demanda algumas ressalvas, por exemplo, implica em suprimir conceitos presentes em um currículo tradicional; assumir uma constante pesquisa acerca do tema a fim de buscar informações atuais e pertinentes; explicitar a visão de mundo que justifica as escolhas realizadas nas organizações; e construir percursos abertos nos quais sejam contempladas distintas avaliações.

A organização temática sobre as águas

Elaborar um quadro geral sobre aspectos relacionados a um dado tema requer uma construção permanente, que vai desde um esquema inicialmente simples a um quadro mais complexo. Em todos os casos, poderia cumprir a função desejada. Tendo presente a diversidade de aspectos possíveis, nossa elaboração foi sendo construída com base em sites, livros de divulgação, livros didáticos sobre o tema, discussões sobre a questão ambiental etc., identificadas em diferentes mídias. Os diversos aspectos foram sendo sistematizados segundo categorias de semelhança. A organização temática resultante desse processo sobre a questão das águas (**Figura 3**) foi estruturada a partir de quatro grandes grupos de aspectos: *Água e vida*; *Água e natureza*; *Água e história*; e *Água e sociedade*. Cada grupo vincula-se ao tema segundo aspectos que pouco se relacionam com os conhecimentos físicos que são tratados na escola média. É evidente que alguns tópicos podem apontar para uma área de conhecimento específico, no entanto, nosso intuito é apenas ampliar os problemas/ questões problematizadoras que podem ser tratados, sem considerar, neste momento, aspectos mais conceituais. Nessa organização também há um grupo maior que perpassa os demais: *Água, ambiente e clima*. A opção por mantê-lo separado dos demais reflete a sua relação e influência nas discussões que abarcam os assuntos dos outros grupos.

No primeiro grupo, *Água e vida*, são apresentados aspectos que consideram a água como elemento constitutivo das plantas, animais e do organismo humano. Nesse grupo, também estão incluídos os

problemas de saúde e qualidade da água e sua relação com a manutenção e desenvolvimento das espécies. Aqui, os aspectos biológicos são tratados com maior ênfase, já que a compreensão de grande parte dos assuntos desse bloco são objetos de estudo da Biologia. Também é importante notar que os problemas de saúde, qualidade das águas e o saneamento estão relacionados com o grupo *Água e sociedade*. As hipóteses e teorias sobre o surgimento da vida na Terra e aspectos químicos relacionados à composição da água e sua relevância na constituição do corpo humano são elementos presentes nesse grupo. A partir das questões geradas com os assuntos presentes nesse grupo, é possível sinalizar para a importância da água no desenvolvimento da vida, de modo que as abordagens futuras possam, por exemplo, incidir sobre as políticas públicas no tocante à preservação das águas.

No segundo grupo estão organizados aspectos relacionados à presença da *Água na natureza*, seu ciclo, reservatórios, oceanos, bacias hidrográficas, entre outros. Esse grupo relaciona-se diretamente à organização conceitual que será apresentada adiante. No entanto, existe uma diferença sutil, já que aqui o objetivo é levantar a problemática do tema e procurar estabelecer vínculos com assuntos que permeiam a organização temática. Um aspecto interessante aqui presente são as informações sobre, por exemplo, a distribuição da água no planeta. Nesse sentido, procura-se delimitar um campo de trabalho que possa, a partir de dados confiáveis, estabelecer uma relação direta com questões como: *Quanta água se consome no país? E no mundo? Onde estão os principais reservatórios de água?* De modo geral, esse grupo relaciona-se com as questões que, no ensino médio, são tratadas na disciplina de Geografia. No entanto, a movimentação das águas, incluindo a percolação ou infiltração, são assuntos vinculados ao nível superior de ensino, mais especificamente ao curso de Geociências.

No terceiro grupo, *Água e história*, o foco está nas disputas e acordos entre países no que se refere ao domínio das regiões ricas em água potável/doce e a organização de sociedades segundo a disponibilidade de água. Desse ponto de vista, consideram-se tanto as tecnologias que se desenvolveram a partir das disputas travadas ao longo dos anos quanto a construção de cidades próximas a rios e lagos. Como exemplos de avanços tecnológicos destacam-se o processo de dessalinização, utilizado em regiões secas como as do Golfo Pérsico, e a captação da água de chuva pelas cisternas (método utilizado no nordeste brasileiro). Quanto às disputas e acordos, que nos remetem também aos aspectos políticos, sociais e econômicos, ganha destaque convênios como o realizado na década de 1960, entre Brasil e Paraguai para a utilização das águas do rio Paraná, na construção da usina hidrelétrica de Itaipu. As principais questões que orientam esse grupo são: *Quais as disputas históricas pela utilização da água? Quais tecnologias foram desenvolvidas visando a obtenção de água? Quais os acordos sobre a água?*

O quarto grupo - *Água e sociedade* - refere-se aos distintos usos que os indivíduos fazem da água, ou seja, aos aspectos sociais, políticos, culturais e econômicos a ela relacionados. O foco nesse grupo está na reflexão sobre as condições socioeconômicas e políticas, o que inclui, por exemplo, sua relação com as doenças causadas pela falta de saneamento; assim como aspectos culturais que envolvem o tema. A distribuição e abastecimento também fazem parte desse grupo, já que são assuntos que identificam a fragilidade do sistema público e, portanto, trazem à tona discussões que estão diretamente relacionadas à vida em sociedade. As condições de trabalho de alguns países, como a África, também parecem ser significativas para gerar questões problematizadoras em tal perspectiva. As principais questões que permeiam esse grupo são: *Como os políticos e a sociedade estão tratando questões vinculadas à falta de água? E como tratam a questão das enchentes e secas? Por que deveríamos sofrer com a falta de água quando estamos próximos do mar? Na certa, a dessalinização não seria a resposta? Quais as metas do governo para amenizar as condições de vida da população, em especial, a do nordeste brasileiro? O que implica colocar empresas que gestam a água na bolsa de valores?*

Nunca é demais insistir na transitoriedade dessa maneira de organizar a temática que, por ser complexa, pode ser construída de diferentes formas e com diferentes ênfases. Ou seja, se admitem diferentes esquemas, que vão sendo expandidos a partir da maior familiaridade com o tema. O importante, no entanto, é que haja um arcabouço amplo o suficiente para que seja permitido ao docente fazer escolhas.

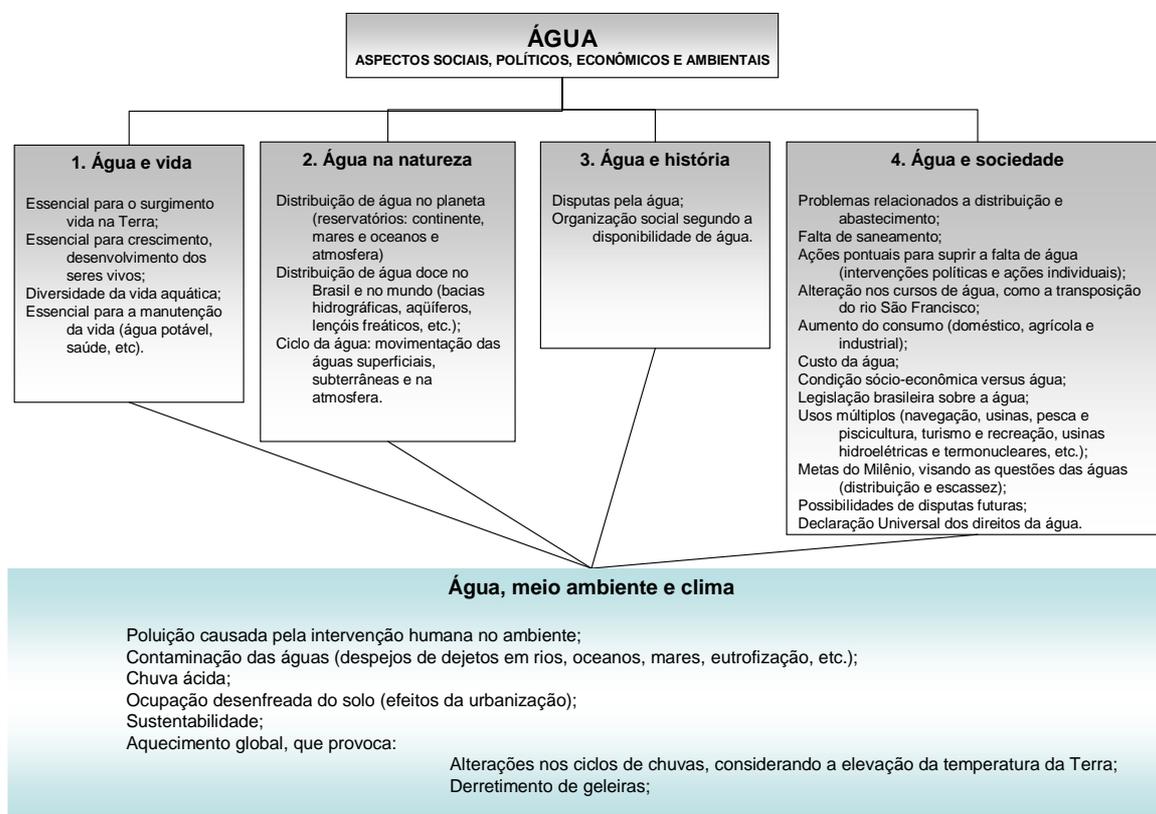


Figura 3 - Organização Temática sobre a questão das águas.

As organizações conceituais sobre as águas

Na abordagem que está sendo discutida há uma ênfase ao Ensino de Física. Certamente poderiam ser construídas, da mesma forma, organizações conceituais para a Biologia ou a Química. Em qualquer dos casos, a referência é o ensino escolar dessas disciplinas, no nível em que se estiver trabalhando. As organizações conceituais sobre a questão das águas abordam conceitos físicos que se vinculam aos aspectos mais gerais dispostos na organização temática e, ao mesmo tempo, supre parte da demanda da sala de aula incluindo os conceitos tratados no ensino médio. Para a identificação do conjunto dos conceitos físicos que dão suporte a uma compreensão dos fenômenos e aspectos relacionados à água, foi necessário aprofundar o estudo da Hidrodinâmica, da Hidrostática e da Termodinâmica. Essas organizações foram construídas a partir dos livros didáticos e dos programas de ensino curriculares. No caso da água, e considerando a forma como se inserem aspectos a ela relacionados na estrutura do conhecimento escolar, foram identificadas, como ponto de partida, pelo menos duas organizações conceituais mais ou menos independentes. A primeira, relacionada às trocas de calor, enquanto a segunda, procurando localizar aspectos relativos à dinâmica.

Uma organização conceitual sobre a questão das Águas, denominada *Termodinâmica (Figura 4)*, foi estabelecida a partir dos potenciais conceitos físicos voltados às trocas de calor (e temperatura) e ao equilíbrio térmico. Especificamente, trata da Teoria cinético-molecular: trocas de calor, temperatura e equilíbrio térmico; Processos de trocas de calor: condução, convecção e radiação; Capacidade térmica e calor específico; Dilatação térmica dos corpos; Estados da matéria: sólido, líquido e gasoso; e Mudanças de estado e diagrama de fase.

Uma análise mais geral sobre a disposição desses conteúdos conceituais nos materiais de referência, especificamente os livros didáticos, mostra que para tratar da temperatura se introduz o conceito de agitação térmica, que consiste na agitação das moléculas e átomos de um corpo, para, em seguida, defini-la como uma grandeza capaz de nos fornecer esse grau de agitação. O outro conceito abordado refere-se ao equilíbrio térmico. Geralmente ele antecede a discussão sobre as escalas de temperatura. Quanto à dinâmica do ciclo hidrológico, nota-se que existem alguns momentos nos quais é possível discutir as trocas de calor (condução, convecção e radiação) em uma perspectiva socioambiental. Nesse sentido,

parece conveniente incorporar, na abordagem conceitual, questões relacionadas à: (i) Radiação ou irradiação: radiação absorvida pela água presente na superfície terrestre e remissão na forma de radiação infravermelha (Eletromagnetismo); (ii) Convecção/ Mobilidade entre camadas: camadas superiores dos oceanos se aquecem e trocam calor com as camadas inferiores (Teoria Cinético-molecular); e (iii) Condução: as moléculas de água, presentes na superfície terrestre, são aquecidas pelos raios solares e se agitam, transferindo energia para as moléculas vizinhas (Teoria Cinético-Molecular).

Os livros didáticos também abordam os conceitos de capacidade térmica, calor latente e calor específico, trazendo uma série de questões que conduz, por exemplo, à compreensão do papel da água enquanto reguladora e moderadora do clima de uma dada região. Outro assunto que pode ser abordado ao se propor uma discussão sobre o ciclo hidrológico refere-se ao processo de evaporação da água: para a água evaporar é necessário que certa quantidade de energia seja incorporada. Essa quantidade (considerando 1 unidade de massa), por sua vez, é dada pelo calor latente da água. O calor específico também pode ser incorporado nas explicações sobre o ciclo ao se discutir a inversão dos ventos (brisas marítimas), visto que a quantidade de calor retida/ liberada pelas águas dos oceanos influencia essa dinâmica. Nesse caso, no entanto, também é importante discutir o conceito de pressão, já que a sua variação é a responsável pelo movimento das brisas marítimas.

Quanto ao conceito de dilatação, ele aparece ao se tratar os assuntos relacionados ao comportamento dos corpos quando são aquecidos e resfriados. O aspecto interessante para o tema desse artigo está na anomalia da água, já que essa discussão pode favorecer a compreensão sobre, por exemplo, a água congelada nos lagos e as condições de sobrevivência da flora e fauna aquáticas.

Os conceitos tratados no tópico estados da matéria também são relevantes para uma discussão que considere o ciclo hidrológico. Geralmente, esses conceitos são trabalhados segundo a classificação dos três estados físicos (ou de agregação) da matéria: sólido, líquido e gasoso. Essa classificação, ainda que simplificada, apresenta uma visão adequada para o que se estuda no nível. É válido notar que se trata de uma classificação simplificada devido à ausência de discussões que abordem outros estados possíveis da matéria, como o plasma e o estado pastoso, por exemplo.

As mudanças de estado e diagrama de fase são assuntos que geralmente utilizam a água como exemplo. As curvas de aquecimento e resfriamento são oportunidades para discutir o conceito de calor latente. Quanto ao ciclo da água, as mudanças de fase estão presentes durante todo processo: água passando do estado líquido para o gasoso (por exemplo, transferência do reservatório oceânico para o atmosférico ou do continental para o atmosférico), água no estado sólido encontrada nas calotas polares e nas nuvens, entre outros. Os diagramas de fase também são interessantes para mostrar a convivência dos estados da água, a partir da relação entre pressão e temperatura.

Quanto aos assuntos relacionados à Termodinâmica, e que não comparecem no ensino médio, mas são essenciais para uma discussão que considere um ciclo dinâmico, têm-se: Termodinâmica e o conceito de ciclo; e Termodinâmica de sistemas abertos (não equilíbrio térmico/ termodinâmico). O primeiro assunto refere-se ao significado dado a palavra ciclo: um ciclo consiste em um processo que se repete de modo que todo o sistema volta ao seu estado inicial, ou seja, às mesmas condições que caracterizam um sistema em determinado momento, sem que, em geral, haja variação de massa ao longo do processo. Vale ressaltar que as pequenas variações de entrada e saída de água no sistema não alteram substancialmente a dinâmica do ciclo da água. Essa definição é importante, pois a partir dela outros conceitos podem ser trabalhados sem que o significado de ciclo se perca ao longo do processo. Em outras palavras, ao se discutir novos conceitos, a noção de ciclo não se torna assunto alheio ou isolado, mas um tema que permeia todos os outros conteúdos tratados. O segundo assunto - Termodinâmica de sistemas abertos (não equilíbrio térmico/ termodinâmico) – tem espaço de discussão a partir do conceito de equilíbrio térmico, que trata de apresentar situações em que todos os pontos ou partes de um sistema estão a mesma temperatura. A abordagem de equilíbrio térmico presente nos livros para o ensino médio não explica sistemas que não estão em equilíbrio térmico, como é o caso do ciclo hidrológico e dos seres vivos. Esses sistemas trocam calor constante com o meio e podem apresentar diferentes temperaturas, dependendo do ponto observado (ainda que o ser humano, por exemplo, apresente uma temperatura média corporal estável, existem diferentes temperaturas no interior de seu corpo). Essas situações são denominadas situações de não equilíbrio termodinâmico. Quando o sistema está em equilíbrio dinâmico e tem suas características alteradas (os fluxos são modificados), todo o sistema leva algum tempo para atingir um novo estado de equilíbrio dinâmico. Esse processo é análogo ao que acontece com um sistema em equilíbrio térmico no que se refere a questão temporal. Por exemplo, para atingir o equilíbrio térmico é necessário colocar um corpo em contato com outro, ambos com temperaturas diferentes, e aguardar determinado tempo para que todo o sistema alcance um novo estado de equilíbrio térmico. Por fim, salienta-se que

considerar as situações de equilíbrio dinâmico é importante porque gera discussões pautadas em questões do tipo: Será que a água vai acabar? Se há um ciclo, então a água não acaba? Qual é o equívoco dessa perspectiva? Como é a dinâmica das águas no planeta?

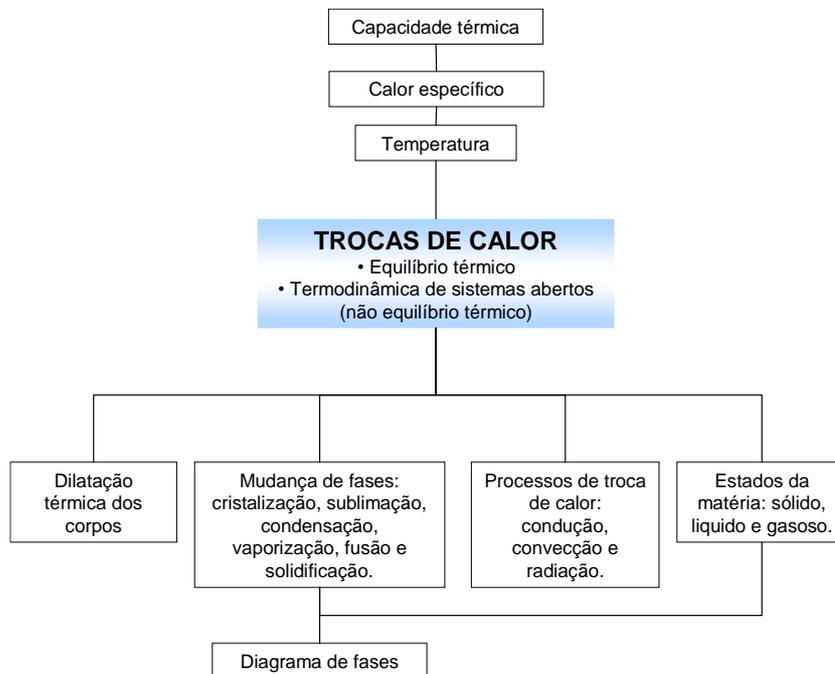


Figura 4 - Organização Conceitual sobre a questão das águas – Termodinâmica.

A organização conceitual sobre a questão das águas, denominada *Hidroestática e Hidrodinâmica* (**Figura 5**) traz alguns conceitos que não são tratados no ensino médio, especialmente a Hidrodinâmica. Os assuntos relacionados à Hidroestática tratam de conceitos como densidade, empuxo (Princípio de Arquimedes), pressão e Princípio de Pascal. A maior parte das discussões presentes nos livros didáticos está voltada às definições que interligam esses assuntos, tais como o conceito de densidade, que se relaciona com o de pressão que, por sua vez, se relaciona com o de empuxo. A água é tratada na Hidroestática não como objeto de estudo, mas como meio, onde os problemas de empuxo e equilíbrio podem ser analisados.

Um dos conceitos ausentes nos livros didáticos para o ensino médio que se mostrou essencial em uma discussão que considere, por exemplo, o percurso da água dentro de uma residência, é a vazão. Esse conceito é importante para uma discussão que considere os aspectos de equilíbrio dinâmico. Outro assunto importante para entender situações dinâmicas refere-se à equação de Bernoulli. É a partir de interpretações baseadas nessa equação que podemos explicar o comportamento de um fluido quando submetido à variação de pressão. Vale ressaltar que essa equação é apropriada para fluidos incompressíveis, com escoamento não turbulento e invíscido (sem dissipação de energia mecânica, sem viscosidade). Entretanto, também pode ser usada em algumas situações de fluidos compressíveis, como é o caso dos gases. A nosso ver, trabalhar os conceitos envolvidos nessa equação resolve grande parte das questões sobre o movimento das águas no interior de residências, por exemplo

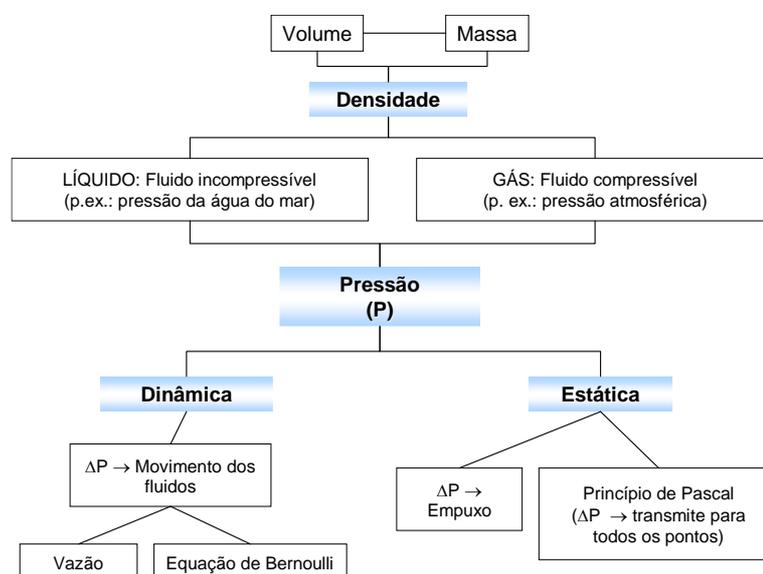


Figura 5 - Organização conceitual sobre a questão das águas - Hidrostática e Hidrodinâmica.

UM PERCURSO ABERTO SOBRE AS ÁGUAS: ARTICULAÇÕES ENTRE AS ORGANIZAÇÕES TEMÁTICA E CONCEITUAL

As escolhas do professor e da professora são pautadas por objetivos educacionais mais abrangentes, em que os temas e aspectos sobre a questão que se deseje privilegiar estão relacionados com os significados que podem assumir para seus alunos e alunas, no contexto em que estão inseridos. As abordagens sinalizam as muitas possibilidades, fazendo com que as escolhas possam ser conscientes e passíveis de serem explicitadas e discutidas com os e as estudantes. Em outras palavras, para cada contexto específico, diferentes propostas didáticas podem ser sugeridas, mais simples ou mais complexas, sem comprometer o sentido global. Nesse contexto, o/a docente pode optar por inserir aspectos que envolvam seus alunos e alunas em discussões mais próximas das suas realidades ou então pode decidir por discussões voltadas aos aspectos mais globais. Parece-nos, no entanto, que discussões que partem de problemas sociais locais contribuem para trabalhos mais envolventes em uma realidade próxima, nos quais os alunos e alunas buscam explicações e soluções para situações reais. Esse engajamento é essencial para a relação ensino-aprendizagem, em especial porque pode contribuir para a formação de cidadãos e cidadãs mais conscientes e responsáveis, capazes de intervir nas tomadas de decisões que regem suas comunidades, tal como aborda Auler (2007). Para nós, as escolhas são realizadas a partir da perspectiva da complexidade, tal como o faz García (1998) e Morin (2007), e da criticidade, tomando como referência a perspectiva freireana (Freire, 2005; Delizoicov, Angotti & Pernambuco, 2002). Como resultado das escolhas dos e das docentes, que se reflete em uma dada articulação entre os assuntos na organização temática e os conceitos na organização conceitual, propomos uma abordagem temática em que a orientação das ações toma por base a seleção de *percursos abertos* (Watanabe, 2008). A construção desses percursos requer, no entanto, a análise dos conhecimentos escolares envolvidos no tema e do levantamento dos aspectos/ assuntos mais relevantes referentes ao tema.

Os percursos abertos sobre a água são diversos, mas para esse artigo foi produzido um exemplo a partir da ideia de um *ciclo complexificado*. Com essa proposta pretende-se construir um ciclo mais abrangente que os tradicionais (aqueles encontrados na literatura), visando uma maior compreensão dos possíveis caminhos percorridos pela água e suas interações. Salieta-se que na maioria dos livros didáticos discute-se com ênfase os processos naturais envolvidos no ciclo hidrológico, desconsiderando a vida social humana no planeta. Uma representação típica do ciclo, ainda que elaborada, não inclui elementos da vida social humana ou mesmo da fauna e flora. Nesse caso, os seres vivos, ainda que sejam constituídas de 70 a 80% de água (em média), são tratados como entes desvinculados do ciclo hidrológico. Os principais aspectos ausentes nas representações de ciclo são: a água que atravessa ou está contida nos seres humanos, flora e fauna e seu trajeto nas sociedades, principalmente nos centros urbanos e rurais.

A elaboração desse ciclo visa mobilizar questões próximas à realidade dos(as) estudantes, de modo que percebam a inserção dos seres humanos em um ciclo mais complexo e amplo. Essa percepção pode suscitar novas indagações e, eventualmente, mudanças de comportamento quando se percebe quais

elementos são de fato relevantes diante da poluição local e do desperdício de água individual, além dos desperdícios coletivos. É evidente que essa proposta não tem uma representação única nem deve ser fonte única de referência. A mobilização de questões problematizadoras pode pautar-se, por exemplo, em uma série de atividades didáticas que remetem às atitudes voltadas à cidadania responsável. Questões dessa natureza revertem-se em problemáticas como: *Quais as fontes de água presente em sua região? De onde vem a água que abastece sua comunidade? Quais as características da água que chega na torneira da tua casa? Para onde vai a água que passa por sua residência? Você acredita que a água vai acabar? Se sim, por que? E o que fazer para evitar isso? A água da chuva é limpa? Ela pode ser reutilizada? A água usada por você hoje já foi algum dia usada por outra pessoa? A água será objeto de disputa no futuro? Quanto vale a água? Quanta água está disponível no mundo? Quanto é o consumo mundial?*

A **Figura 6** apresenta um tipo de organização do ciclo complexificado. Nesse caso, os percursos da água estão organizados a partir dos três reservatórios principais: continental, atmosférico e oceânico. Para uma breve análise, esses reservatórios são os pontos de partida para os caminhos que a água pode trilhar dentro do ciclo. Observando o reservatório oceânico, nota-se que a água contida nele pode evaporar ou infiltrar-se no continente (intrusão salina). No processo de evaporação, ela condensa e precipita. Nesse instante a água pode ser transferida para a atmosfera ou ainda apresentar-se em forma de chuva, granizo, neve, entre outros, nos continentes. O destino da água do reservatório atmosférico é muito parecido com o das águas oceânicas, diferentemente daquelas que atingem o reservatório continental. No reservatório continental, a água encontra diversos "obstáculos", acarretando na grande variedade de caminhos e tempos de residência possíveis. Por exemplo, a água da chuva que atinge os rios retorna mais rapidamente aos oceanos (tomando esse como reservatório de referência) do que aquelas que se infiltram no solo. Também é interessante abordar o percurso da água ao deixar uma estação de tratamento, já que a partir dela três caminhos são possíveis: residências, indústrias e agricultura. Notam-se que dados sobre o consumo de cada instância dá margem para discussões que remetem aos problemas que cada vez mais estão próximos da realidade das comunidades.

Uma das contribuições dessa organização, do nosso ponto de vista, está na possibilidade de trazer para a sala de aula uma discussão próxima à dinâmica e complexidade em que se apresenta o ciclo hidrológico, considerando, por exemplo, que as águas contidas no ciclo estão em movimento e que esse movimento pode ser alterado caso a temperatura da Terra se altere. Isso teria como consequência a retenção das águas em um dos reservatórios (como o oceânico), ocasionando a falta de água em lugares específicos do continente. Esse tipo de reflexão privilegia questões que estão abertas, ou seja, que necessitam de discussões mais profundas, capazes de identificar as variáveis que interferem em um sistema dinâmico como a Terra. Além disso, é a partir do enfrentamento da realidade, por exemplo, que a dificuldade de analisar essas variáveis emergem, dando espaço para o estabelecimento de atitudes que considerem os diferentes pontos de vistas da Ciência. Nesse percurso também é possível partir do princípio de que a proximidade com o problema pode gerar questões que mobilizem outras esferas do conhecimento que não somente a escolar.

Vale destacar que esse exemplo está voltado à realidade dos centros urbanos, onde existem estações de tratamento, água encanada, entre outros. É evidente que isso não se aplica a muitas regiões brasileiras, no entanto, outros aspectos podem ser abordados com tanto significado quanto esse.

Salienta-se que, a complexificação nessa proposta, do nosso ponto de vista, consiste em reintroduzir a diversidade. Isso envolve também aproximar os aspectos específicos que são mencionados nos textos didáticos (que dizem respeito em geral aos processos físicos), daqueles relacionados a outros aspectos e conhecimentos envolvidos com a questão da água. Isso significa, por exemplo, recuperar os vários e intrincados percursos da água, em suas relações e trajetórias do ponto de vista espacial, como um conjunto de difícil representação em sua complexidade, com inúmeros sistemas que se inter-relacionam através de uma infinidade de caminhos. Nessa linha, é possível identificar diversos subsistemas e, com certeza, diferentes níveis de organização, que podem indicar também diferentes níveis de abordagem. Por exemplo, tratar a água de uso cotidiano, no interior das moradias, envolve aspectos próprios e específicos, explicitados por uma certa vazão de entrada e de saída, da natureza dessa água e do "descarte" da água utilizada, dos gastos, da conta de água e de seu sentido social. Mas certamente os problemas e questões serão outros, se passarmos a considerar um outro nível de organização, como o constituído pelo consumo dos milhares ou milhões de habitantes de uma cidade, pela forma de captar, disponibilizar e tratar a quantidade de água necessária ao abastecimento. Ou ainda, as questões ganham também outros contornos, ao se considerar a regulação e interferência climática, o regime de chuvas, a interferência humana no ambiente, e os fluxos de água em um nível mais amplo.

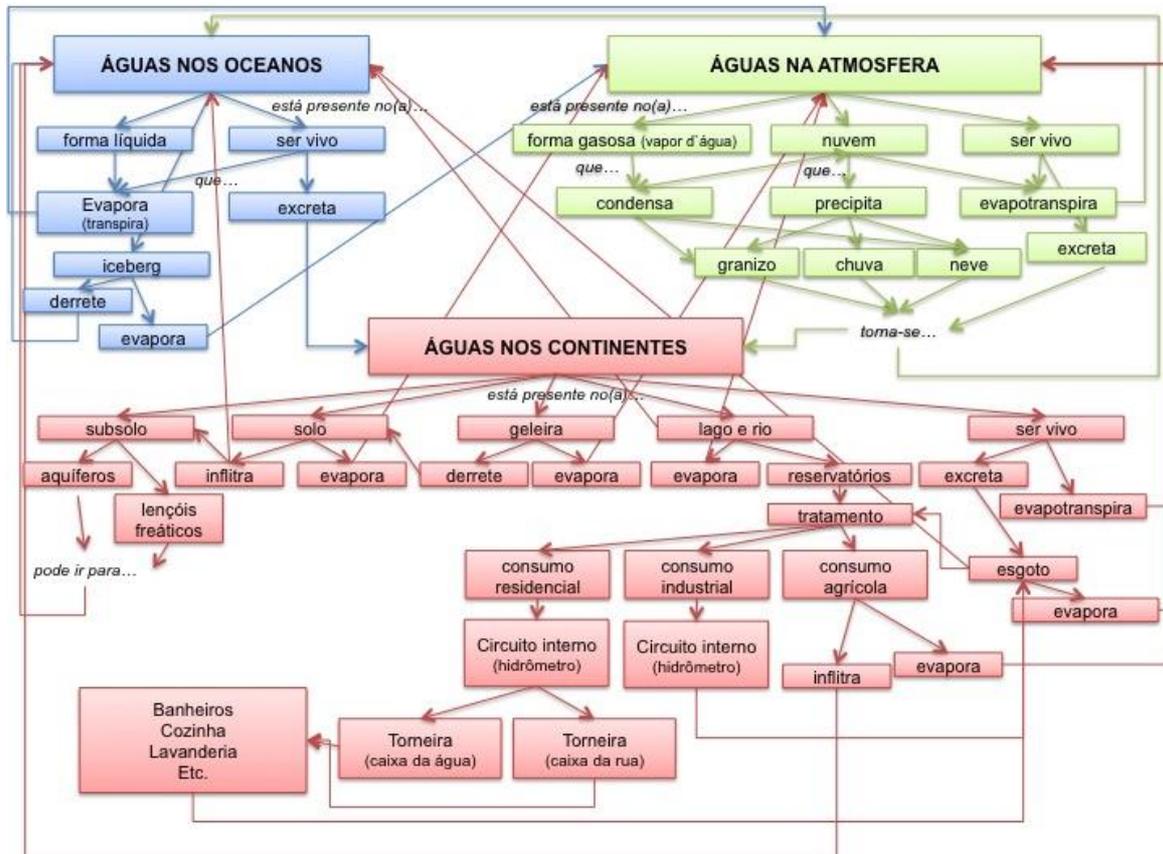


Figura 6 - Percurso aberto: um ciclo das águas complexificado.

A partir de um ciclo complexificado, as conexões dos reservatórios e a interdependência entre eles ficam explicitadas, evidenciando então a dimensão sistêmica contida no *metaconceito* sistema apresentado por García (1998). Esse ciclo também permite resgatar a impossibilidade de um tratamento da questão da água apenas ao nível próximo ou local. Isso se deve não só ao fato de que as águas se misturam e perpassam por tantos caminhos, mas, sobretudo, porque a existência do ciclo pressupõe conservação de quantidade total de água do sistema o que apenas tem sentido se considerado o conjunto das diferentes águas do planeta. Ao mesmo tempo, trata-se de uma água sempre em movimento (aspecto dinâmico, que pode ser traduzido em conceitos relacionados a transformação). Isso significa que nunca vemos, usamos ou analisamos a mesma água, embora haja sempre uma situação que, para sua abordagem, requer considerar aspectos dinâmicos, como na compreensão de seus equilíbrios que também serão dinâmicos. Nessa mesma perspectiva dinâmica, as relações temporais passam a ser imprescindíveis, pois os tempos de residência da água em seus vários e múltiplos reservatórios é condição necessária para compreender períodos de secas ou enchentes, disponibilidades maiores ou menores.

Outro aspecto essencial, relacionado ao caráter dinâmico, mas que não se reduz simplesmente a ele, é a função da água em todos esses percursos, interligando sistemas, promovendo a incorporação de substâncias, dispersando substâncias, alterando o relevo, a paisagem e a geologia dos ambientes. Não se trata simplesmente de uma água que passa, mas que transforma o ambiente ao passar. Além disso, há também seu aspecto essencial para a constituição e manutenção da vida, como o fluido indispensável no processo de promover a ordem a partir da desordem (enquanto fluido que mantém o ser vivo; ou enquanto a desordem - aumento da entropia - que leva a poluição; ou enquanto a ordem – diminuição da entropia – que pode ser interpretada como a despoluição). Assim, a mesma água que integra nosso ciclo também está em movimento continuamente nas plantas e animais, permitindo o funcionamento dos organismos e seu desenvolvimento. Podemos traduzir esses aspectos como os *metaconceitos* de interação e transformação de García (1998). Além disso, as interações envolvidas trazem, então, as águas em suas relações com a presença social humana para uma outra perspectiva, ainda que esse aspecto esteja subentendido. Cabe destacar que nessa representação não aparece explicitamente o mundo vivo visto que o objetivo é discutir a circulação da água e a possibilidade de acabar ou não. Logo, outras representações do ciclo teriam outros objetivos, dando margem a abertura para outras possibilidades. A complexidade aqui consiste também na

complementaridade das relações naturais e sociais, que interagem, entrecruzam-se, transformam-se, embora mantenham certas especificidades.

BREVES CONSIDERAÇÕES

As reflexões, resultados e práticas apontados ao longo dessa trajetória tinham, como perspectiva, buscar uma aproximação entre, por um lado, estratégias de ensino centradas em abordagens temáticas, e, por outro, programas mais tradicionais, com ênfase nos conteúdos científicos.

Em particular, a análise das reflexões de alguns autores sobre a articulação tema/conteúdo conceitual trouxe, como vimos, algumas indicações. De certa forma, há uma preocupação clara, nos autores investigados, em uma sistematização temática que possa orientar as atividades de ensino-aprendizagem, seja em forma de tramas de conteúdos (García, 1998), seja em forma de quadros síntese (Delizoicov, Angotti & Pernambuco, 2002). Ainda que não justifiquem a utilização dessas formas de organização, elas fazem parte implicitamente da compreensão que aparentam defender. No entanto, em ambos os casos os conceitos científicos (ou em particular, físicos), são apresentados de forma desarticulada das teorias e conhecimentos mais gerais da Física que lhes dão sentido. Essa seria, assim, uma das dificuldades ou das limitações a serem enfrentadas por essas abordagens, na direção que apontamos inicialmente.

Uma forma de superar esse problema, então, seria a proposta de que as atividades temáticas venham a ser estruturadas a partir de duas organizações, ou dois quadros de referências, sendo um estritamente temático e outro conceitual, com base nas estruturas conceituais da Física. A articulação entre ambos seria função do(a) professor/professora, diante das condições e contextos em que estiver trabalhando.

A perspectiva a ser propiciada nesse quadro de ação é a de buscar promover uma formação mais crítica de forma que alunos e docentes, em conjunto, possam ser protagonistas de suas aprendizagens. Abre-se a possibilidade de que venham a ser contemplados aspectos relacionados a concepções, atitudes e valores cotidianos, relacionados às temáticas, propiciando elementos para uma conscientização e, eventualmente, posicionamentos frente a situações atuais que envolvem riscos (Beck, 2010).

A proposta para promover esse tipo de formação inclui a necessidade de repensar a maneira de tratar os assuntos e conceitos que permeiam as aulas de Física, o que, do nosso ponto de vista, implica em considerar as organizações temática e conceitual que dão aos docentes espaço para fazerem escolhas tomando como referência suas concepções (visão de mundo) e realidades, que repercutem em percursos de aulas mais abertos. Quando o assunto se volta às questões socioambientais abertas e complexas, como é o caso de temáticas como a das águas, essas escolhas podem ser orientadas por elementos da complexidade.

Essas formas de organização não se opõem às ideias dos respectivos autores inicialmente considerados, nem no sentido da problematização de situações socioambientais nem na perspectiva de um conhecimento escolar que *complexifica* o conhecimento cotidiano. Ao contrário, acreditamos que permitem estabelecer ou localizar suas intenções de forma mais explícita e abrangente.

A construção dessas organizações requer uma reflexão mais ampla das dimensões das temáticas que podem vir a ser contempladas e, também, uma análise mais atenta às relações conceituais que dão suporte ao conhecimento científico desejado, aproximando-o das formas como compõem nos livros-texto. Criam, dessa forma, um conjunto de possibilidades muito grande, em que cada professor/professora, em cada intervenção, pode buscar apontar perspectivas diferentes, segundo os contextos e objetivos com que vier a trabalhar. Podem, assim, ampliar os sentidos das abordagens temáticas.

Com isso, é possível, também, reconhecer e promover uma maior autonomia para o trabalho docente, em um dos sentidos atribuídos a ela por Contreras (2002). Segundo ele, uma das formas pelas quais essa autonomia se exerce é quando os professores são protagonistas de seu projeto curricular. Ou seja, não aderem automaticamente a um programa pré-existente, mas geram continuamente novas propostas de ensino. A apresentação de temáticas e conceitos científicos, em formas estruturadas cada uma dentro de sua lógica própria, pode contribuir nessa direção.

O quadro geral de possibilidades apresentadas pelo conjunto das organizações a serem articuladas permite, ainda, explicitar a temática como um conhecimento complexo. Nesse sentido, fica claro que não haveria uma forma única de abordagem, nem nunca uma aproximação completa para o tema, muito menos seria possível sua linearização. A complexidade não se configura apenas pelo conjunto diversificado de subtemas. Mais do que isso, a complexidade impõe escolhas que delimitam visões específicas, ainda que

várias dessas visões possam vir a ser contempladas ao longo do tempo. E essas escolhas são importantes para que seja possível adequar os sentidos do conhecimento aos contextos em que se deseja construí-los. Além disso, as organizações são dinâmicas, porque exigem um contínuo repensar e uma atualização permanente.

Especificamente no que se refere à produção das organizações, é relevante destacar que diversos assuntos acerca do tema água foram indicados, ainda que aceitem e necessitem modificações, tornando o processo mais dinâmico e menos oneroso para o/a docente. Nesse sentido, o mapeamento prévio, a nosso entender, não é tarefa exclusiva dos professores e professoras, mas de uma equipe composta por coordenadores, docentes, licenciandos, pesquisadores entre outros, tal como propõem Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002). Entendemos que a construção das organizações é resultado de um processo dinâmico, uma vez que, a cada nova tentativa ou a cada novo fenômeno estudado, mais conceitos, conteúdos e assuntos relevantes e pertinentes passam a serem considerados.

No entanto, atividades desse tipo implicam em mudanças que nem sempre conseguem se efetivar facilmente nas práticas dos professores. Ainda assim, apontam possibilidades. De uma certa forma, requerem um trabalho inicialmente mais intenso, convidando a parcerias, que, em seguida, pode vir a se transformar em apropriação de novos procedimentos, com maior protagonismo para alunos(as) e professores(as). Sinaliza-se, assim, a necessidade de discutir e trabalhar, em se tratando de propostas temáticas, a própria construção de percursos educacionais comprometidos com a apropriação do conhecimento.

Por fim, salienta-se que as estratégias mencionadas aqui contribuem para a promoção de um olhar da Ciência que contemple aspectos da complexidade. Mas isso só será possível se houver uma preocupação dos educadores e educadoras em promover mudanças mais profundas, pautando-se em discursos menos reducionistas e deterministas. Isso implicará incorporar a complexidade no contexto educacional, do ensino e da própria epistemologia.

Agradecimentos

Esse trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), agências de fomento as quais agradecemos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Auler, D. (2002). *Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências*. (Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina), Florianópolis. Recuperado de <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/82610>
- Auler, D. (2007). *Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: Pressupostos para o Contexto Brasileiro*. *Ciência & Ensino*, 1 (n. esp.)
- Bardin, L. (2008). *Análise de conteúdo*. Portugal: Edição 70.
- Beck, U. (2010). *Sociedade de Risco*. São Paulo: Editora 34.
- Carvalho, F. R., Rodriguez-Marín, F., & Watanabe, G. (2016). The socio-environmental questions presented in the high school's didactic books of physics. In 2nd World Conference on Physics Education. Brasil: IFUSP. Recuperado: http://www.wcpe2016.org/arquivos/Poster_Presentations_2final.pdf
- Contreras, J. (2002). *A autonomia de professores*. São Paulo: Cortez.
- Delizoicov, D., Angotti, J. A., & Pernambuco, M. M. (2002). *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez.
- Demo, P. (1997). *Educar pela Pesquisa*. Campinas: Autores Associados.
- García, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Espanha: Díada Editora.
- Freire, P. (2005). *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

- Freschi, M., & Ramos, M. G. (2009). Unidade de Aprendizagem: um processo em construção que possibilita o trânsito entre senso comum e conhecimento científico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 156-170.
- Halliday D., & Resnik, R. (2009). Fundamentos da Física Volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC.
- Maldaner, O. A. (2007). Situações de Estudo no ensino médio: nova compreensão de educação básica. In Nardi, R. (Org.). *Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras.
- Morin, E. (2007). Introdução ao pensamento complexo. (3a ed.). Porto Alegre: Sulina.
- Nussenzveig, H. M. (1981). Curso de Física Básica: volume 2 - Fluidos. São Paulo: Editora Edgard Blücher.
- Prigogine, I. (1996). *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. São Paulo: Editora da UNESP.
- Reis, P. & Galvão, C. (2008). Os Professores de Ciências Naturais e a Discussão de Controvérsias Sociocientíficas: dois casos distintos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 746-772.
- Santos, W.L.P., & Mortimer, E. F. (2000). Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da Educação Brasileira. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(2), 133-162. [DOI:10.1590/1983-21172000020202](https://doi.org/10.1590/1983-21172000020202)
- Strieder, R. B. (2012). Abordagens CTS na Educação Científica no Brasil: sentidos e perspectivas. (Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo), São Paulo. [DOI:10.11606/T.81.2012.tde-13062012-112417](https://doi.org/10.11606/T.81.2012.tde-13062012-112417)
- Strieder, R. B.; Watanabe, G., & Gehlen, S.T. (2012). Abordagem de temas no ensino médio: compreensões de professores de física. *Revista Ensaio*. Belo Horizonte. 14(2),153-169. [DOI:10.1590/1983-21172012140210](https://doi.org/10.1590/1983-21172012140210)
- Tipler, P. (1995). *Física Volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica*. Rio de Janeiro: LTC.
- Watanabe, G. (2012). *Aspectos da complexidade: contribuições da Física para a compreensão do tema ambiental*. (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo), São Paulo. Recuperado de http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-13082012-104627/publico/Giselle_Watanabe_Caramello.pdf
- Watanabe, G. (2008). *Elementos para uma abordagem temática: a questão das águas e sua complexidade*. (Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo), São Paulo. Recuperado de http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-10042010-113405/publico/watanabe_kawamura_final.pdf

Recebido em: 21.02.2017

Aceito em: 21.08.2017