



## A TEMÁTICA AMBIENTAL FACE AOS SABERES DE REFERÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA

### THE ENVIRONMENTAL THEMATIC IN FACE TO THE REFERENCE KNOWLEDGE IN PHYSICS TEACHING

Ivã Gurgel<sup>1</sup>

Giselle Watanabe Caramello<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Educação/Universidade de São Paulo, gurgel@usp.br

<sup>2</sup>Instituto de Física/ FEP/ Universidade de São Paulo, gizwat@if.usp.br

#### RESUMO

As temáticas ambientais ganharam muita importância nos últimos anos, no entanto os currículos escolares não estão adaptados para formar cidadãos críticos em relação a estes tipos de questões. As dificuldades dos professores podem ser traduzidas como um limite que a própria organização disciplinar do conhecimento impõe. Com isso, o problema dos saberes de referência para a organização do ensino voltado a temática ambiental reaparece como uma questão teórica que não pode ser negligenciada. Neste artigo, busca-se tratar esta questão em três perspectivas diferentes, a *Transposição Didática* de Yves Chevallard, as *Práticas Sociais de Referência*, de Jean-Louis Martinand e a *Abordagem Temática* de José Eduardo García, para propor um modelo de saber a ensinar que organiza os elementos conceituais trazidos das disciplinas científicas através de uma hierarquia de questões sociais. Ao final é apresentada uma proposta de ensino sobre o tema *Energia*, como uma forma de implementação de um curso de Física voltado para questões ambientais.

**Palavras - chave:** saberes de referência, abordagem temática, ensino de física.

#### ABSTRACT

The environmental issues have gained importance in recent years, however the school curricula are not adapted to form critical citizens in these types of issues. The teachers' difficulties can be translated as a limit that the organization of disciplinary knowledge imposes. Therefore, the problem of reference knowledge for the organization of environmental education reappears as a theoretical question that can not be neglected. In this article, we attempt to address this issue in three different perspectives, the *Didactic Transposition* of Yves Chevallard, the *Social Practices of Reference*, by Jean-Louis Martinand and *Thematic Approach* by Jose Eduardo García, to propose a model to know to teach that organizes the conceptual elements of scientific disciplines through a hierarchy of social issues. By the end, it is presented a proposal for education on the subject Energy, as a way of implementing a course of physics focused on environmental issues.

**Keywords:** reference knowledge, thematic approach, teaching of physics.

#### INTRODUÇÃO

As problemáticas que envolvem o meio ambiente ganharam nos últimos anos papel de destaque nas discussões políticas e sociais. Cada vez se torna mais urgente tratar esses tipos de questões em sala de aula não somente porque os assuntos permeiam as esferas sociais ou políticas, mas porque nossos alunos terão que tomar decisões sobre suas condições de sobrevivência. Assim, acreditamos que não é

viável apenas alertá-los sobre as degradações que estão ocorrendo no meio ou mesmo lhes apresentar soluções imediatas. É preciso discutir com os alunos as raízes dos problemas ambientais para que eles sejam então capazes de compreendê-los e, a partir disto, se posicionarem criticamente em relações a tais questões. Para nós, esse tipo de discussão se dá por meio de uma educação ambiental crítica (Loureiro, 2006).

Vale ressaltar que em tal perspectiva de educação, as reflexões propostas não se limitam à uma visão antrópica que reduz as ações sociais à iniciativa de cada indivíduo. É importante considerar as estruturas sociais nas quais os cidadãos estão incluídos e suas formas de atuação nestas como principal meio de mudança. Desse modo, uma educação ambiental crítica que valoriza a formação cidadã também deve estabelecer relações claras com uma cultura social, científica e tecnológica consistente. Vale destacar que a cultura estabelecida numa sociedade não é homogênea, já que os indivíduos constroem diferentes visões de mundo, de acordo com o meio social que está inserido. Com isso, a educação promovida pelas escolas deve ter por objetivo capacitar minimamente os cidadãos para que todos possam atuar socialmente.

Segundo o espanhol José Eduardo García (1998), a maior preocupação deve se voltar aos processos de ensino que visem à formação de cidadãos críticos e conscientes para atuarem em suas sociedades. Desse modo, a escola deve *converter-se em um lugar de reflexão sobre as relações entre os seres humanos e, entre estes e o meio, como um motor de troca social que tem como objetivo educativo básico o que poderíamos denominar de enriquecimento do conhecimento cotidiano* (García, 1998; p.16). Em síntese, a educação se dá por meio da aprendizagem que está vinculada à cultura e à realidade vigente, onde a cultura e os conteúdos escolares se tornam intrinsecamente ligados, o que nos remete a um ensino não neutro. É, portanto, necessário incorporar no processo de elaboração de currículos e sequências de ensino uma análise sobre a função social da escola, explicitando as intenções educativas que permeiam e determinam o conhecimento escolar, assim como as formas de conhecimentos implicadas nessa formulação.

Dentro da perspectiva educacional ambiental, um aspecto a ser considerado são as relações complexas que podem influenciar os fenômenos naturais que envolvem o problema. Por exemplo, quando os professores percebem a necessidade de tratar questões ambientais (ou a eles são impostos o tratamento de tais temas), muitas vezes promovem ações imediatas que pouco fazem sentido para os alunos fora do âmbito escolar. Mesmo considerando a importância dessas ações, nossa intenção ao promover uma educação ambiental crítica é dar condições para que o aluno seja capaz de analisar os processos e ações que influenciam um fenômeno natural. Desse modo, uma proposta ambiental requer tratar um assunto complexo, desde seus aspectos conceituais até as relações sociais, políticas e econômicas, como dito anteriormente. Esse tratamento sobre o tema conduz a análise das condições globais e não situações isoladas como estamos acostumados a fazer quando, por exemplo, tentamos solucionar problemas locais com argumentos que podem dar resultado em longo prazo. A necessidade de uma visão holística em relação aos problemas ambientais nos parece definir a própria natureza das questões tratadas quando refletimos e trabalhamos sobre este tema.

Desta forma, uma questão que se apresenta prontamente, a quem busca promover nas escolas uma educação ambiental que se baseia nos pressupostos apresentados anteriormente, é a de como organizar um ensino que dê minimamente conta de questões que se referem a diferentes esferas do conhecimento e da sociedade e, ao mesmo tempo, possa ser praticado nas escolas que, em sua maioria, se baseiam em uma organização disciplinar. Vale aqui destacar que o problema não apenas vem de uma organização tradicional da escola, mas ele se impõe claramente frente à formação do professor, que é feita dentro da perspectiva das disciplinas acadêmicas. Com isso, consideramos que o caminho a ser percorrido em direção a novas perspectivas educacionais, que possam ser implantadas nas escolas em sua maioria, é o de como fazer com que as disciplinas se aliem à problemas que explicitamente fogem de seu domínio, para constituirmos um saber escolar que possa ser praticado pelos professores que atuam em nossas salas de aula. Notamos que, neste trabalho, apenas abordaremos a questão da organização curricular, deixando a questão da formação de professores para futuros trabalhos.

## TEMAS AMBIENTAIS E O PROBLEMA DOS SABERES DE REFERÊNCIA.

A noção de saberes de referência aparece claramente e de uma maneira bastante própria na obra do francês Yves Chevallard intitulada *A Transposição Didática: Do Saber-Sábio ao Saber-Ensinado*, de 1985<sup>1</sup>. Nesta obra o autor busca analisar como se constitui os conteúdos ensinados em sala de aula, fazendo uma análise específica para a disciplina de matemática. Chevallard irá considerar que a referência dos saberes escolares é o *Saber-Sábio*, que é constituído pelos conhecimentos elaborados por um domínio do conhecimento acadêmico ou universitário, que guarda suas especificidades, como a Matemática, a Física, a Biologia etc. Para este saber se tornar um conhecimento escolar, este deverá ser transformado, isto ocorrendo em duas etapas. Primeiramente, ele se torna um *Saber-a-Ensinar*, que é bem exemplificado pelos livros didáticos e currículos que estalecem os conteúdos de ensino. Em um segundo momento, o *Saber-a-Ensinar* se torna *Saber-Ensinado*, quando o professor reorganiza estes conhecimentos para trabalhá-los em sala de aula.

Um primeiro ponto importante de se destacar nesta elaboração é a constatação que o autor faz ao afirmar que em cada etapa um novo saber se constitui. Isto é importante por mostrar que o conhecimento escolar tem características epistemológicas próprias que o diferencia de outros saberes. Em outras palavras, para que o saber se adeque à sala de aula e seja objeto de ensino, ele precisa se estruturar de uma forma própria que contemple as exigências didáticas do trabalho em sala de aula<sup>2</sup>.

Dentro da própria teoria proposta, considera-se a presença de fatores externos na constituição do conhecimento escolar. Chevallard chama de *noosfera* este conjunto de influências externas que atua desde a seleção até a organização do conhecimento pelo professor. Podemos identificá-la quando, por exemplo, organismos governamentais atuam na constituição de currículos, quando educadores exigem renovações didáticas ou mesmo quando pais e alunos intervêm na prática do professor. Assim, a *noosfera* é uma esfera de influência que é independente do próprio conteúdo conceitual ensinado e de seus representantes.

No entanto, mesmo considerando a influência da *noosfera*, na perspectiva da *Transposição Didática* o saber escolar criado se baseia fundamentalmente nos conhecimentos estruturados dentro do *Saber-Sábio*, que limita o contexto de questões abordadas aos problemas trabalhados dentro de uma matriz disciplinar. Com isso, mesmo considerando que o contexto de ensino é diferente do da pesquisa científica e que o saber se reestrutura para se tornar um *Saber-a-Ensinar* coerente com a sala de aula, o que para nós é importante destacar é que a “fonte” dos saberes sempre acaba se limitando ao corpo de conhecimentos do *Saber-Sábio* e a estruturação do ensino acaba tendo como principal compromisso a relação com este saber, no que o autor chama de *Vigilância Epistemológica*.

Paralelamente à elaboração da transposição didática, Jean-Louis Martinand elabora a noção de *Práticas Sociais de Referência*. O próprio autor aponta que o desenvolvimento dos dois trabalhos se deu independentemente um do outro (Martinand, 2003), mas que isso não significa que eles sejam excludentes.

Inicialmente o trabalho de Martinand visa compreender as influências no funcionamento do sistema de ensino, isto é, como elementos exteriores à esfera do saber e à esfera escolar fazem parte deste sistema. Para este autor esta análise deve considerar não somente os conteúdos conceituais, mas, entre outras coisas, seus contextos e papéis sociais. A noção elaborada por Martinand tem um significado que não é o mesmo da noção de *noosfera*. Diferente desta, a idéia de práticas de referência dá um maior valor às práticas sociais ou tecno-sociais, pois Martinand aponta que estes elementos da sociedade não aparecem apenas influenciando o saber sábio durante a transposição, mas determinando o que deverá ser ensinado (Martinand, 2003). Assim o autor propõe que devemos refletir sobre essas práticas de modo a explicitar como elas podem e devem fazer parte do sistema escolar.

Comparando as propostas de Chevallard e Martinand vemos que no segundo caso os saberes destinados ao ensino estão mais abertos às possibilidades. A própria noção de *prática* reforça o caráter

---

<sup>1</sup> Este conceito já havia previamente sido apresentado em um artigo anterior (Chevallard e Johsua, 1983), mas que é mais bem explorado na obra citada.

<sup>2</sup> Jean Pierre Astolfi apresenta um conjunto de cinco regras para o processo de transposição didática que dariam estas características ao saber escolar (Astolfi, 1993)

social deste saber de referência. No entanto, sua abordagem é pouco explícita em relação à complexidade de determinadas questões, que exigem no momento de reflexão uma pluralidade de perspectivas teóricas e, principalmente, leva em conta os diversos grupos sociais que desempenham diferentes papéis frente à determinado problema. Este é o caso das questões ambientais, que envolvem, como afirmamos anteriormente, um conhecimento da dimensão fenomenológica de certos eventos naturais, mas também uma reflexão sobre as possíveis atuações cidadãs perante a tal tema.

García (1998) também aponta para a complexidade das questões ambientais e sua relação com o âmbito social. Segundo o autor, a organização do conhecimento está baseada num conhecimento escolar estruturado e hierarquizado, assim como num processo dinâmico de idéias. Em sua proposta, três níveis de organização são essenciais para estabelecer o conhecimento: o primeiro refere-se à visão de mundo, o segundo trata de organizar didaticamente as idéias (tramas de conteúdos) e o terceiro refere-se ao como ensinar a partir da perspectiva do aluno. Em outras palavras, para organizar o conhecimento é preciso considerar as questões epistemológicas (conteúdos do saber implicados a uma determinada disciplina escolar); psicológicas (dá indicações sobre a adequação dos conteúdos selecionados, considerando a organização cognitiva do aluno) e sociológicas (contribui na determinação dos conteúdos culturais que os alunos devem incorporar para chegar a ser membro ativo de sua comunidade).

A complexidade de temas, segundo García (1998), pode aproximar os temas do cotidiano dos alunos à sala de aula, estabelecendo-se assim relações mais complexas entre os diferentes conhecimentos. Para ele, o conhecimento escolar é influenciado tanto pelos conhecimentos científicos como pelos cotidianos. Ele ainda ressalta que problemas e assuntos relevantes na esfera cotidiana podem se tornar temas escolares desde que esses considerem as possíveis relações estabelecidas com os conceitos científicos. Com isso, o autor irá definir como eixo orientador o *conhecimento metadisciplinar*, tido como: *um conhecimento que serve como um eixo que integra, articula e orienta a formulação e organização do conhecimento escolar e que não deve ser identificado só como um conhecimento conceitual, pois inclui também procedimentos e valores.*” (García, 1998, pg.89)

O que se mostra interessante na proposta deste autor é a busca para incorporar, ainda que considerando suas peculiaridades, algumas das necessidades apontadas tanto pela *Teoria da Transposição Didática*, quanto pelas *Práticas Sociais de Referência*. Isso se dá pois ao mesmo tempo que partimos de questões que têm suas raízes nas necessidades sociais dos alunos, ela considera a possibilidade de tratarmos estas questões dentro de um corpo teórico que faz referência a conhecimentos forjados na perspectiva do saber disciplinar. Vale ressaltar que García (1998) trata aspectos amplos que incorporam outras questões, como a relação entre as esferas escolar, científica e cotidiana. No entanto, nossa proposta vai ao encontro de uma discussão menos ousada, já que buscamos elencar algumas idéias que possam subsidiar nossa proposta.

As afirmações anteriores nos levam a considerar um novo quadro hierárquico para a questão dos saberes de referência para o ensino. Podemos pensar em um eixo epistemológico que considera um conjunto de conteúdos selecionados a partir de uma disciplina pré-estabelecida. Chamaremos esta seleção de *organização conceitual*. Estes conceitos nos permitem trabalhar atividades didáticas dentro da perspectiva de um saber consensual (que é uma das necessidades estabelecidas pela *Transposição Didática*) e que podem ser abordadas por um especialista, neste caso representado pelo professor de uma determinada disciplina. No entanto, a seleção e organização dos conteúdos se dará um função de sua relevância em relação aos problemas sociais a serem considerados e, ao mesmo tempo, podendo ser acrescidos de elementos trazidos da perspectiva cultural que o aluno vive. Neste sentido, a idéia de uma *Vigilância Epistemológica*, que busca resguardar determinadas características do *Saber-Sábio* quando este se torna um *Saber-a-Ensinar* ou um *Saber-Ensinado*, deve ser suprimida em prol do que poderíamos arbitrariamente chamar de uma *Vigilância Sócio-Cultural*, que busca identificar se a seleção de conteúdos não está sendo demasiado simplista face à complexidade das questões levantadas ou mesmo se apresenta distante dos objetivos educacionais a serem alcançados e da realidade dos alunos. Com isso, sistematizaremos os temas selecionados à partir de sua relevância social, política e econômica no que denominamos *organização temática*.

Ainda considerando esta proposta de hierarquia que privilegia conteúdos que se tornam significativos de acordo com o problema proposto, vale ressaltar que sua relação e importância teórica como meio de reflexão sobre determinados temas devem ser trabalhadas explicitamente com os alunos. Isto significa dizer que pode haver mais sentido em se apresentar conceitos aos alunos se estes puderem reconhecer sua importância e mesmo praticarem o que se configurará em possíveis ações futuras. Este é o momento em que o saber se complexifica e um conceito ganha a riqueza de significado necessária, valorização exigida pela dificuldade do tema abordado. Aqui novamente se torna importante abirmos mão da operacionalização formal dos conteúdos (exemplificada pelos exercícios numéricos ou analíticos nas disciplinas científicas), para a prática do saber em contextos muito além da esfera científica.

No item seguinte, discutiremos um exemplo de abordagem em sala de aula que trata os conteúdos escolares e as questões sociais, políticas e econômicas que permeiam um tema ambiental. Nesta análise buscaremos demonstrar como conteúdos provenientes de uma disciplina científica podem ganhar uma significação complexa dentro de um tema ambiental proposto.

## **TEMAS AMBIENTAIS NAS AULAS FÍSICA**

Os temas ambientais tratados em sala de aula sem que tenham significados e relações conceituais bem estabelecidas conduzem apenas a uma série de relatos sobre questões que envolvem o meio como, por exemplo, as discussões que colocam as causas antrópicas como o único problema do aquecimento global. Acreditamos que é possível propor aulas pautadas em assuntos ambientais que podem acarretar numa temática, pelo menos inicialmente, mais sedutora e próxima da realidade discente e que seja capaz de analisar coerentemente as possíveis causas dos fenômenos naturais. Para que essas aulas sejam mais organizadas tanto no que se refere aos aspectos conceituais quanto aos políticos, econômicos e sociais que envolvem o tema ambiental, discutimos nesse item alguns elementos que podem contribuir para uma abordagem temática-conceitual mais significativa.

O primeiro deles a ser considerado refere-se à busca de temas ambientais próximo do cotidiano do aluno ou de sua esfera de interesse (por exemplo, temas ambientais abordados pela mídia ou vivenciados por seu país). As escolhas que partem dessa premissa podem dar maior significado para a aprendizagem que se espera em sala de aula, já que o aluno se sente responsável pelas escolhas e tomada de decisões que terá em sua comunidade. Essa responsabilidade futura o faz procurar novas informações, refletindo no possível engajamento nas discussões propostas nas aulas de Ciências. Os temas selecionados também podem ser baseados nas temáticas de interesse da escola. Neste caso, aqueles mais amplos e que envolvem toda a comunidade são mais adequados. Entre inúmeras possibilidades, podemos tratar, por exemplo, a questão da energia e então chegar à discussão sobre o aquecimento global ou as enchentes localizadas e então analisar as ações políticas e sociais que foram implantadas, assim como a localização e formação do terreno.

Outro elemento que deve ser considerado se refere aos significados conceituais e relações explicitadas numa questão ambiental, em outras palavras, as dinâmicas dos processos naturais. Por exemplo, não é possível dar base para os alunos argumentarem sobre a futura escassez de água se seus conhecimentos são restritos a um ciclo hidrológico estático, no qual as águas desse ciclo apresentam caminhos pré-estabelecidos (do mar evapora para a nuvem que então chove no continente), onde as cidades ou o próprio ser humano está excluído desse processo. O uso dos conteúdos escolares organizados e muitas vezes simplificados se faz necessário em diversas ocasiões, principalmente para definição de conceito, mas ele não pode permear todo o ensino das Ciências. Desse modo, acreditamos que as relações dinâmicas que incluem análises e conclusões que podem ser abertas devem fazer parte do cotidiano escolar. A nosso ver, dar argumentos para que os alunos tomem decisões em sua vida também inclui discutir as questões ambientais dinâmicas pautadas em diferentes modelos, onde não há uma única solução para o problema.

A produção de uma proposta didática envolve a escolha prévia de diversos fatores como: a idade ou período de aprendizagem do aluno, as possíveis disciplinas teóricas que podem abarcar o tema, as concepções educacionais presentes em cada instituição etc. No entanto, para essa discussão,

nos determos apenas nesses dois elementos tendo como exemplo o tema energia tratado no Ensino Médio, na disciplina de Física. O tema energia foi selecionado devido à ampla abordagem que proporciona, seja porque está relacionado com questões ambientais e socioeconômicas ou porque abarca uma série de relações com conceitos importantes das ciências. Ele repousa nas questões socioeconômicas, por exemplo, quando nos deparamos à soberania de países devido ao armamento nuclear ou a implementação de usinas nucleares pelo mundo ou mesmo em relação ao custo de produção de energia e suas formas de consumo. Quanto aos fatores ambientais, basta lembrar-se da liberação de gases estufa em áreas alagadas para a produção de energia elétrica (usinas hidrelétricas) ou do lixo atômico produzido nas usinas nucleares. Enfim, a partir desse tema é possível abordar uma série de questões ambientais amplas que se relacionam com uma comunidade.

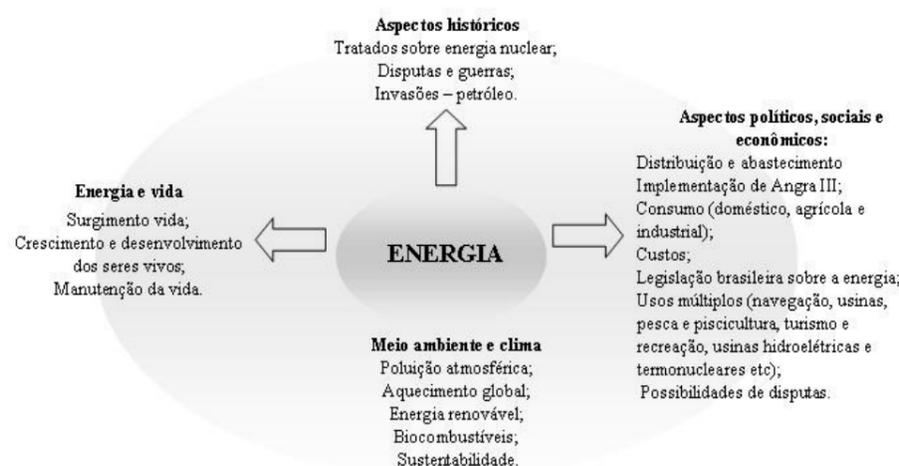
Para a discussão que se segue, organizamos dois momentos distintos. No primeiro, tratamos da organização temática e conceitual sobre a energia e, no segundo momento, o percurso didático.

#### • Organização temática e conceitual

Para tratar o tema energia selecionamos alguns livros do tipo paradidáticos, de divulgação científica, *sites* na Internet, notícias de jornal, entre outros. A partir desse material construímos um quadro geral que aponta as diversas questões, organizadas segundo os critérios próprios envolvidos. Trata-se, portanto, do que denominamos de organização temática (Watanabe e Kawamura, 2008) que representa apenas, de forma organizada, os aspectos e idéias relativas ao tema do ponto de vista de um enfoque global, a partir do reconhecimento desse tema em diferentes espaços. Nesse sentido, a nossa estrutura temática está relacionada ao olhar sobre o mundo cotidiano, o que difere das tramas de conteúdos ou conceitos desenvolvidas por Astolfi e Develay (1989) e García (1998).

Como em toda organização desse tipo, não existe certamente uma forma de representação única. Logo, nessa organização temática simplificada sobre energia (**Figura 1**), procuramos elencar alguns potenciais assuntos que poderiam fazer elo com os nossos interesses e dos alunos em questão.

**Figura 1** – Organização temática simplificada sobre energia



Na organização temática, procuramos sistematizar assuntos como a distribuição e produção de energia no Brasil, evidenciando a implantação da usina nuclear de Angra III. Também inserimos o bloco denominado *Meio ambiente e clima*, já que nosso interesse também é tratar as questões como a poluição atmosférica e as energias renováveis. Note que, em nossa representação, esse bloco perpassa os outros. Isso se deve às relações amplas que podem ser feitas quando tratamos de assuntos ambientais. No bloco *Energia e Vida* estão dispostos potenciais discussões realizadas principalmente na disciplina de Biologia, assim como no bloco *Aspectos Históricos* estão questões voltadas às disputas e poder, aspectos geralmente tratados nas disciplinas relacionadas às humanidades. Vale ressaltar que as discussões nesses blocos podem contar com a participação de outros docentes ou então se reduzir a inserção de materiais de dessas áreas do conhecimento.

Para organizar os conceitos que poderiam ser tratados, optamos por tomar como referência o currículo de Física do primeiro ano do Ensino Médio, sendo este representado pelos livros didáticos. A organização conceitual (Watanabe e Kawamura, 2008) simplificada sobre energia (**Figura 2**) traz apenas os principais conceitos físicos, sem a preocupação de traçar os vínculos com outras disciplinas. Vale ressaltar que esta estrutura em desenvolvimento ainda está muito limitada, mas serve como parâmetro para nossa discussão.

**Figura 2** – Organização conceitual simplificada sobre energia



Na organização conceitual, sistematizamos os conteúdos relacionados ao tema energia segundo a disposição adotada no primeiro ano do Ensino Médio. É evidente que outros assuntos que se vinculam ao tema poderiam ser considerados, no entanto, optamos por mantê-la tal como os professores a encontram nos livros didáticos. Acreditamos que, desse modo, poderemos iniciar a discussão sobre o percurso didático a partir do material que é de fácil acesso ao professor. Também é notável a existência de um bloco denominado *Possibilidades*. Nele o docente pode inserir assuntos que sejam adequados ao currículo adotado na sua escola ou que contemplem outros interesses pedagógicos.

As discussões vinculadas ao tema energia são muito ricas, no entanto, nos livros didáticos elas se resumem nas formas de energia e sua classificação. Segundo essa abordagem, algumas fórmulas são discutidas e então os alunos passam a calcular valores de velocidade por meio da energia cinética ou de massa por meio da energia potencial gravitacional, entre outros. Em outras palavras, o trabalho com o tema se resume a uma organização conceitual, onde se trata de transformações de uma energia em outra, permeada de cálculos com pouco vínculo cotidiano.

Note que não defendemos a exclusão desse tipo de assunto no âmbito escolar, mas propomos que ele seja tratado de forma mais próxima da realidade dos alunos, ou seja, que também considere as transformações que ocorrem no mundo, as visões de mundo estabelecidas e os problemas sociais que circundam a questão. Propomos considerar as definições dos livros didáticos, pautando-se também nas questões intrigantes que são levantadas na organização temática. Para tanto, no próximo tópico, procuraremos vincular essas duas organizações, culminando num exemplo de percurso didático.

#### • **Percurso didático**

Para que se possa fazer uma proposta temática, a questão, o tema ou o problema são os elementos centrais, em torno dos quais são construídas, pelo professor, as propostas de atividades que denominamos percurso didático. No entanto, respeitando dentro de certos limites a cultura escolar, acreditamos que essas atividades devem ter como pano de fundo a Física dos livros didáticos e das seqüências curriculares vigentes.

Nossa experiência mostrou que a construção de uma proposta temática consiste na articulação dos dois níveis de organizações: temática e conceitual. Ou seja, trata-se de buscar delimitar alguns aspectos do tema a serem privilegiados e o subconjunto dos conceitos físicos a serem trabalhados e

articulados. Para isso, tanto a organização temática como a conceitual são essenciais, na medida em que permitem situar, delimitar e dar sentido aos aspectos abordados.

Nessa escolha ou delimitação, as intenções do ponto de vista dos objetivos educacionais, ou do ponto de vista do desenvolvimento das competências formativas, tornam-se fundamentais. Não nos parece que possa existir um caminho único, mas diferentes recortes em função de diferentes intenções.

A seguir, esquematizamos um percurso didático (**Tabela 1**) com os elementos de uma proposta para sala de aula. Nesse percurso, procuramos privilegiar aspectos do cotidiano próximo por meio de questões veiculadas na mídia. Note que tais questões devem ser capazes de evidenciar o problema de transformação e obtenção de energia, incluindo os riscos e vantagens da energia nuclear. É evidente que os conceitos tradicionalmente tratados nessa série são contemplados, no entanto a abordagem dada pode aproximar de alguns conceitos que são tratados em séries posteriores.

**Tabela 1:** Percurso didático a partir das organizações conceitual e temática

Conteúdos e assuntos de referência	Exemplos de estratégias e atividades
Relação entre energia e sociedade	→ Socialização: O que é energia? → Leitura e discussão do texto: Evolução histórica da produção e consumo de energia.
Formas de energia	→ Análise, por meio de imagens, das transformações de energia que ocorrem numa cidade.
De onde vem a energia presente nas fontes?	→ Atividade experimental: calorímetro - medir a radiação que atinge a superfície terrestre, tomando como base a área da escola.
Energia cinética Energia potencial gravitacional Energia potencial elástica Conservação de energia mecânica	→ Aula expositiva pautada no livro didático, com resolução de exercícios. → Atividade experimental: construção de um foguete com garrafas plásticas – PET.
Identificando as transformações de energia	→ Atividade experimental: montagem de um modelo de controle remoto.
Geração de energia – Usinas	→ Atividade experimental: modelo de usina elétrica. → Atividade: abrir um gerador (motor elétrico)
Energia nuclear	→ Assistir a um vídeo sobre a bomba de Hiroshima e discutir as implicações sociais da utilização da energia nuclear. → Apresentação: o que é energia nuclear? → Discussão sobre o funcionamento das usinas termonucleares.
Energias do futuro	→ Atividade experimental: montagem de um mini foguete com intuito de discutir as limitações de se utilizar H e O na produção de energia “limpa”.
Perspectivas energéticas	→ Apresentação da situação atual do planeta no que se refere a produção de energia elétrica. → Debate sobre uso de energia, com o foco na poluição ambiental.

Esse percurso didático tem como foco discutir a questão energética do país e no mundo, procurando evidenciar os benefícios e malefícios na obtenção de energia por meio de diferentes usinas. O trabalho proposto se inicia com uma discussão sobre a relação entre energia e sociedade, evidenciando a problemática que se instaura a partir da Revolução Industrial, ou seja, a dependência social e econômica do petróleo. Essa discussão resgata parte da evolução científica e tecnológica, já que revela algumas descobertas importantes realizadas desse período como a primeira máquina para drenar a água das minas de carvão, em 1712, produzida por Thomas Newcomen. A partir dessa

discussão, é possível estabelecer algumas relações com a atual dinâmica social na qual estamos submetidos. Em seguida, por meio de algumas imagens que podem ser fotos da região próxima à escola, os alunos identificam as fontes de energia e as transformações que estão ocorrendo. Com as fontes de energia identificadas, o professor aborda as características da nossa principal fonte de energia: o Sol. Esse tipo de questão pode conduzir a discussão sobre estrelas de pequena massa e, em uma primeira aproximação, sobre fusão nuclear. Para que os alunos tenham noção da radiação que atinge a superfície terrestre sugerimos uma atividade experimental utilizando um calorímetro que contém uma placa de cobre. Nesta atividade é possível calcular a radiação incidente na superfície metálica e então extrapolar para a radiação que atinge a superfície terrestre. É interessante notar esses cálculos resgatam informações e habilidades específicas da Matemática, algo que já afirmamos ser importante mesmo no tipo de proposta que defendemos. Por outro lado, algumas passagens nos cálculos e mesmo a interpretação de dados encontrados na literatura devem ser discutidos e orientados pelo professor, para que estes ganhem significados físicos.

O andamento das aulas segue com a apresentação e discussão de alguns conceitos como energia cinética e potencial, incluindo a resolução de exercícios propostos no livro didático. Também é interessante discutir as energias envolvidas num lançamento de foguete feito de garrafas plásticas – PET. Essa atividade pode ser proposta por meio de uma competição, onde as equipes devem construir foguetes que atinjam a maior altitude, ou seja, aquele foguete que “sobe mais”. Nesse caso, é possível discutir a energia cinética sendo convertida em potencial gravitacional. Também se pode calcular a altura que cada foguete atinge, desconsiderando-se a resistência do ar ou outros fatores que podem influenciar essa medida. No momento seguinte, os alunos que já identificam as transformações de energia, são levados a pensar numa situação onde há diferentes formas de energia sendo transformadas. Para tanto, eles podem construir um modelo de controle remoto que é acionado por meio de um piezelétrico que está conectado a uma placa de alumínio. Ao acionar o piezelétrico há produção de pulso elétrico que é capaz de acender uma lâmpada que não está diretamente ligada ao circuito. Vale ressaltar que esse tipo de atividade é facilmente substituído por outra, desde que seja possível discutir as transformações de energia. Esta é uma discussão fundamental pois torna claro a idéia de “obter” energia significa transformar um tipo de energia em outro.

Na aula sobre *Geração de energia – Usinas*, os alunos podem iniciar a discussão levantando os problemas relacionados ao tema. Isso vai desde a conta de luz até a implementação de Angra III, interessante para o contexto Brasileiro<sup>3</sup>. Dados veiculados na mídia podem trazer muitos parâmetros e inserir novos assuntos nesta discussão. A montagem de mini foguete, capaz de se movimentar a partir de uma reação química que tem como produto final água, é bastante interessante porque traz algumas questões conceituais e socioeconômicas (possibilidades de produção de energia a partir de fontes alternativas – renováveis) que são instigantes para a discussão sobre energias renováveis.

Por fim, os alunos encerram esse percurso discutindo os atuais problemas relacionados ao meio ambiente e a produção de energia elétrica, identificando-a como fundamental para a manutenção e desenvolvimento de uma nação. Discutem as implicações sobre a produção de energia nuclear, apontando tanto os fatores de riscos como os benefícios que esse tipo de energia pode gerar. Também percebem as relações entre as questões sociais, políticas e econômicas ao se depararem com informações sobre as guerras travadas pelo petróleo. Eles ainda são capazes de perceber as limitações na produção de energia renovável e identificar países que estão preocupados com a questão.

É interessante que esse trabalho transcenda à sala de aula, portanto o professor pode promover momentos de debates com a comunidade ou com outros alunos de outras séries. Também é conveniente propor exposições em locais públicos onde os alunos levantem a questão ambiental e os problemas relacionados à queima de combustíveis fósseis, entre outros. A partir de nossa experiência sobre exposições temáticas, destacamos o trabalho que realizado numa escola sobre energia nuclear. Nele os alunos discutiram o texto “A sombra da Bomba atômica sobre nós”; assistiram ao documentário “Rádio Bikini” (mostra situações reais dos testes nucleares americanos logo após a Segunda Guerra Mundial) e participaram de apresentações sobre evolução do controle das armas

<sup>3</sup> Angra III é uma usina nuclear em fase de construção no estado do Rio de Janeiro.

nucleares. Nesse trabalho, os alunos organizaram pôsteres sobre os diferentes usos dessa energia e discutiram ética na utilização da energia nuclear, em especial na produção de bombas atômicas.

Ainda que esse exemplo não seja o ideal e nem um modelo a ser seguido, acreditamos ter conseguido relacionar alguns aspectos conceituais aos temáticos, sem deixar de considerar a dinâmica escolar. Assim, mais do que abordar conceitos nas aulas essa proposta é capaz, a nosso ver, de formar cidadãos mais conscientes em suas comunidades.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No início deste trabalho buscamos apresentar a importância de uma educação ambiental crítica, que servisse como meio de reflexão e ação social perante à problemas que são reconhecidos por sua importância e grande complexidade. Devido às características de tais questões, que não se reduzem a uma matriz disciplinar única e estabelecida, buscamos identificar a dificuldade de se organizar um currículo que pudesse satisfazer minimamente às novas necessidades presentes na formação de um cidadão. Do ponto de vista teórico, essa dificuldade de organização foi identificada como a *problemática dos saberes de referência ao ensino*. A perspectiva teórica que este trabalho buscou construir teve como objetivo mostrar a importância de dois eixos organizadores para o ensino. Por um lado, consideramos a elaboração baseada em um eixo conceitual que dá consistência epistemológica ao percurso didático, ao se basear em saberes que são consensuais na comunidade científica. De forma complementar, consideramos um eixo temático, que busca identificar um tema relevante ao ensino, do ponto de vista social, e as possibilidades de tratarmos questões relevantes à formação cidadã. Considerando estas duas bases de referência, passamos a apresentar uma proposta didática que buscasse suprir ambas necessidades. Para isso, após termos escolhido o tema energia como exemplo, buscamos organizar dois quadros (representados esquematicamente pelas figuras 1 e 2) representativos tanto do eixo temático quanto conceitual, que foram a base da organização do percurso didático. A construção prévia destes quadros e sua utilização real na estruturação didática nos permite afirmar, em uma primeira aproximação, que as organizações temática e conceitual foram contemplados em nossa proposta. No entanto, consideramos que os resultados mais ricos de nosso trabalho vêm da própria experiência de montagem do percurso didático.

Dessa experiência podemos elencar algumas considerações sobre a inserção de temas ambientais no currículo e a busca de uma educação ambiental crítica. A primeira delas se refere à apresentação dos conceitos de uma forma recontextualizada, isto é, a complexificação de temas. A nosso ver, é necessário alterações na maneira como tradicionalmente planejamos o ensino de determinado conteúdo. Essas alterações se referem tanto às abordagens (forma linear, geralmente seguindo livros didáticos, em que somente se aborda conceitos em relação a definições teóricas anteriores) quanto aos conteúdos tratados (aqueles que seguem uma estrutura rígida onde os conceitos científicos são tidos como “estáticos e verdadeiros”, permanecendo inalterados ao longo da história). Assim, ao contrário do usual, a complexidade introduz o caráter não linear das seqüências de temas e explicita a ciência como um conhecimento aberto, que busca se aplicar a novas questões constantemente. Consideramos que isto traz o significado necessário para que o aluno reconheça determinadas idéias como meio de reflexão de problemas que ele reconhece.

Resumidamente, para a elaboração de uma proposta que considere um eixo temático, a questão, o tema ou o problema são os elementos centrais, em torno dos quais são construídas, pelo professor, os percursos temáticos. Assim, acreditamos que o professor deve ter claro que a escolha do tema é fundamental e deve responder aos objetivos da escola. Dentro dos objetivos educacionais a que nos propomos, consideramos que o tema deve ter potencial para promover mudanças, reconhecendo a escola como espaço para apontar a possibilidade de transformações, tanto individuais como sociais e coletivas.

Outro aspecto que deve ser considerado ao se desenvolver de uma proposta temática-conceitual se refere ao contexto da escola e dos alunos. A nosso ver, é importante que uma proposta se insira de alguma forma nos espaços curriculares e nas propostas da escola, reconhecendo as estruturas

curriculares vigentes. Em outras palavras, as atividades propostas devem ter como pano de fundo a Física curricular vigente respeitando, dentro de certos limites, a cultura escolar. Essa opção pode estabelecer entre o professor e os alunos maior confiança na proposta educacional, já que as mudanças são introduzidas gradativamente. Por meio de experiências anteriores no âmbito escolar, percebemos que as mudanças repentinas não são incorporadas pelos professores ou equipe pedagógica. Isso nos mostra que novas propostas devem prescindir de discussões que incorporem gradualmente mudanças nas aulas e conseqüentemente no processo ensino-aprendizagem.

Além disso, o trabalho com o tema pode permitir promover mais especificamente determinados conhecimentos e conteúdos científicos do que outros. Esses conteúdos envolvem processos e conceitos que se inserem dentro da estrutura própria da ciência, e se articulam entre si. Assim, visando uma apropriação que conduza para além do conhecimento local do tema em questão, o trabalho com o conhecimento científico estruturado parece ser um elemento também relevante. E para isso, desenvolver uma organização que aponte para os conteúdos/conceitos a serem privilegiados pode orientar o trabalho com o tema.

Ainda que as nossas considerações sobre uma educação ambiental crítica tenham sido pautadas em uma série de argumentos que foram analisados e refletidos com cuidado, reconhecemos que estamos apenas iniciando um trabalho que ainda precisa de muito mais atenção, aprofundamentos, práticas e sugestões. No entanto, esperamos ter dado um primeiro passo para que essa discussão fomente novas idéias em prol de uma educação mais coerente com nossas necessidades atuais.

## REFERÊNCIAS

- ASTOLFI, J. P. e DEVELAY, M. *A didática das ciências*. 3ªed. Campinas: Papirus, 1989.
- CHEVALLARD, Y. *La transposition didatique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Paris: La Pensée Sauvage, 1991.
- 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.
- GUIMARÃES, M. *org. Caminhos da educação ambiental: Da forma à ação*. 1ed. Coleção Papirus Educação. Campinas, SP: Papirus, 2006.
- MARTINAND, J.L. La Question de la Reference en Didatique du Curriculum. In: *Investigações em Ensino de Ciências*. Vol.8, n.2. 2003.
- 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. Rosario, 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.