

Estágio Supervisionado em Física 1



Eloisa Maia Vidal
Henrique Bezerra Cardoso
José Everardo Bessa Maia

Sumario

Apresentação

Capítulo 1 - Ensino Médio e educação científica no Brasil: caminhos da reforma

- 1.1. Os PCN e o Ensino Médio
- 1.2. Documentos mais recentes sobre o Ensino Médio

Capítulo 2 - Transposição didática

- 2.1 A transposição didática: o que é?
- 2.2 Saber sábio
- 2.3 Saber a ensinar
- 2.4 Saber ensinado

Capítulo 3 - A construção do conhecimento no ensino da Física: abordagens metodológicas

- 3.1. O uso de analogias e modelos físicos

Capítulo 1 – Ensino Médio e educação científica no Brasil: caminhos da reforma

Objetivos

- Conhecer o percurso do ensino de ciências no Brasil.
- Compreender o cenário de mudanças educacionais do qual surgem os Parâmetros Curriculares Nacionais.
- Identificar os pressupostos e princípios que orientam os PCN de Ensino Médio e os PCN+.
- Conhecer os documentos oficiais mais recentes sobre o Ensino Médio e as dificuldades de implementação na prática docente.
- Compreender o contexto em que surge o novo ENEM.

1. Os PCN e o Ensino Médio

Os PCN de Ensino Médio foram publicados em momento posterior aos de Ensino Fundamental, no ano de 1999. Constitui-se num conjunto de quatro livros, assim organizados:

- Bases Legais
- Linguagens, Códigos e suas Tecnologias
- Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e
- Ciências Humanas e suas Tecnologias.

Os PCN consideram o Ensino Médio como a etapa final de uma educação de caráter geral, afinada com a contemporaneidade e com a construção de competências básicas. O propósito é situar o educando como sujeito produtor de conhecimentos e participante do mundo do trabalho. Assim, a formação do aluno deve se concentrar na “preparação científica e na capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação” (PCN, 1999, p. 14).

Nessa perspectiva, o currículo deste nível de ensino foi organizado tendo em vista os três domínios da ação humana: “a vida em sociedade, atividade produtiva e a experiência subjetiva” tendo como eixos estruturais as quatro premissas apontadas pela UNESCO como marcos da educação na sociedade contemporânea – aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser. O quadro a seguir apresenta um breve resumo do que significa cada uma das premissas.

Premissas (UNESCO)	Descrição
Aprender a conhecer	A educação deve ser geral e ampla, permitindo posterior aprofundamento de áreas específicas do conhecimento. Possibilitando ainda a compreender a complexidade do mundo em que vivemos, podendo assim o educando desenvolver possibilidades pessoais e profissionais que lhe garantam uma vida digna.
Aprender a fazer	Estimular o surgimento de novas aptidões no aluno para que eles sejam capazes de desenvolverem suas habilidades permitindo o enfrentamento de situações adversas. Priorizar a prática como uma aplicação da teoria.
Aprender a viver	Promover a percepção no aluno de sua interdependência social, possibilitando a capacidade de gerenciar conflitos surgidos das relações inter e intrapessoal.
Aprender a ser	Visa o desenvolvimento pessoal em sua totalidade, fomentando o senso crítico e a capacidade de análise e decisão no educando.

Os PCN contemplam dois eixos básicos, que orientam a seleção dos conteúdos: o eixo histórico cultural, que “dimensiona o valor histórico e social dos conhe-

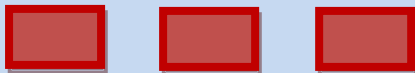
cimentos, tendo em vista o contexto da sociedade em constante mudança e submetendo o currículo a uma verdadeira prova de validade e de relevância social”; e o eixo epistemológico, que procura reconstruir os “procedimentos envolvidos nos processos de conhecimento, assegurando a eficácia desses processos e a abertura para novos conhecimentos” (PCN, 1999, p. 35).

Os PCN do Ensino Médio ainda consideram dois enfoques que devem perpassar a organização curricular, que são a interdisciplinaridade e a contextualização. Segundo o documento, a interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas no currículo escolar, mas de integrar os conhecimentos das várias disciplinas na solução de um problema concreto ou então analisar e compreender um determinado fenômeno ou fato a partir de pontos de vista que utilizem saberes de diversos campos específicos.

Interdisciplinaridade e outros termos associados

No livro *Interdisciplinaridade e Patologia do Saber*, Hilton Japiassu procura elucidar quatro termos que se fazem presentes no ambiente escolar e que geram dúvidas sobre o seu entendimento. São eles:

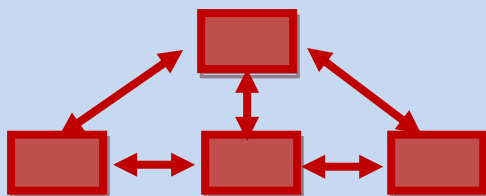
Multidisciplinaridade: gama de disciplinas propostas simultaneamente sem interações estabelecidas, organizadas em torno de um só nível de objetivos, sem nenhuma coordenação e que apresenta a seguinte configuração.



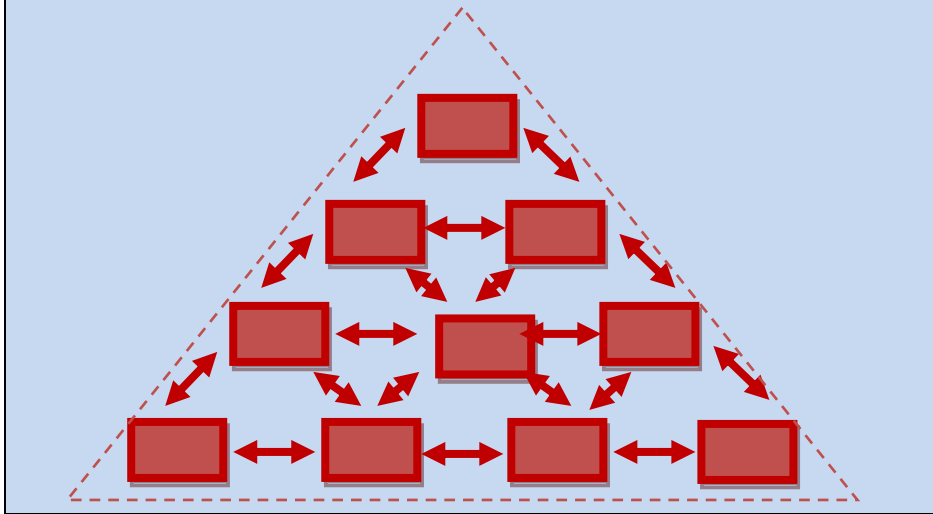
Pluridisciplinaridade: justaposição de diversas disciplinas situadas geralmente no mesmo nível hierárquico e agrupadas de modo a fazer aparecer as relações existentes entre elas, organizadas em torno de objetivos cooperativos, mas que não são coordenados entre si e que apresenta a seguinte configuração.



Interdisciplinaridade: grupo de disciplinas conexas que apresentam uma axiomática comum, um fio condutor inter-relacionado e finalidades compartilhadas. A interdisciplinaridade pressupõe um sistema de dois níveis e de objetivos múltiplos, com a coordenação procedendo do nível superior. Pode ser representada pela seguinte configuração.



Transdisciplinaridade: coordenação de todas as disciplinas e interdisciplinas do sistema de ensino em torno de uma axiomática geral, apresentando a seguinte configuração. Este termo foi cunhado por Piaget e conceituado por ele como “a etapa das relações interdisciplinares, podemos esperar que se suceda uma etapa superior, que não se contentaria em atingir interações ou reciprocidade entre pesquisas especializadas, mas que situaria essas ligações no interior de um sistema total, sem fronteiras estabelecidas entre as disciplinas”.



Já a contextualização está relacionada à aprendizagem significativa, ou seja, num mundo em constante transformação não é possível considerar o conhecimento de forma isolada, não histórica e não aplicável ao real.

O que é designado de aprendizagem significativa não significa que o conhecimento a ser trabalhado deva estar estritamente relacionado com o “contexto mais imediato, nem muito menos pelo senso comum, mas visa gerar a capacidade de compreender e intervir na realidade, numa perspectiva autônoma e desalienante” (PCN, 1999, p. 45).

1.1. Áreas de conhecimento

As áreas de conhecimentos foram estruturadas a partir dos saberes que “compartilham objetos de estudo e, portanto, mais facilmente se comunicam, criando condições para que a prática escolar se desenvolva numa perspectiva de interdisciplinaridade” (PCN, 1999, p. 39). Assim temos:

- **Linguagens, Códigos e suas Tecnologias:** Língua Portuguesa, Língua Estrangeira, Informática, Artes e Educação Física.
- **Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias:** Física, Química, Biologia e Matemática.
- **Ciências Humanas e suas Tecnologias:** Filosofia, História, Geografia e Sociologia.

O trabalho com cada área deve explorar um conjunto de competências e habilidades que têm como objetivo primordial o desenvolvimento da capacidade de aprender, com destaque para “o aperfeiçoamento do uso das linguagens como meios de constituição dos conhecimentos, da compreensão e da formação de atitudes e valores” (PCN, 1999, p. 128).

Entre as competências e habilidades destacadas, aponta-se:

- **Investigação e compreensão** que encontram campo de exploração propício na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, o que não quer dizer que não sejam também trabalhadas nas outras áreas. Apenas que nesta área, os conhecimentos disciplinares têm forte sustentação em processos de

pesquisa e investigação que favorecem a utilização de métodos experimentais, o que permite ampla exploração do real.

- **Representação e comunicação** que tem campo de trabalho mais associado à área de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, cujas disciplinas exigem capacidades intelectuais que apelam para o simbólico, o metafórico, o uso de imagens associativas. A capacidade de expressar-se e comunicar-se pressupõem o domínio de um código comum, representado por linguagens inteligíveis, cujo domínio em maior ou menor grau, orienta a inclusão do indivíduo num determinado grupo social.
- **Contextualização sociocultural e histórica** tem suas melhores e maiores potencialidades associadas à área de Ciências Humanas e suas Tecnologias, cujas disciplinas têm como objeto privilegiado o estudo do homem, da sociedade, da política, da ideologia, enfim das interações sociais. Esta área vê o homem como sujeito portador de racionalidade, capaz de influenciar e ser influenciado pelas condições externas advindas da natureza objetiva e as construções históricas e sociais.

A nova proposta curricular para o Ensino Médio representa uma revolução ao paradigma de currículo de ensino médio vigente anteriormente. Talvez em decorrência dessa reforma, mais de dez anos depois da publicação dos PCN, ainda não é perceptível grande transformação no ambiente escolar.

É fato que uma mudança de tão grande envergadura exige um conjunto de ações associadas, que vão desde a formação inicial e continuada de professores, uma reestruturação dos materiais didáticos disponíveis no mercado, condições de infraestrutura das escolas, etc.

No que se refere à formação inicial de professores, o próprio MEC se encarregou de definir novas diretrizes para as licenciaturas das universidades, que vem sendo implementadas a um ritmo mais lento do que o planejado. Sobre ações de formação continuada, pode-se afirmar que apesar de terem acontecido a partir de orientações do MEC, são poucos os estados que conseguiram desenhar um programa de formação que dê conta das novas dimensões contidas nos PCN, especialmente para a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias.

A disponibilização de recursos didáticos atendendo as orientações dos PCN vem sendo realizada de forma gradativa. Só a partir de 2004 os alunos de ensino médio das redes públicas passaram a ser beneficiários do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM).

Os livros são avaliados pelo MEC, compõe um catálogo à semelhança do PNLD e são escolhidos pelas escolas e professores. Os livros da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias – Física, Química, Biologia e Matemática – foram selecionados a partir da produção das editoras nacionais e o que se vê são materiais que atendem apenas em parte as orientações propostas nos PCN da área.

No que tange a infraestrutura das escolas, registram-se avanços com a aquisição de laboratórios de ciências e informática. Embora o crescimento desses recursos que favorecem o trabalho com os PCN só tenha se tornado possível com a criação do FUNDEB, quando o Ensino Médio passa a dispor de recursos financeiros provenientes deste fundo.

1.2. PCN+: nova tentativa de implantar a reforma do Ensino Médio

Após o lançamento dos PCN, percebeu-se que os professores apresentavam algumas dificuldades no entendimento das propostas, especialmente em virtude das expressivas mudanças em todas as dimensões curriculares como conteúdos, metodologias, avaliação e uso de novos recursos tecnológicos. Isso naturalmente

levou a dificuldades na adoção dos PCN nas salas de aula e realmente ao longo dos primeiros anos de vigência destes documentos são poucas as experiências que registram o trabalho de forma integrada nas três áreas de conhecimento como recomenda os PCN.

Em 2002, o MEC percebendo as dificuldades docentes publica os *PCN+ Ensino Médio – orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*, um conjunto de três livros, organizados pelas áreas de conhecimento - Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias.

De fato, os PCN+ se propunham a serem documentos mais elucidativos sobre a reforma do Ensino Médio, com uma abordagem mais direta e menos complexa. Ações de formação continuada dos professores foram desenvolvidas com utilização dos PCN+ e os docentes consideraram os documentos de mais fácil assimilação.

Os PCN+ de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias procuram caracterizar a área de conhecimento, destacando as competências gerais para o aprendizado desta área e como esta se articula com as demais áreas, conforme a figura a seguir.

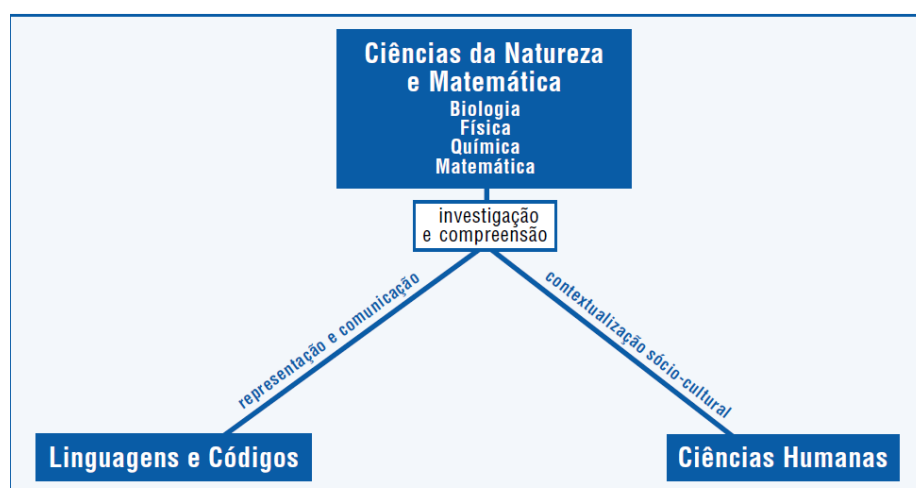


Figura 1 – Competências gerais associadas às áreas de conhecimento

Ao explorar a concepção de área, reconhece o seu entrelaçamento ao afirmar que

são ciências que têm em comum a investigação da natureza e dos desenvolvimentos tecnológicos, compartilham linguagens para a representação e sistematização do conhecimento de fenômenos ou processos naturais e tecnológicos (PCN+, 2002, p. 23).

O documento explicita que “o conhecimento disciplinar é, em qualquer caso, recurso essencial para um desígnio humano comum” (idem, p. 25) e que é preciso um esforço consciente dos professores das disciplinas que compõem a área no sentido de fazer a tradução dos discursos disciplinares e específicos para que os alunos consigam perceber nexos e relações entre estes conhecimentos. Assim

a área de Ciências da Natureza e Matemática deve promover a compreensão das semelhanças e diferenças entre os instrumentos e conceitos desenvolvidos e utilizados nas várias especialidades, explicitando o âmbito de validade das leis específicas e o sentido geral dos princípios universais (idem, p. 29).

Os PCN+ se preocupam em apresentar o conjunto de competências de cada uma das áreas, descrevendo em que cada competência consiste, como mostra o quadro 2.

Investigação e compreensão	
Estratégias para enfrentamento de situações-problema	
Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la.	
Interações, relações e funções; invariantes e transformações	
Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações.	
Medidas, quantificações, grandezas e escalas	
Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.	
Modelos explicativos e representativos	
Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos.	
Relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas	
Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.	

Qu

Quadro 1 – Algumas competências gerais por área e competências associadas

O documento também apresenta quadros estabelecendo relações entre as competências da área e de cada disciplina que a compõe, facilitando, com isso, a associação com os conteúdos específicos disciplinares, tão conhecidos dos docentes.

Investigação e compreensão	
Na área	Em Física
Estratégias para enfrentamento de situações-problema	
Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la.	<ul style="list-style-type: none"> Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. Assim, diante de um fenômeno envolvendo calor, identificar fontes, processos envolvidos e seus efeitos, reconhecendo variações de temperatura como indicadores relevantes.
Interações, relações e funções; invariantes e transformações	
Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações.	<ul style="list-style-type: none"> Reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa-efeito, para ser capaz de estabelecer previsões. Assim, conhecer a relação entre potência, voltagem e corrente, para estimar a segurança do uso de equipamentos elétricos ou a relação entre força e aceleração, para prever a distância percorrida por um carro após ser freado. Identificar regularidades, associando fenômenos que ocorrem em situações semelhantes para utilizar as leis que expressam essas regularidades na análise e previsões de situações do dia-a-dia. Assim, por exemplo, compreender que variações de correntes elétricas estão associadas ao surgimento de campos magnéticos pode possibilitar, eventualmente, identificar possíveis causas de distorção das imagens de tevê ou causas de mau funcionamento de um motor.

Quadro 2 – Algumas competências por área e disciplinas

Os PCN+ apresentam um conjunto de temas estruturadores para cada disciplina da área, organizando cada tema em unidades temáticas com competências e habilidades associadas. E também dá sugestões sobre formas de organização do trabalho escolar ao longo dos três anos de Ensino Médio, incluindo algumas estratégias para o trabalho docente.

Esta iniciativa foi mais bem aceita nas escolas e os professores conseguiram se identificar de forma mais consistente com a proposta, uma vez que ela representava um esforço de “traduzir” as propostas dos PCN. As ações de formação continuada dos professores desenvolvidas pelo MEC e Secretarias de Educação Estaduais fizeram com que os documentos fossem discutidos e apropriados, pelo menos parcialmente, pelos docentes.

Projetos de trabalho são concebidos por meio de temas geradores, numa tentativa de realizar ações interdisciplinares; pesquisas e investigações sobre questões do cotidiano dos alunos são desenvolvidas em nome da contextualização; escolas começam a introduzir estratégias de planejamento didático envolvendo as áreas de conhecimento. No entanto, um aspecto mantém-se inalterado: a avaliação de aprendizagem dos alunos.

2. Documentos mais recentes sobre o Ensino Médio

Em 2006, novo documento sobre o Ensino Médio é publicado pelo MEC. Trata-se das *Orientações curriculares para o ensino médio*, um conjunto de três livros, organizados por área de conhecimento.

Segundo o próprio MEC, a “proposta foi desenvolvida a partir da necessidade expressa em encontros e debates com os gestores das Secretarias Estaduais de Educação e aqueles que, nas universidades, vêm pesquisando e discutindo questões relativas ao ensino das diferentes disciplinas” (p. 8), confirmando as dificuldades que ainda perduram na adoção dos PCN nas escolas de Ensino Médio.

Até 2006 era perceptível a pouca aceitação por parte dos professores da proposta dos PCN e PCN+. A ideia de se trabalhar o currículo por meio de áreas de conhecimento enfrentou muitas dificuldades de ordem prática, associados a fatores de ordem epistemológica e metodológica, mas também de ordem prática como, por exemplo, a dinâmica das escolas na lotação de professores especialistas.

Estudos decorrentes de visitas para acompanhamento de estágios curriculares nas escolas da rede pública do Ceará aglutinam as dificuldades nos seguintes aspectos:

- Os PCN chegaram às escolas, mas não foram compreendidos; em decorrência, não foram seguidos nos planejamentos didáticos. A ideia de área de conhecimento trabalhada pelos não foi assimilada pelo coletivo de professores.
- A formação inicial dos professores não trabalha as questões curriculares propostas nos PCN, e a formação continuada foi precária e incompleta. Embora os cursos de licenciatura tenham sido objeto de reformas curriculares no mesmo período, há pouca articulação das agências formadora com a educação básica.
- Os livros didáticos ainda não incorporaram completamente as propostas dos PCN.
- As avaliações não foram modificadas, continuando a se trabalhar o modelo mais tradicional de provas e testes não dando ênfase a avaliação de competências e habilidades como prevê os PCN.
- Os professores não compreendem a questão das áreas e têm dificuldades em trabalhar desta forma, especialmente, a área Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.

- Os dois enfoques que perpassam a organização curricular – a interdisciplinaridade e a contextualização – se mostraram de complexa abordagem, levando os docentes a oferecerem rejeição a um novo modelo de planejamento.
- Embora o ENEM explorasse o enfoque curricular proposto nos PCN, não houve maior integração no ambiente escolar, uma vez que os processos vestibulares ainda permaneciam como etapa de processo seletivo para as instituições públicas de ensino superior.

Conforme as *Orientações curriculares para o ensino médio* (2006),

A demanda era pela retomada da discussão dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, não só no sentido de aprofundar a compreensão sobre pontos que mereciam esclarecimentos, como também, de apontar e desenvolver indicativos que pudessem oferecer alternativas didático-pedagógicas para a organização do trabalho pedagógico, a fim de atender às necessidades e às expectativas das escolas e dos professores na estruturação do currículo para o ensino médio (p. 8).

Isso evidencia que oito anos depois da publicação dos PCN do Ensino Médio, as discussões sobre a nova proposta curricular ainda se colocam como um grande desafio para escolas e professores. As *Orientações Curriculares* por sua vez, assume que “o currículo é a expressão dinâmica do conceito que a escola e o sistema de ensino têm sobre o desenvolvimento dos seus alunos e que se propõe a realizar com e para eles (p. 9). E para ilustrar, destaca o que considera os três aspectos fundamentais do processo ensino-aprendizagem como mostra a figura 1, em que **A** representa o aluno, **P**, o professor, **S**, o saber a ser ensinado e **Sa** as situações de aprendizagem.

Esquema 1

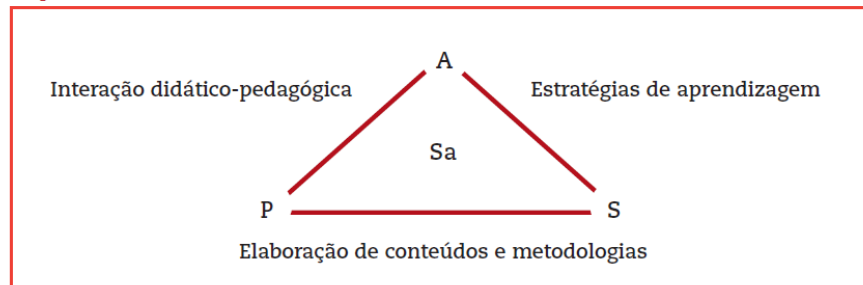


Figura 1 – Aspectos fundamentais do processo ensino-aprendizagem

Segundo o mesmo documento, “o acúmulo de informações não garante a aprendizagem em novas situações que certamente se dão em um tempo posterior à escola, quando a pertinência dos saberes escolares é colocada à prova” (p. 49).

Seus pressupostos assim como suas proposições se alinham com os documentos anteriores, mas não avança no enfrentamento das dificuldades apontadas por pesquisadores e docentes do ensino médio ao longo das tentativas de implementação da reforma desta etapa da educação básica.

Se por um lado a formação inicial ainda não contempla aspectos epistemológicos, metodológicos e pedagógicos que se articulem e dêem suporte teórico e prático ao futuro professor, a formação continuada não se efetivou como política de Estado. Foram poucas, esparsas e desarticuladas, as iniciativas desenvolvidas, seja pelo MEC seja no âmbito dos Estados, responsáveis pela oferta de ensino médio público.

O que são os PCN e os PCN+ ?

1. São orientações educacionais que juntam os diversos aspectos de conteúdos, metodologia e epistemologia, e não são apenas alterações e/ou atualizações de conteúdos. Esses documentos esperam promover o debate permanente na escola e evidenciar a necessidade de uma *cultura de formação contínua dos profissionais envolvidos com a educação*.
2. São um incentivo à elaboração do projeto político-pedagógico da escola, desde que as orientações presentes nos documentos citados são de tal ordem que demandam a reorientação nas práticas educacionais exercidas nas escolas, não sendo, portanto, responsabilidade de um único professor isolado em sua disciplina. Certamente há ações que podem e devem ser praticadas em cada disciplina, mas é fundamental o professor se reconhecer como ator principal das mudanças que se supõem necessárias, participando ativamente e discutindo coletivamente os rumos que sua instituição pretende tomar.
3. Apresentam a possibilidade de uma parte diversificada do currículo, que pode ocupar até 25% da grade curricular total. Esse aspecto é de grande importância, pois a escola poderá inovar e se identificar com seu ambiente, e fazer com que seus alunos a reconheçam, identificando-se com ela. (p. 55)

2.1. O novo ENEM: uma reforma de cima para baixo?

Em 2009, o MEC lança o novo Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM), uma iniciativa ousada e de largo alcance, considerando que sua operacionalização representa o que se poderia chamar de uma reforma de ensino médio “de cima para baixo”.

O novo ENEM aproveita a concepção, estrutura e fundamentos do ENEM implantado em 1998, mas avança no sentido de orientar e estimular as instituições federais de ensino superior a aderir ao exame como parte do processo de seletivo para admissão nos seus cursos de graduação. Essa estratégia se mostra eficaz e já no primeiro ano de vigência, em 2009, uma parcela expressiva das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) adere total ou parcialmente ao ENEM.

Pela Portaria nº 109/2009, o ENEM passa a ter os seguintes objetivos:

- I. Oferecer uma referência para que cada cidadão possa proceder à sua autoavaliação com vistas às suas escolhas futuras, tanto em relação ao mundo do trabalho quanto em relação à continuidade de estudos.
- II. Estruturar uma avaliação ao final da educação básica que sirva como modalidade alternativa ou complementar aos processos de seleção nos diferentes setores do mundo do trabalho.
- III. Estruturar uma avaliação ao final da educação básica que sirva como modalidade alternativa ou complementar a processos seletivos de acesso aos cursos de educação profissional e tecnológica posteriores ao ensino médio e à educação superior.
- IV. Possibilitar a participação e criar condições de acesso a programas governamentais.
- V. Promover a certificação de jovens e adultos no nível de conclusão do ensino médio nos termos do art. 38, §§1º e 2º da lei nº 9.394/96 (LDB).
- VI. Promover avaliação do desempenho acadêmico das escolas de ensino médio, de forma que cada unidade escolar receba o resultado global.
- VII. Promover avaliação do desempenho acadêmico dos estudantes ingressantes nas instituições de Educação Superior (artigo 2º).

Pela amplitude dos objetivos, o novo ENEM passa a abranger três funções avaliativas, quais sejam:

- I. Avaliação sistêmica, que tem como objetivo subsidiar as políticas públicas para a Educação Básica.
- II. Avaliação certificatória, que proporciona àqueles que estão fora da escola aferir os conhecimentos construídos no processo de escolarização ou os conhecimentos tácitos construídos ao longo da vida.
- III. Avaliação classificatória, que contribui para o acesso democrático à Educação Superior (CNE/CEB Parecer N° 5/2011, p. 35).

Embora continue sendo de caráter voluntário, as condições postas levam um contingente muito grande de alunos a se interessarem em fazer o exame, especialmente em virtude do acesso às vagas públicas das instituições de ensino superior.

Enquanto o ENEM criado em 1998, tendo como referência os PCN consistia em uma prova única de 63 questões, envolvendo 5 competências e 21 habilidades, o novo ENEM é constituído de 4 provas, “contendo 45 (quarenta e cinco) questões objetivas de múltipla escolha, versando sobre as várias áreas de conhecimento em que se organizam as atividades pedagógicas da Educação Básica no Brasil e uma proposta para redação” (Portaria 109/2009, art. 16).

Assim, este novo exame rompe com a organização proposta nos PCN de três áreas de conhecimento do ensino médio, com a disciplina de Matemática separada da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, e passa a incorporar uma Matriz de Referência como podemos observar no artigo 16 da Portaria 109/2009,

§1º - As 4 (quatro) provas serão estruturadas nas seguintes áreas do conhecimento:

- Prova I - Linguagens, Códigos e suas Tecnologias e Redação;
- Prova II - Matemática e suas Tecnologias;
- Prova III - Ciências Humanas e suas Tecnologias;
- Prova IV - Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

§2º - As questões objetivas e a redação destinam-se a avaliar as competências e habilidades contidas na **Matriz de Referências** para o Enem 2009, Anexo III desta Portaria.(grifo nosso)

A Matriz de Referência descreve cinco eixos cognitivos que são comuns às quatro áreas do conhecimento e à redação e pressupostos de amplo domínio para aqueles que concluem o Ensino Médio, que são:

- I. **Dominar linguagens (DL):** dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.
- II. **Compreender fenômenos (CF):** construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.
- III. **Enfrentar situações-problema (SP):** selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.
- IV. **Construir argumentação (CA):** relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.
- V. **Elaborar propostas (EP):** recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural. (Portaria 109/2009, anexo III)

Esses cinco eixos correspondem as cinco competências definidas para o ENEM criado em 1998 e as questões são corrigidas pela Teoria da Resposta ao Item (TRI), sistema que atribui pesos diferentes, ou seja, questões mais difíceis têm pontuação maior do que as outras questões consideradas mais fáceis, seguindo o mesmo modelo de quando foi criado o ENEM.

2.2. Matrizes de Referência do novo ENEM

Para cada área de conhecimento do ENEM foi definida um conjunto de competências e habilidades passíveis de serem exploradas nas questões das provas, como mostra os quadros a seguir.

Quadro 4 – Competências da área Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias	
1.	Aplicar as tecnologias da comunicação e da informação na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida.
2.	Conhecer e usar língua(s) estrangeira(s) moderna(s) como instrumento de acesso a informações e a outras culturas e grupos sociais*.
3.	Compreender e usar a linguagem corporal como relevante para a própria vida, integradora social e formadora da identidade.
4.	Compreender a arte como saber cultural e estético gerador de significação e integrador da organização do mundo e da própria identidade.
5.	Analisar, interpretar e aplicar recursos expressivos das linguagens, relacionando textos com seus contextos, mediante a natureza, função, organização, estrutura das manifestações, de acordo com as condições de produção e recepção.
6.	Compreender e usar os sistemas simbólicos das diferentes linguagens como meios de organização cognitiva da realidade pela constituição de significados, expressão, comunicação e informação.
7.	Confrontar opiniões e pontos de vista sobre as diferentes linguagens e suas manifestações específicas.
8.	Compreender e usar a língua portuguesa como língua materna, geradora de significação e integradora da organização do mundo e da própria identidade.
9.	Entender os princípios, a natureza, a função e o impacto das tecnologias da comunicação e da informação na sua vida pessoal e social, no desenvolvimento do conhecimento, associando-o aos conhecimentos científicos, às linguagens que lhes dão suporte, às demais tecnologias, aos processos de produção e aos problemas que se propõem solucionar.

Quadro 5 – Competências da área Matemática e suas Tecnologias

Matemática e suas Tecnologias	
1.	Construir significados para os números naturais, inteiros, racionais e reais.
2.	Utilizar o conhecimento geométrico para realizar a leitura e a representação da realidade e agir sobre ela.
3.	Construir noções de grandezas e medidas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.
4.	Construir noções de variação de grandezas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.
5.	Modelar e resolver problemas que envolvem variáveis socioeconômicas ou técnico-científicas, usando representações algébricas.
6.	Interpretar informações de natureza científica e social obtidas da leitura de gráficos e tabelas, realizando previsão de tendência, extrapolação, interpolação e interpretação.
7.	Compreender o caráter aleatório e não-determinístico dos fenômenos naturais e sociais e utilizar instrumentos adequados para medidas, determinação de amostras e cálculos de probabilidade para interpretar informações de variáveis apresentadas em uma distribuição estatística.

Quadro 6 – Competências da área Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Ciências da Natureza e suas Tecnologias	
1.	Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.
2.	Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.
3.	Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.
4.	Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.
5.	Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.
6.	Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.
7.	Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.
8.	Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Quadro 7 – Competências da área Ciências Humanas e suas Tecnologias

Ciências Humanas e suas Tecnologias	
1.	Compreender os elementos culturais que constituem as identidades
2.	Compreender as transformações dos espaços geográficos como produto das relações socioeconômicas e culturais de poder.
3.	Compreender a produção e o papel histórico das instituições sociais, políticas e econômicas, associando-as aos diferentes grupos, conflitos e movimentos sociais.
4.	Entender as transformações técnicas e tecnológicas e seu impacto nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social.
5.	Utilizar os conhecimentos históricos para compreender e valorizar os fundamentos da cidadania e da democracia, favorecendo uma atuação consciente do indivíduo na sociedade.
6.	Compreender a sociedade e a natureza, reconhecendo suas interações no espaço em diferentes contextos históricos e geográficos.

Associadas a tais competências e habilidades, foram também definidos objetos de conhecimento para cada disciplina (Anexo III do Edital do ENEM 2011). Ao detalhar tal proposta, o Edital do ENEM faz o que nenhum outro documento legal fez até o momento: definir os conteúdos curriculares para as disciplinas do ensino médio.

A reforma de cima para baixo, com o ENEM passando a representar o processo seletivo de acesso as vagas do ensino superior, especialmente nas instituições públicas, provocam desdobramentos que já podem ser sentidos nas três séries do Ensino Médio.

Tal fenômeno é perceptível na rede privada de ensino, que de forma rápida e eficiente se ajustou ao “modelo” ENEM para continuar assegurando a maior percentagem de vagas públicas no ensino superior aos seus alunos. O “modelo” ENEM consiste basicamente de acelerar o currículo previsto para o Ensino Médio, e com isso liberar a 3ª série para “preparação para o ENEM”.

Por outro lado, o que se observa nas escolas públicas é um movimento mais lento, sem ações de larga escala que representem, de fato, uma mudança de paradigma, como propõe o novo ENEM. O eixo central de atuação seria, sem dúvida, a formação continuada de professores com vistas a preparação para um trabalho pedagógico que incorporasse as propostas apresentadas no novo ENEM.

O ENEM e o PROUNI

O Programa Universidade para Todos (PROUNI) tem como finalidade a concessão de bolsas de estudo integrais e parciais em cursos de graduação e sequenciais de formação específica, em instituições privadas de educação superior. Criado pelo Governo Federal em 2004 e institucionalizado pela Lei Nº 11.096, em 13 de janeiro de 2005, oferece, em contrapartida, isenção de alguns tributos àquelas instituições de ensino que aderem ao Programa.

Dirigido aos estudantes egressos do ensino médio da rede pública ou da rede particular na condição de bolsistas integrais, com renda per capita familiar máxima de três salários mínimos, o PROUNI seleciona os candidatos pelas notas obtidas no ENEM, conjugando, desse modo, inclusão à qualidade e mérito dos estudantes com melhores desempenhos acadêmicos.

Só pode se candidatar ao processo seletivo PROUNI, o estudante que tiver participado do Exame Nacional do Ensino Médio e obtido a nota mínima definida pelo MEC a cada ano. Essa nota representa a média das cinco notas obtidas nas provas do novo ENEM. Não são consideradas as notas obtidas nos exames anteriores. Os resultados do Enem são usados como critério para a distribuição das bolsas de estudos.

Para concorrer às bolsas, o candidato deve, também, ter renda familiar de até três salários mínimos por pessoa e satisfazer a pelo menos uma das condições abaixo:

- Ter cursado o ensino médio completo em escola da rede pública.
- Ter cursado o ensino médio completo em instituição privada, na condição de bolsista integral da respectiva instituição.
- Ter cursado todo o ensino médio parcialmente em escola da rede pública e parcialmente em instituição privada, na condição de bolsista integral na instituição privada.
- Ser portador de deficiência.
- Ser professor da rede pública de ensino, no efetivo exercício do magistério da educação básica e integrando o quadro de pessoal permanente de instituição pública e que estejam concorrendo a bolsas nos cursos de licenciatura, normal superior ou pedagogia. Nesses casos não é considerado o critério de renda.

A participação no ENEM é um dos critérios para acesso ao PROUNI, e o candidato pode pesquisar as instituições e cursos participantes do Programa. Ao efetuar a inscrição, o estudante escolhe a modalidade de bolsa e até cinco opções de instituições de ensino superior, cursos, habilitações ou turnos dentre as disponíveis, conforme sua renda familiar per capita e sua adequação aos critérios do programa.

As notas de corte de cada curso são informadas diariamente pelo Sistema, em caráter exclusivamente informativo. O candidato pode acompanhar as notas de corte e alterar suas opções até o encerramento do período de inscrição.

Encerrado o prazo de inscrição, o Sistema do ProUni classifica os estudantes, de acordo com as suas opções e as notas obtidas no ENEM. Os estudantes pré-selecionados devem comparecer às instituições de ensino de posse dos documentos que comprovem as informações prestadas em sua ficha de inscrição. Para certificar-se da veracidade das informações prestadas, a instituição pode solicitar ao estudante a documentação que julgar necessária.

Os candidatos aprovados terão seu nome registrado no Sisprouni, com emissão do Termo de Concessão de Bolsa. Finalizada a primeira etapa, é aberta uma segunda etapa de inscrição, destinada à pré-seleção de candidatos às bolsas que não foram ocupadas na etapa anterior, e que ocorre de forma similar. Os candidatos reprovados na primeira etapa podem se inscrever novamente, assim como os que não participaram da primeira etapa.

2.3. O ENEM e o Sistema de Seleção Unificada (SISU)

É o sistema informatizado, gerenciado pelo Ministério da Educação, por meio do qual as instituições públicas de educação superior participantes selecionarão novos estudantes exclusivamente pela nota obtida no Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM).

O SISU é um sistema de oferta de vagas, exclusivo para quem fez o ENEM e cada instituição de ensino superior pública informa a quantidade de vagas por

curso, que depositou no sistema. É importante ressaltar que algumas instituições adotam notas mínimas para inscrição em determinados cursos. Nesse caso, no momento da inscrição, se a nota do candidato não for suficiente para concorrer àquele curso, o sistema emitirá uma mensagem com essa informação.

O processo seletivo por meio do Sistema de Seleção Unificada (SiSU) é realizado em três etapas:

- Primeira Etapa
- Segunda Etapa
- Etapa Suplementar

A cada etapa, o aluno faz sua opção, escolhendo o curso e a instituição para a qual deseja concorrer e efetua sua inscrição pelo sistema. O sistema seleciona automaticamente os candidatos melhor classificados em cada curso de acordo com as suas respectivas notas, o número de vagas disponíveis e o número de inscritos.

Os candidatos selecionados têm um prazo para efetuar sua matrícula na instituição para a qual foram selecionados. As vagas eventualmente não ocupadas são disponibilizadas na etapa seguinte, e os candidatos interessados podem participar novamente, fazendo nova inscrição para concorrer a essas vagas. As três etapas seguem essa mesma dinâmica.

Para o Enem 2011 foi lançado o Edital N° 7/2011 que corrobora e amplia critérios e objetivos previstos em 2009 para o novo modelo do ENEM. No que diz respeito aos resultados do ENEM, o edital afirma que eles poderão ser utilizados para:

- I. Compor a avaliação de medição da qualidade do Ensino Médio no país;
- II. A implementação de políticas públicas;
- III. A criação de referência nacional para o aperfeiçoamento dos currículos do Ensino Médio;
- IV. O desenvolvimento de estudos e indicadores sobre a educação brasileira, entre outros;
- V. O estabelecimento de critérios de acesso do **participante** a programas governamentais;
- VI. A constituição de parâmetros para a autoavaliação do **participante**, com vistas à continuidade de sua formação e à sua inserção no mercado de trabalho.

E ainda:

Facultar-se-á a utilização dos resultados individuais do Enem para:

A certificação, pelas Instituições Certificadoras listadas no Anexo I deste Edital, no nível de conclusão do Ensino Médio;

A utilização como mecanismo de acesso à Educação Superior ou em processos de seleção nos diferentes setores do mundo do trabalho.

Em 2011, o MEC atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio de 1998, com a publicação de novas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Parecer CNE/CEB N° 5/2011). Neste parecer, são expressos de forma clara que esta etapa da educação básica deve desenvolver propostas curriculares que:

tratam da aprendizagem baseada em problemas; centros de interesses; núcleos ou complexos temáticos; elaboração de projetos, investigação do meio, aulas de campo, construção de protótipos, visitas técnicas, atividades artístico-culturais e desportivas, entre outras. Buscam romper com a centralidade das disciplinas nos currículos e substituí-las por aspectos mais globalizadores e que abranjam a complexidade das relações existentes entre os ramos da ciência no mundo real (CNE/CEB Parecer N° 5/2011, p. 43).

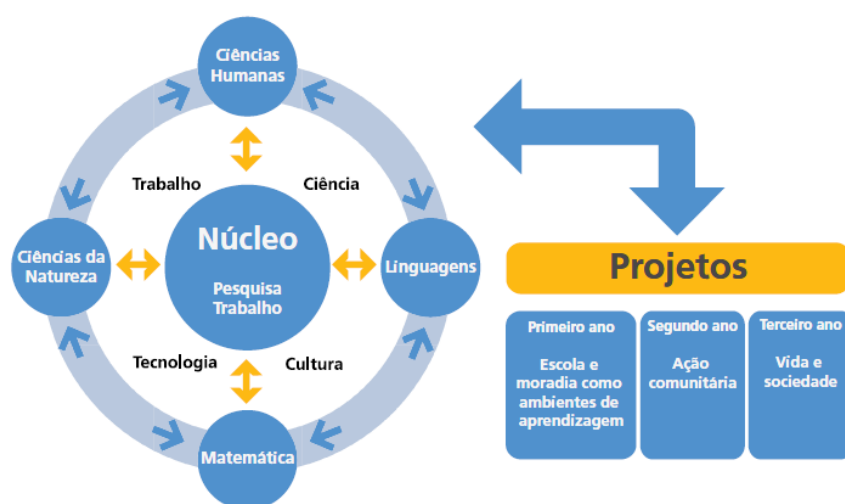
Segundo o Parecer, “a educação no Ensino Médio deve possibilitar aos adolescentes, jovens e adultos trabalhadores acesso a conhecimentos que permitam a compreensão das diferentes formas de explicar o mundo, seus fenômenos naturais, sua organização social e seus processos produtivos”(p. 3).

As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio de 2011 continuam com a proposta de organização curricular em áreas de conhecimento, desta feita em quatro, conforme a proposta do novo ENEM. No que tange as metodologias em geral, estão baseadas em

metodologias mistas (SANTOMÉ, 1998), as quais são desenvolvidas em, pelo menos, dois espaços e tempos. Um, destinado ao **aprofundamento conceitual no interior das disciplinas**, e outro, voltado para as denominadas **atividades integradoras**. É a partir daí que se apresenta uma possibilidade de organização curricular do Ensino Médio, com uma organização por disciplinas (recorte do real para aprofundar conceitos) e com atividades integradoras (imersão no real ou sua simulação para compreender a relação parte-totalidade por meio de atividades interdisciplinares). Há dois pontos cruciais nessa proposta: a definição das disciplinas com a respectiva seleção de conteúdos; e a definição das atividades integradoras, pois é necessário que ambas sejam efetivadas a partir das inter-relações existentes entre os eixos constituintes do Ensino Médio integrando as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura (CNE/CEB Parecer N° 5/2011, p 43-44). (Grifo nosso)

Ainda em 2011, a UNESCO lança um documento denominado *Protótipos curriculares de Ensino Médio e Ensino Médio integrado* que tem como “finalidade de propor protótipos¹ curriculares viáveis para a integração entre a educação geral, a educação básica para o trabalho e a educação profissional no ensino médio” (p. 6).

Na concepção do documento, “as dimensões do trabalho, da cultura, da ciência e da tecnologia são assumidas como categorias articuladoras das atividades de diagnóstico (pesquisa) e das atividades de transformação (trabalho)”, como mostra a figura 2. A busca pela solução dos problemas levantados mobiliza os saberes disciplinares das diversas áreas.



¹ Protótipos são modelos construídos para simular a aparência e a funcionalidade de um produto em desenvolvimento. HOUAISS, A.; VILLAR, M. S. Protótipo: primeiro tipo criado; original. In: ____; e _____. *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

Ao final deste capítulo, cabe a pergunta: como está organizado e para que serve o Ensino Médio no Brasil?

Os documentos publicados pós-LDB apontam numa direção de um ensino médio inovador, articulado com as demandas sociais, culturais, políticas e econômicas do século XXI, fortalecendo as premissas da UNESCO como marcos da educação na sociedade contemporânea – aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser.

Mais de uma década após a publicação dos primeiros documentos, continuamos discutindo de que forma tais propostas são possíveis de serem implantadas nas escolas, o que denota as dificuldades enfrentadas até o momento em viabilizá-las.

Síntese do Capítulo

Com a publicação da LDB de 1996, a educação básica no Brasil passa por significativas mudanças. O Ensino Médio, como etapa final deste nível de educação adquire novos objetivos e em 1999 são publicados os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). O currículo deste nível de ensino, pelos PCN foi organizado tendo em vista os três domínios da ação humana: “a vida em sociedade, atividade produtiva e a experiência subjetiva”.

Os PCN contemplam dois eixos básicos, que orientam a seleção dos conteúdos: o eixo histórico cultural e o eixo epistemológico e ainda consideram dois enfoques que devem perpassar a organização curricular, que são a interdisciplinaridade e a contextualização. O currículo passar a ser organizado em áreas de conhecimentos que foram estruturadas a partir dos saberes que “compartilham objetos de estudo e, portanto, mais facilmente se comunicam, criando condições para que a prática escolar se desenvolva numa perspectiva de interdisciplinaridade” (PCN, 1999, p. 39). Assim temos: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias: Língua Portuguesa, Língua Estrangeira, Informática, Artes e Educação Física; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias: Física, Química, Biologia e Matemática e Ciências Humanas e suas Tecnologias: Filosofia, História, Geografia e Sociologia.

Propõe o desenvolvimento de um currículo por competências e habilidades nas quais se destacam: investigação e compreensão, representação e comunicação, contextualização sociocultural e histórica. A nova proposta curricular para o Ensino Médio representa uma revolução ao paradigma de currículo de ensino médio vigente anteriormente. Talvez em decorrência dessa reforma, mais de dez anos depois da publicação dos PCN, ainda não é perceptível grande transformação no ambiente escolar.

Em 2002, o MEC percebendo as dificuldades docentes publica os *PCN+ Ensino Médio – orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*, um conjunto de três livros, organizados pelas áreas de conhecimento - Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias. De fato, os PCN+ se propunham a serem documentos mais elucidativos sobre a reforma do Ensino Médio, com uma abordagem mais direta e menos complexa. Esses documentos foram mais aceitos pelos docentes o que permitiu que a nova proposta de currículo para o ensino médio começasse a ser desenvolvida nas escolas.

Embora todos os esforços e medidas sejam reconhecidos como importantes e necessários, a reforma do Ensino Médio brasileiro caminha a passos lentos. As discussões sobre o currículo do Ensino Médio são complexas e urgentes, uma vez que as mudanças se dão num cenário que envolve duas vertentes de grande significado: o crescimento da demanda, com a necessidade de aumento de vagas numa

velocidade crescente, e ao mesmo tempo, a melhoria da qualidade do ensino ofertado, explicitado pelos indicadores de aprendizagem dos alunos.

A simultaneidade de tais propósitos se coloca como um desafio que precisa ser atacado a partir de um conjunto de variáveis, entre elas: quantidade e qualidade dos professores para atuarem nas disciplinas específicas; livros didáticos em quantidade e atualizados de acordo com as recomendações contidas nos PCN; escolas com condições básicas de funcionamento, e neste caso, a presença de laboratórios didáticos de ciências, informática, línguas são requisitos fundamentais.

Até 2006 era perceptível a pouca aceitação por parte dos professores da proposta dos PCN e PCN+. A ideia de se trabalhar o currículo por meio de áreas de conhecimento enfrentou muitas dificuldades de ordem prática. Neste ano novo documento sobre o Ensino Médio é publicado pelo MEC. Trata-se das *Orientações curriculares para o ensino médio*, um conjunto de três livros, organizados por área de conhecimento. Isso evidencia que oito anos depois da publicação dos PCN do Ensino Médio, as discussões sobre a nova proposta curricular ainda se coloca como um grande desafio para escolas e professores.

Em 2009, o MEC lança o novo Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM), uma iniciativa ousada e de largo alcance, considerando que sua operacionalização representa o que se poderia chamar de uma reforma de ensino médio “de cima para baixo”. O novo ENEM aproveita a concepção, estrutura e fundamentos do ENEM implantado em 1998, mas avança no sentido de orientar e estimular as instituições federais de ensino superior a aderir ao exame como parte do processo de seletivo para admissão nos seus cursos de graduação.

Em 2011, o MEC atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio de 1998, com a publicação de novas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Parecer CNE/CEB N° 5/2011). Ainda em 2011, a UNESCO lança um documento denominado *Protótipos curriculares de Ensino Médio e Ensino Médio integrado* que tem como “finalidade de propor protótipos² curriculares viáveis para a integração entre a educação geral, a educação básica para o trabalho e a educação profissional no ensino médio” (p. 6).

Atividades

1. Como você avalia a reforma do Ensino Médio proposta nos Parâmetros Curriculares Nacionais?
2. O fato de o Ensino Médio ser considerado etapa de terminalidade da educação básica e, ao mesmo tempo, ser um momento de iniciação ao trabalho e a atividade produtiva para a vida em sociedade representa um problema para o currículo?
3. Ao estruturar o currículo por áreas de conhecimento, a proposta não implicaria necessariamente na diminuição da quantidade de conteúdos de cada disciplina? Por exemplo: os conceitos acerca dos átomos, trabalhados em Química e Física, poderiam ser abordados agora em uma das disciplinas, apenas.
4. Além dos conteúdos conceituais, os PCN e PCN+ propõem o trabalho com competências e habilidades e propõe um conjunto básico de competências a serem desenvolvidos em todas as áreas e em cada área em particular. De que forma você exploraria as competências e habilidades na área de CNM?

² Protótipos são modelos construídos para simular a aparência e a funcionalidade de um produto em desenvolvimento. HOUAISS, A.; VILLAR, M. S. Protótipo: primeiro tipo criado; original. In: ____; e _____. *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

5. Consulte as Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física (Parecer N° CNE/CES 1.304/2001) e identifique pontos que articulam a formação inicial com o currículo do Ensino Médio.
6. Como você avalia a presença dos laboratórios de ciências, informática e línguas nas escolas públicas?
7. Vá ao documento PCN+ Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>) e na p. 71 observe o Tema 1 – Movimentos: variações e conservações. Verifique numa das coleções didáticas selecionadas pelo MEC para a disciplina de Física e analise de que forma as propostas dos PCN+ se relacionam com a proposta do livro.

Referências

- AMARAL, I. A. Currículo de Ciências: das tendências clássicas aos movimentos atuais de renovação in BARRETO, Elba Siqueira de Sá. **Os currículos do Ensino Fundamental para as Escolas brasileiras**. Coleção Formação de Professores. São Paulo: Editora Autores Associados, 1998. pp. 201 - 232.
- BARRETO, Elba Siqueira de Sá (org). **Os currículos do Ensino Fundamental para as Escolas brasileiras**. Coleção Formação de Professores. São Paulo: Editora Autores Associados, 1998. pp. 191 – 200.
- COLL, C. e alli. **Os conteúdos na reforma**. Porto Alegre: Artes Médicas. 1998.
- DOMINGUES, J. L.; KOFF, E. D. e MORAES, I. J. **Anotações de leitura dos Parâmetros Nacionais do Currículo de Ciências**.
- DURANT, J.: Acabar com o analfabetismo científico? in **Ciência e Tecnologia Hoje**. São Paulo: Editora Ensaio. 1995. pp. 88 - 90.
- FUMAGALLI, L. O ensino de ciências naturais no nível fundamental de educação formal: argumentos a seu favor In **Didática das Ciências Naturais – contribuições e reflexões**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- KRASILCHIK, M.: Caminhos do ensino de ciências no Brasil. in **Em Aberto**. Brasília. No. 55. Ano 11. Jul/Set.1992. pp. 03 - 08.
- POZO, J. I. A aprendizagem e o ensino de fatos e conceitos. **Os conteúdos na reforma**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- RUTHERFORD, J. e AHLGREN, A.: **Ciência para todos**. Lisboa-Portugal: Editora Gradiva. 1995.
- SANTOS, M. E. N. V. M.: Formação de professores no domínio de uma alfabetização científica e tecnológica? **IV Encontro de Ciências da Universidade de Aveiro**. 1994. pp. 114-117.
- SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceptual na sala de aula - um desafio pedagógico**. Lisboa - Portugal: Livros Horizonte, 1991.
- SEMTEC/MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio**. Volumes 1, 2, 3 e 4. Brasília: MEC. 1999.
- SERBINO, R. V. e alli (org). **Formação de Professores**. São Paulo – SP: Editora UNESP. 1998.
- SILVA, T. M. G. **A construção do currículo na sala de aula**. São Paulo: Editora EPU, 1990.

UNESCO. **Protótipos curriculares de Ensino Médio e Ensino Médio Integrado:** resumo executivo. Disponível em <http://www.unesco.org/new/pt/brasil/abouthis-office/unesco-resources-in-brazil/publications/publications-on-education/#c154378>

WEISSMANN, H. O que ensinam os professores quando ensinam ciências naturais e o que dizem querer ensinar. **Didática das Ciências Naturais – contribuições e reflexões**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

Capítulo 2 – Transposição didática³

José Roque Damasco Neto

Lisani Geni Wachholz Coan

Objetivos

- Compreender a importância da teoria da Transposição Didática (TD), desenvolvida por Yves Chevallard.
- Entender que esta teoria pode ser usada como um “instrumento” que analisa os seguintes movimentos da transformação: do *saber sábio* (descoberto pelos cientistas), para o *saber a ensinar* (aquele que está nos materiais e livros didáticos), até o *saber ensinado* (aquele que realmente acontece em sala de aula).
- Analisar e compreender os diferentes elementos que integram a TD, tais como a *Noosfera*, que representa o conjunto das fontes de influências responsáveis pela seleção dos conteúdos que compõem os programas escolares; os processos de *despersonalização*, *dessincritização* e *descontextualização*, aos quais o saber é submetido e que fazem com que ele seja despido de seu contexto epistemológico, histórico e linguagem própria.

1. Introdução

Dentro do movimento da Matemática Moderna, no final da década de 1960, surge uma área de conhecimento denominado *Didática da Matemática*. Ela se originou através dos estudos desenvolvidos no IREM (Instituto de Investigação do Ensino de Matemática). Inicialmente, o IREM desenvolvia uma complementação na formação de professores de Matemática, assim como produzia materiais de apoio para a sala de aula, como por exemplo, textos, jogos, brinquedos, problemas, experimentos de ensino, entre outros.

Destacam-se nesta área os trabalhos de Yves Chevallard, que aborda a Teoria do Antropológico da Matemática; Guy Brousseau, focando a Teoria sobre Situação Didática, Situação a-didática e Contrato Didático; Raymond Duval, com a Teoria dos Registros de Representação Semiótica; Gérard Vergnaud, que apresentou a Teoria dos Campos Conceituais; Règine Douady, que elaborou a Teoria sobre Dialética Ferramenta-Objeto dentre outros. Na unidade 2 abordaremos a Teoria da Transposição Didática de Yves Chevallard.

1.1. A transposição didática: o que é?

Foi o sociólogo Michel Verret, em 1975, que introduziu o termo transposição didática. Em 1985 ele foi rediscutido por Chevallard em sua obra *La Transposition Didactique*, na qual apresenta as transposições que ocorrem com um saber desde o meio científico ao meio escolar. Esta obra é o seu trabalho mais difundido e estudado no Brasil. A segunda edição deste livro ocorre em 1991, na qual atualiza o texto da edição anterior e acrescenta um estudo de caso.

Chevallard (1991) afirma em sua teoria que o saber não chega à sala de aula tal qual ele foi produzido no contexto científico. Esse saber passa por um processo

³ Este capítulo foi retirado do livro **Fundamentos da didática das ciências e da matemática** de José Roque Damasco Neto e Lisani Geni Wachholz Coan, produzido para o Curso de Especialização em Ensino de Ciências com recursos do Programa Universidade Aberta do Brasil (UAB) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Santa Catarina, 2ª edição, 2012.

de transformação, que se assemelha a uma “maquiagem didática”, de modo que ele possa ser ensinado em sala de aula. Na verdade, isso ocorre por que os objetivos da escola e da comunidade científica não são os mesmos.

Qual é o papel da Ciência e qual é o papel da escola? A Ciência precisa dar conta de responder questões que lhes são formuladas e que necessitam de respostas dentro de um determinado contexto histórico, cultural e social. Portanto, não necessariamente tais saberes precisam ser selecionados como saberes que venham a ser ensinados na sala de aula. Antes que isso aconteça, é preciso que seja dado um retorno à comunidade científica e à sociedade sobre as questões pesquisadas.

Esses saberes que são elaborados poderão chegar à sala de aula, segundo Chevallard (1991), se a noosfera determinar que tais saberes farão parte dos que devem ser ensinados. O resultado do trabalho da *Noosfera* chega até nós por meio dos Referenciais Curriculares, elaborados pelo Ministério da Educação e pelos documentos que trazem as diretrizes curriculares as quais orientam o ensino de uma determinada disciplina científica. Lembre-se de que uma das principais funções da escola é a transmissão dos conhecimentos que foram produzidos pela humanidade. Portanto, a ciência ensinada na sala de aula nem sempre é a ciência que os cientistas produziram.

O processo de comunicação dos saberes compreende a elaboração, a seleção e a chegada aos livros e materiais didáticos. Somente a partir desta etapa é que o professor passa a selecioná-los e prepará-los para seus alunos. É possível se perceber claramente que esse saber passa por várias transformações. Somente nessa etapa é que entra em cena a transposição didática (TD). Isto tudo significa que esse processo se refere à passagem do *Saber* de uma instituição à outra, que por sua vez dá “roupagem” nova, isto é, novas formas a esse saber, constituindo diversas e distintas etapas.

A transposição didática estabelece a existência dos três níveis do processo de transformação, denominado de saber sábio (*savoir savant*); saber a ensinar (*savoir à enseigner*) e saber ensinado (*savoir enseigné*). Para cada nível, existem diferentes grupos sociais que respondem pela composição de cada um desses saberes, os quais, por sua vez, fazem parte de um ambiente mais amplo, chamado de noosfera. Traduzindo a definição dada por Chevallard (1991, p. 45), temos que a transposição didática é entendida como um processo no qual um conteúdo do saber, que foi designado como saber a ensinar, sofre, a partir daí, um conjunto de transformações adaptativas que o tornarão apto para ocupar um lugar entre os objetos de ensino, ou seja:

Un contenido de saber que ha sido designado como saber a enseñar, sufre a partir de entonces un conjunto de transformaciones adaptativas que van a hacerlo apto para ocupar un lugar entre los objetos de enseñanza. El “trabajo” que transforma de un objeto de saber a enseñar en un objeto de enseñanza, es denominado la transposición didáctica.

Portanto, o trabalho que transforma um objeto do saber a ensinar em um objeto de ensino é denominado transposição didática.

1.2. Saber sábio

O conhecimento produzido na esfera composta por intelectuais e cientistas corresponde ao saber sábio, ou também denominado “conhecimento científico”. A divulgação desse saber ao público se dá mediante publicações próprias, quer em revistas ou periódicos científicos e também nos congressos específicos de cada

área, através de artigos, teses, relatórios ou livros especializados. Porém, antes de sua publicação, ele passa por determinadas transformações no interior dessa comunidade, chegando ao leitor de forma depurada, limpa e numa linguagem impessoal, sem relatar os detalhes, as emoções e os conflitos de sua elaboração e construção.

Como já foi mencionado anteriormente, os cientistas precisam ser capazes de responder a determinadas questões que a eles são colocadas, portanto, cabe-lhes darem respostas ou soluções a esses problemas. O trabalho final, elaborado pelo cientista, assume uma forma impessoal em que não aparecem os conflitos no contexto da descoberta porque ele abre mão da informalidade e emoções. Tem-se então uma transposição “não didática”, e sim científica, pois é caracterizada por uma *despersonalização* e *reformulação* do saber.



Figura 1 - Saber Sábido: Texto impessoal, sem relato de emoções, detalhes.

1.3. Saber a ensinar

O saber a ensinar situa-se em outro nível ou patamar, que é o segundo patamar ou estatuto do saber. Esse saber se materializa por meio dos materiais de ensino para formação universitária, os livros didáticos e mesmo os programas escolares. Nesse nível, o saber é reestruturado de tal modo que a linguagem utilizada se torne mais simples que a de uso dos cientistas e adequada ao ensino. Nesse processo de transformação, o saber sofre uma *descontextualização*, pois ocorre a perda do seu contexto original, através de um processo de *despersonalização*, porque, nos livros didáticos e em outros materiais o saber se encontra organizado, ordenado, cumulativo e linear. Assim, torna-se um saber com sequência lógica, sem qualquer relação com o ambiente epistemológico em que foi formulado pelos cientistas e é novamente reorganizado num novo contexto epistemológico pelo processo de *dessincronização*.

Percebe-se que, na passagem do saber sábio ao saber a ensinar, origina-se um verdadeiro modelo teórico que ultrapassa os limites dos saberes das respectivas áreas, seja da Matemática, Física, Química ou Biologia, entre outras. Isso porque remete ao surgimento de materiais de apoio pedagógico, que são essenciais para que ocorra o processo de ensino, e também ao fato de prevalecer uma teoria didática voltada ao trabalho do professor.

O processo de ensino, portanto, resulta no objeto do *saber ensinado* que se apresenta no plano de aula do professor e que veremos na sequência.

2.4 Saber ensinado

Parte-se do princípio de que, na prática educativa, o conteúdo a ser trabalhado com os alunos, o *saber ensinado*, não deve ser concebido como uma mera simplificação dos saberes científicos.

Lembra-se que, pelo fenômeno da transposição didática, ocorreram diferentes transformações entre o saber elaborado pelos cientistas, o *saber sábio* e o *saber a ensinar*, que está nos livros didáticos. É nesse sentido que se pode dizer que a ciência dos cientistas não é a mesma “ciência” da sala de aula.

Isso acontece porque, no cerne da sala de aula, ocorrerá novo fenômeno da transposição didática, pois neste espaço – o de preparação e o de lecionar – o *saber a ensinar* será transfigurado em *saber ensinado*. Para tanto, neste nível ou patamar, existe influência de vários grupos que compõem essa esfera, cujos graus de interesses e duração temporal devem ser considerados, pois as pressões externas interferem e levam o professor a praticar uma nova transposição didática. Nesse novo saber, fica evidente a interferência de concepções pessoais do professor, além dos interesses e opiniões da administração escolar, dos alunos, dos pais e da comunidade em geral.

Síntese do capítulo

Neste capítulo tivemos o propósito de apresentar um pouco sobre o que é a transposição didática. Este conhecimento nos ajuda a fazer várias reflexões que certamente nos encorajarão a responder questões, muitas vezes formuladas pelos nossos alunos, sobre o porquê de determinados saberes constarem da grade curricular. E provavelmente você, como professor, já se fez ou se faz tais perguntas. Outras questões muito interessantes, com as quais nos deparamos ao concluirmos este texto, são: entendemos quem de fato nos representa na noosfera? Quem delega esses representantes? Somos bem representados? Se você fizesse parte dessa “esfera” decisória, teria clareza sobre quais conteúdos deveriam fazer parte do currículo escolar de sua área de atuação?

O bom é que sempre temos mais perguntas que respostas! Isso significa que precisamos avançar mais um pouco nos nossos debates e leituras. Dependendo de como é a organização didática de sua escola, pode lhe ser cobrado vencer todo um cronograma semestral ou anual e, já que almejamos bons resultados no final, devemos entender que somente damos conta de tudo isso porque estabelecemos determinadas regras, “contratos”, com nossos alunos para que o trabalho aconteça.

Gaston Bachelard preocupou-se com a questão do erro e mostrou o lado positivo dos obstáculos, como veremos na próxima unidade. À medida que for fazendo a leitura, procure pensar como os obstáculos epistemológicos e didáticos se refletem em sua prática docente. Pense em algum assunto (conteúdo) com que você tem maior afinidade e tente identificar quais são os obstáculos existentes no ensino dele. Procure refletir e discutir este tema com seus colegas!

Capítulo 3 - A construção do conhecimento no ensino da Física: abordagens metodológicas

Henrique Bezerra Cardoso

Objetivos

- Identificar as diferentes metodologias de ensino de física, desde a leitura de textos à prática escolar.
- Identificar as possibilidades e as limitações, em sala de aula, da didática baseada em analogias e modelos físicos, em experimentos e resolução de problemas, na história da ciência e no uso do computador e das novas tecnologias da informação e comunicação utilizando, utilizando-os como instrumento mediador do conhecimento.
- Aprender a utilizar conscientemente as metodologias ao ensino da física abordadas, compreendendo que uma complementa a outra.

1. O uso de analogias e modelos físicos

É comum os professores se utilizarem de analogias e modelos físicos para ensinar conceitos que se apresentam abstratos aos estudantes. Eles objetivam, na maioria inconscientemente, transformar o conceito abstrato em algo concreto, aproximá-lo do universo conceitual do aluno com a intenção de integrá-lo a sua capacidade imaginativa e relacional, tornando-o significativo e relevante. Pretendem, assim, facilitar a compreensão dos alunos sobre o assunto, criar pontes aos conhecimentos pré-existentes ou fomentam novas rotas para criação de novos saberes.

As analogias e os modelos são recursos didáticos que possibilitam aos professores dispor de situações que permitem ou facilitam aos alunos construir modelos mentais que, no decorrer da educação escolar, deverão ser refinados e ampliados a novos domínios de conhecimentos.

1.1. O uso de analogias no ensino

Seja através da fala do professor ou das diversas ferramentas didáticas, o auxílio à analogia, ao abordar determinado conceito ou conteúdo, orientar-se-á dependente do contexto escolar (maturidade dos alunos, estrutura física, acesso a laboratórios de ciências ou de informática, material didático disponível etc.) e da sensibilidade do próprio professor ao desenvolver a sua prática. Inicialmente, o uso da analogia pode preferencialmente compartilhar mais do contexto dos alunos do que propriamente daquele que a originou.

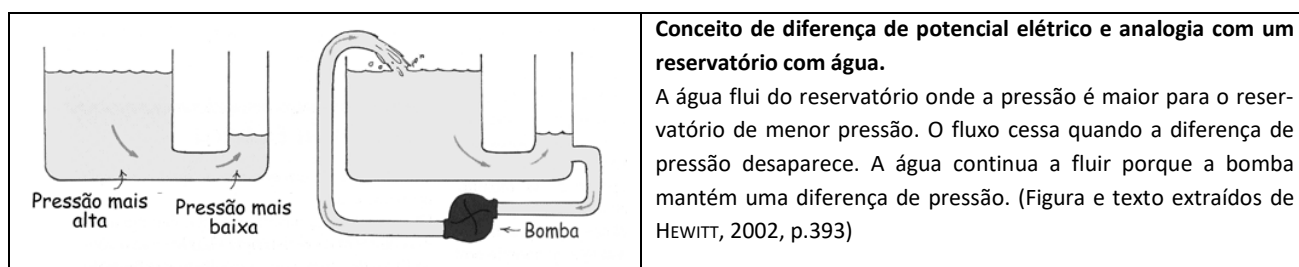
Por exemplo, no ensino do conceito de diferença de potencial elétrico, é comum utilizar o modelo de reservatório d'água como analogia ao circuito elétrico. O reservatório, neste caso, embora esteja relacionado com o contexto que o originou também compartilha do contexto dos alunos. Para eles, visualizar o movimento da água fluindo através de canos ou de uma mangueira é muito mais fácil, numa primeira aproximação, do que imaginar elétrons se deslocando e chocando com a rede cristalina de um metal, uma segunda aproximação. Vejamos um pouco mais de detalhes sobre este exemplo extraído do livro *Física Conceitual* de Paul Hewitt (2002).

Inicialmente, Hewitt fala do conceito de *diferença de potencial* partindo de uma analogia envolvendo os conceitos de temperatura e calor estudado em capítulos anteriores de seu livro:

Lembre-se de nossos estudos sobre calor e temperatura, de que quando as extremidades de um material condutor estão a temperaturas diferentes, a energia térmica flui da extremidade mais quente para a mais fria. O fluxo cessa quando ambas alcançam a mesma temperatura. Analogamente, quando as extremidades de um material condutor elétrico estão em diferentes potenciais elétricos – quando existe uma **diferença de potencial** entre elas – a carga flui de uma extremidade a outra. O fluxo de carga persiste enquanto existir uma diferença de potencial. Sem uma diferença de potencial, nenhuma carga fluirá (HEWITT, 2002, p. 392).

Neste caso Hewitt procura construir analogias com conceitos e fenômenos anteriormente vistos pelos alunos.

Em seguida, aborda nova analogia envolvendo conteúdos de hidrostática e hidrodinâmica por meios de um reservatório d'água que pode ser visualizado na figura a seguir. Isso porque, analogamente, dentro de um reservatório d'água, a água só entrará em movimento se houver uma diferença de pressão. Ou seja, ela fluirá da região de maior pressão para a de menor pressão e este fluxo só cessa quando a diferença de pressão desaparece.

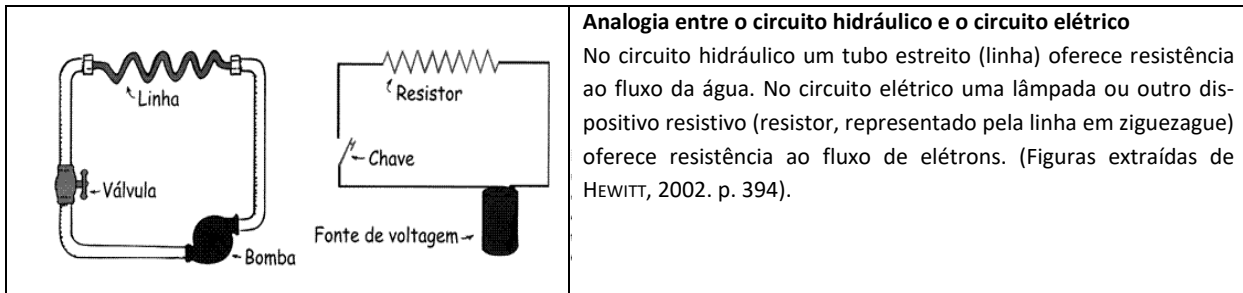


De forma análoga, em um circuito elétrico⁴:

As cargas fluem somente quando são “empurradas” ou “impelidas”. Uma corrente sustentada requer um dispositivo de “bombeamento” adequado para fornecer uma diferença de potencial elétrico – uma voltagem. (...) Geradores elétricos e baterias químicas (...) são fontes de energia em circuitos elétricos e são capazes de sustentar um fluxo constante de carga (HEWITT, 2002, p. 393)

As analogias, em muitas situações, conseguem introduzir conceitos de forma bastante satisfatória, mas elas também apresentam limitações, sendo necessária cautela ao utilizarmos esse recurso. Por exemplo, estando o circuito fechado em ambos os exemplos da figura a seguir, o resultado ao cortarmos um cano ou um fio em cada um dos circuitos é completamente diferente. Enquanto que no primeiro a água continuará fluindo até o seu completo esgotamento dentro dos canos, no circuito elétrico a corrente deixará de fluir no instante do corte. O que haverá, então, de errado com essa analogia?

⁴ Podemos imaginar que a voltagem provê algo como uma espécie de “pressão elétrica”, que faz com que os elétrons se movam pelo circuito.



É importante observar que embora as duas situações sejam análogas, a natureza física dos fenômenos é completamente diferente. Os elétrons não se movimentam dentro dos fios da mesma forma que a água dentro de um cano. O sinal elétrico se propaga num fio⁵ com aproximadamente a velocidade da luz, enquanto que os elétrons, em resposta a esse sinal, se deslocam muito lentamente. É o sinal elétrico quem leva a informação aos elétrons “avisando-os” que se movimentem no fio quase que instantaneamente. E esse movimento não pode ser comparado a uma espécie de “efeito dominó”, que pode ser válido para o movimento da água, porque se isso fosse verdade seriam necessárias cerca de três horas para um elétron caminhar três metros num fio de cobre. Entretanto, o que se observa não é isso: quando se liga o interruptor de uma lâmpada está se acende quase que instantaneamente e não depois de 3 horas.

Com relação ao efeito dominó Hewitt complementa:

A idéia do dominó é um bom modelo para transmissão do som, mas não para transmissão de energia elétrica. Os elétrons livres para se moverem em um condutor são acelerados pelo campo elétrico aplicado sobre eles, e não por causa das colisões que eles têm entre si. É verdade que eles colidem entre si e também com outros átomos, mas isto os torna mais lentos e oferece resistência ao seu movimento. Os elétrons que estão ao longo do fio todo reagem simultaneamente ao campo elétrico (HEWITT, 2002, p. 399).

Com essa discussão exemplificamos o cuidado que devemos ter ao empregarmos analogias em sala de aula e observar as limitações inerentes à sua utilização. O emprego da analogia do circuito d’água pode levar os alunos a pensar que o movimento dos elétrons é idêntico ao movimento de água num cano.

Se não abordarmos as possibilidades analógicas ao fenômeno de forma zelosa, destacando as semelhanças, as diferenças e as nuances de cada situação, poderá acontecer deles se apegarem a uma analogia poderá levá-los a criar um conceito não científico, ou seja, estariam a desenvolver uma nova concepção alternativa sobre o fenômeno estudado.

Esses problemas apontados na utilização de analogia no ensino, segundo Mintzes *et al.* (2000), referem-se ao fato destas poderem estar “sujeitas a significados múltiplos que dependem do conhecimento prévio do aluno” (p. 288).

Sendo assim, embora o emprego de analogias seja um recurso que possibilite aos professores propor situações novas para construção de novos modelos mentais, estes deverão, no decorrer da educação escolar, ser refinados e ampliados a novos domínios de conhecimento.

⁵ Num fio de cobre, a velocidade média de deslocamento de um elétron é cerca de $3,75 \times 10^{-2}$ cm/s, ou seja, são necessários cerca de 27s para que um elétron num fio sofra um deslocamento médio de 1,0cm.

Para complementar esse assunto, outra passagem que valeria a pena citar do livro de Hewitt é aquela relacionada à frequente confusão dos alunos em diferenciar os conceitos de **fluxo de carga** e **voltagem aplicada**:

Podemos distinguir entre essas duas ideias considerando um tubo comprido cheio de água. A água fluirá através de um tubo se existir uma diferença de pressão através deste, ou seja, entre suas extremidades. A água flui da extremidade onde é alta a pressão para aquela onde a pressão é baixa. Apenas a água flui, não a pressão. Analogamente, a carga elétrica flui através de um circuito porque existe uma voltagem aplicada através do circuito. Você não pode dizer que a voltagem flui através do circuito. A voltagem não vai a lugar algum, pois são as cargas que se movimentam (HEWITT, 2002, p. 394).

Em síntese, podemos concluir que uma analogia representa um ponto de semelhança entre dois fenômenos distintos, mas possíveis de serem comparados. Caberá, então, ao professor a tarefa de buscar esse ponto de semelhança e de avaliar quais são as analogias mais adequadas e efetivas para construção de modelos em sala de aula. Essa tarefa não é de fácil realização e exigirá do professor um processo contínuo de estudo, pesquisa e aperfeiçoamento.

O uso de analogias em sala de aula, como qualquer outra abordagem metodológica ao ensino de física, pode não ser suficiente para a compreensão de determinados conteúdos por alguns alunos. Na maioria dos casos, o conhecimento esperado só poderá ser concretizado de forma efetiva quando os próprios alunos ingressarem em outras atividades (cursos técnicos, ensino superior, especializações etc.), onde serão exigidos deles conhecimentos que os levem a tais refinamentos.

Atividades

1. Selecione um conceito físico e elabore uma analogia que lhe permita apresentar, de forma introdutória, este conceito a alunos do Ensino Médio.
2. No estudo da óptica geométrica quando se aborda o conteúdo dos espelhos planos e esféricos, pode-se descrever as propriedades ópticas por meio da construção de traçados geométricos. Outra forma de descrever essas mesmas propriedades seria tratar a luz como partícula e aplicar conceito mecânicos (lei de conservação do momento, 3ª Lei de Newton – ação e reação) para chegar ao mesmo resultado.
3. Adotando o modelo mecânico clássico seria possível explicar as propriedades da luz quando esta atravessa uma lente de vidro, um prisma ou, de forma genérica, qualquer meio transparente? Que analogia poderia utilizar quando fosse explicar os fenômenos da refração e interferência das ondas luminosas para seus alunos? Quais limites essas analogias apresentam? Que concepção alternativa poderia ser passada para os alunos se não fosse utilizada de forma adequada?
4. Richard Feynman, prêmio Nobel de Física Americano, escreveu um interessante texto, em sua famosas *Lectures on Physics*⁶, abordando o comportamento quântico dos elétrons. Para tentar explicar esse comportamento, usou o aparato da experiência da interferência de ondas em dupla fenda fazendo, inicialmente, dois testes: no primeiro, utilizou balas para atravessar as fendas; no segundo, utilizou ondas de água para atravessá-las. Quais foram os resultados

⁶O livro *Física em seis lições* de Richard Feynman, editado pela Ediouro, traz esse texto, dentre outros cinco, com o título *Comportamento quântico*. Atualmente existe uma edição dos *Lectures on Physics* traduzidos em nosso país com o título *Lições de Física de Feynman*.

obtidos com essas duas experiências? Em seguida, propôs outro experimento imaginado em que considerou os elétrons atravessando as duas fendas. Como resultado escreveu que “se os elétrons não são vistos, temos interferência!” e “ao tentar ‘observar’ os elétrons, mudamos os seus movimentos. (...) não vemos mais os efeitos da interferência ondulatória.” Feynman relatou com esses experimentos mentais um exemplo de aplicação do princípio da incerteza de Heisenberg em que se utilizou de diversos modelos e analogias. Com base na leitura desse texto, descreva quais recursos didáticos e conceitos da física clássica Feynman se utilizou para tentar descrever inicialmente as propriedades dos elétrons. Quais as limitações entre os modelos clássicos e quânticos da matéria apresentados? Como você abordaria esses conceitos em sala de aula ao abordar os conteúdos da física moderna e contemporânea?

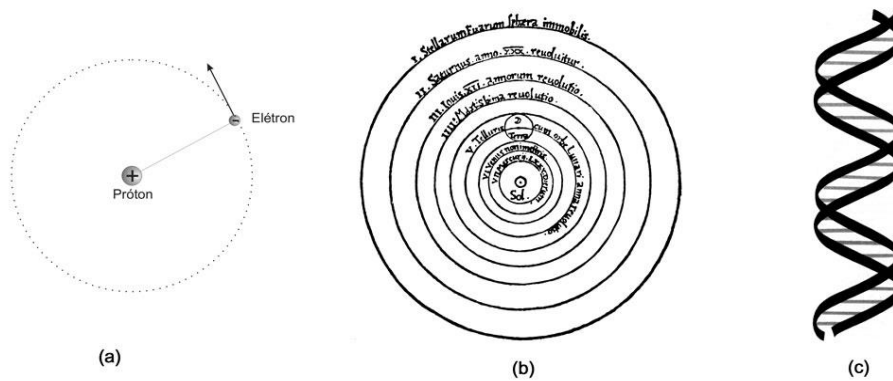
5. Os estudantes, e até mesmo nós professores, carregamos conosco diversas concepções alternativas sobre diversos fenômenos físicos. Dentre essas concepções destacamos três:
 - a) a de que a Lua não está caindo, ou seja, de que não ela esta em queda livre em direção à Terra;
 - b) a de que não há força gravitacional no espaço; e
 - c) a de que a força atrai que age numa maçã não é a mesma que age na Lua.
 Com bases nessas três concepções, que experiências e analogias poderiam ser trabalhadas em sala de aula para contrapor as ideias dos alunos (ou até mesmo sua) e levá-los a uma nova compreensão sobre esses conteúdos?
6. Faça o mesmo que a questão anterior quanto as seguintes concepções alternativas: 1ª) Ação e reação agem no mesmo corpo; 2ª) Não há conexão entre as leis de Newton e cinemática.
7. Faça o mesmo que a questão anterior quanto as seguintes concepções alternativas: 1ª) Os olhos precisam de luz para ver os objetos; 2ª) As ondas transportam matéria; 3ª) a luz é uma mistura de partículas e ondas.

2. Construção de modelos físicos

No percurso de suas atividades em busca da compreensão da natureza, os cientistas frequentemente utilizam modelos físicos como formas alternativas para tentar visualizar e interpretar os fenômenos. Do mesmo modo que um arquiteto pode utilizar uma maquete para representação de uma ideia ou projeto arquitetônico, os cientistas utilizam modelos físicos, em alguns casos pequenas maquetes, para tentar representar um determinado sistema físico.

Os modelos são úteis sobre diversos aspectos. Possibilitam, por exemplo, representar em escala reduzida, alguma porção de nosso universo que seria impossível de ser visualizado devido a sua grande dimensão ou, em escala ampliada, visualizar um modelo atômico molecular e, até mesmo, representar situações impossíveis de serem realizadas em sala de aula como, por exemplo, uma reação nuclear em cadeia.

O modelo copernicano do sistema solar, o modelo atômico de Bohr e o modelo de Watson-Crick para a estrutura do DNA são exemplos de estruturas concebidas para representar uma analogia com o mundo físico. Se um modelo é bom é porque ele possui padrões que correspondem àqueles observados no mundo real - a sua fonte de inspiração (GOLDBERG, 1997).



Exemplos de modelos Físicos: (a) Modelo atômico de Niels Bohr para o átomo de Hidrogênio – O elétron gira ao redor do próton em uma órbita circular. (b) Modelo Copernicano para o sistema solar – Para Copérnico é o Sol e não a Terra quem ocupa o centro do universo. Todos os planetas orbitam ao redor do sol. A figura é uma ilustração simplificada do modelo copernicano para fins de vulgarização. (c) Estrutura da molécula do DNA. Watson e Crick propuseram que o DNA é uma molécula de dupla-hélice.

Para Barbour (1974) um modelo científico é construído através de uma analogia com algum mecanismo ou processo conhecido (ou inventado) para tentar justificar as propriedades observadas de um fenômeno. Dessa forma um modelo teórico é uma construção mental, inventada para descrever um fenômeno observado, e sua principal utilidade é ajudar a entender o mundo e não, simplesmente, realizar previsões.

Um modelo não é uma representação literal do mundo, como alguns podem pensar, mas, sim, uma representação simbólica de um determinado fenômeno observado.

No ensino de Física, a utilização de modelos em sala de aula é essencial, uma vez que o processo de elaboração do conhecimento científico muitas vezes passa por esse procedimento de construção.

Ao pretender que seja permitido aos estudantes vivenciar a construção da ciência pelos cientistas, a utilização de modelos e sua respectiva evolução no decorrer da história traz para o ensino da física importantes contribuições nesse sentido.

A evolução do modelo atômico desde os gregos aos tempos atuais, por exemplo, passou por diversas fases, representando um exemplo de desenvolvimento não só representacional como também conceitual. Embora existam algumas semelhanças entre as teorias do modelo atômico, a origem do pensamento conceitual e a forma de concebê-las têm raízes completamente distintas.

A proposta dos PCN (2000) prescreve ao professor que, em sala de aula:

É essencial também trabalhar com modelos, introduzindo-se a própria ideia de modelo, através da discussão de modelos microscópicos. Para isso, os modelos devem ser construídos a partir da necessidade explicativa de fatos, em correlação direta com os fenômenos macroscópicos que se quer explicar. Por exemplo, o modelo cinético dos gases pode ajudar a compreender o próprio conceito de temperatura ou processos de troca de calor, enquanto os modelos para a interação da luz com diferentes meios podem ser utilizados para explicar as cores dos objetos, do céu ou a fosforescência de determinados materiais (p. 25).

Tomemos, então, o exemplo do modelo cinético dos gases citado pelos PCN, para abordar algumas de suas ideias com um pouco mais de detalhes.

2.1. Teoria cinética dos gases

Para Arons (1997), o estudo da teoria cinética de um gás ideal é um passo essencial para a formulação do modelo microscópico da matéria, pois possibilita compreender, em grande parte, suas propriedades e comportamentos macroscópicos. Nesse ponto, segundo o autor, as idealizações representam um importante passo, pois uma das características primárias da teoria cinética é a aceitação de que a arquitetura da matéria é discreta, ao invés de contínua.

A teoria cinética da matéria apresenta como pressupostos básicos os seguintes fatos:

- Todas as substâncias são constituídas de moléculas⁷ que representam a menor parte da matéria e conservam as mesmas propriedades químicas.
- As moléculas estão separadas por uma distância muito maior se comparadas ao seu tamanho.
- Tais moléculas estão em constante movimento caótico ou desordenado. Elas colidem entre si e com a parede do recipiente que as contém elasticamente, ou seja, elas colidem sem perda de energia cinética. Essa colisão é responsável pela pressão exercida pelo gás no recipiente.
- As moléculas têm volume finito e a curta distância elas interagem entre si. No estado gasoso, devido a grande distância entre as moléculas do gás, a interação entre as moléculas é, em média, desprezível. No estado líquido as moléculas encontram-se mais próximas umas das outras e, mais próximas ainda, no estado sólido. Nestes estados, a interação entre as moléculas passa a ser relevante.
- As velocidades das moléculas dependem da temperatura. Mais precisamente, a temperatura absoluta de um gás é a medida direta da energia cinética média das moléculas.

De acordo com esse modelo, as moléculas comportam-se mecanicamente de forma análoga a bolas de bilhar, o que Barbour (1974) chamou de '*modelo da bola de bilhar*' de um gás:

Considere uma caixa fechada preenchida por um gás, o ar, por exemplo, e imagine que o gás é composto de pequenas esferas elásticas que colidem umas com as outras. Se assumirmos que a propriedade mecânica dessas esferas hipotéticas é similar às propriedades mecânicas das bolas de bilhar, a teoria pode ser desenvolvida (a teoria cinética dos gases). A teoria envolve equações inter-relacionando a massa (m), velocidade (v), energia e *momentum* de esferas hipotéticas. É claro que nenhuma dessas propriedades teóricas podem ser observadas, mas o modelo também notifica que alguns termos teóricos podem estar relacionados às propriedades observadas do gás (por exemplo, a variação do *momentum* das 'partículas' colidindo com a parede da caixa pode ser identificado com a pressão de um gás). Com essas suposições podemos derivar várias das leis experimentais bem conhecidas tais como: a lei de Boyle. (...) O modelo nos leva, assim, a teoria, e a teoria explica os padrões nas observações experimentais (p. 31).

A teoria da cinética molecular foi um tremendo sucesso por conseguir explicar de maneira consistente, simples, lógica e com grande precisão todos, ou quase todos, os fenômenos relacionados aos gases, líquidos e sólidos.

Explicar essa gama de fenômenos não seria possível sem partir dos pressupostos citados. Isso nos leva a acreditar que a matéria ser constituída de moléculas em movimento deve conter alguma verdade fundamental. Dificilmente, se não impos-

⁷ Molécula: em latim, *molecule*, significa pequena partícula de matéria. Grupamento estável de dois ou mais átomos, que caracteriza quimicamente uma certa substância.

sível, seria conceber outra alternativa, pois não só a maioria dos cientistas como também aqueles que não o são, mas que examinaram as provas, estão convencidos dessas evidências (ASHFORD, 1960).

Contudo, a situação não é tão simples e é preciso ter consciência disso o professor na sala de aula, pois a pergunta que se apresenta é: Esse modelo da “bola de bilhar” representa realmente a realidade? Ou seja, são essas moléculas reais? Ashford (1960) com relação a isso escreveu:

Porém um duro ceticismo que questiona a realidade das moléculas, ou no mínimo, insiste que o caso das moléculas não tenha sido conclusivamente ‘provado’, tem alguns pontos fortes ao seu favor. Todas as explicações até agora são em termos dessas partículas muito pequenas, que são individualmente indivisíveis. O fato que permanece é o de que ninguém ainda observou uma molécula de um gás, um líquido, ou de um sólido ordinário tal como o gelo ou o açúcar. Uma molécula é tão pequena que não reflete a luz. As ondas luminosas são muito grandes para nos dar um esboço do formato da molécula ou mesmo mostrar que ela está lá. Para ser mais preciso, algumas moléculas gigantes de certos sólidos, tal como as proteínas, têm sido observadas através do campo de um microscópio eletrônico, mas essas ‘moléculas’ são tão extensas que existe a questão se o termo ‘molécula’ pode ser aplicado a elas sem alguma qualificação. No original e no sentido restrito, uma molécula é uma pequena partícula de um gás que tem mais ou menos existência independente. Ela se move individualmente, tem massa, momentum, energia cinética, se choca com uma parede, e assim por diante (p. 205).

Dessa forma, embora a dificuldade de que não se possa realmente ver uma molécula, o modelo cinético dos gases pode ajudar a compreender o próprio conceito de temperatura ou os processos de trocas de calor, entre outros fenômenos térmicos, mesmo que ele não retrate o que na realidade microscópica acontece.

3. Sobre a realidade dos modelos

Saber qual é a realidade por trás dos fenômenos naturais não é algo tão simples e, às vezes, até mesmo desnecessário (talvez impossível) para o desenvolvimento de teorias. No mesmo sentido, Feynman (1999), ao descrever o comportamento quântico, afirmou que:

(...) Sabemos como agirão objetos grandes, mas as coisas em pequena escala simplesmente não se comportam assim. Portanto, temos de conhecê-las de certa forma abstrata e imaginativa, e não em relação à experiência direta. (...) Optamos por examinar um fenômeno que é impossível, *absolutamente* impossível de explicar de qualquer forma clássica e que encerra o núcleo da mecânica quântica. **Não podemos explicar o mistério no sentido de “explicar” como funciona. Narraremos como funciona.** (Grifo nosso) (p. 171-172)

Para Gregori (1990):

Quando os físicos dizem que entendem um fenômeno, normalmente afirmam que podem escrever uma expressão quantitativamente descrevendo como o fenômeno se desdobra no tempo (p. 57).

Foi de certa forma, esse entendimento da natureza, demonstrado pela habilidade dos cientistas em descrever e prever as propriedades de sistemas físicos, que levou a física nos fins do século XIX a realizar notáveis progressos. Por exemplo:

Os físicos puderam descrever as propriedades dos corpos se movendo sobre a influência da gravidade e de forças mecânicas com precisão surpreendente. Os efeitos das forças elétricas e magnéticas foram igualmente previsíveis, e estas forças foram unidas em uma descrição singular antecipando a existência da radiação eletromagnética, fornecendo uma ferramenta poderosa para discutir a natureza da luz. Os físicos conheceram os princípios que governam a operação das máquinas e sentiram que esses incluíam princípios fundamentais aplicáveis ao universo como um todo (GREGORI, 1990, p. 57).

Mesmo após duzentos anos da publicação do *Principia* de Newton, embora os físicos fossem hábeis em manipular a sua lei da gravitação Universal, prevendo os efeitos decorrentes dela, não foram tão mais longe na compreensão da natureza da gravidade como Newton tinha estado. Além disso, Gregori (1990) observa que:

existiam aparentemente diferentes caminhos para descrever as propriedades dos sistemas. Estas descrições tinham a mesma estrutura matemática subjacente e, portanto, faziam as mesmas predições; [diante disso] nós poderíamos perguntar quais delas descreveriam mais de perto a natureza, mas não parece existir solução – e nem mesmo uma resposta a isso parece fazer qualquer diferença (p. 57).

4. Fenômenos luminosos

Outro exemplo da utilização de modelos no ensino de física poderia ser os utilizados no estudo da luz. A descrição de fenômenos luminosos tais como a reflexão e a refração da luz podem ser explicados utilizando-se o modelo de traçado de raios geométricos, desenvolvido pela óptica geométrica, tomando por base a propriedade que tem a luz de propagar-se em linha reta. Embora esta propriedade não seja suficiente para explicar os pormenores dos fenômenos da refração e da difração da luz.

Devido a essa limitação, foi desenvolvido o modelo ondulatório da luz, que representa um avanço em relação ao primeiro ao modelo geométrico, pois, além de conseguir descrever os dois fenômenos anteriores também conseguiu explicar os fenômenos de interferência e difração da luz.

Tendo em vista essas diferenças, por que não ensinar logo de vez o modelo ondulatório da luz ao invés do geométrico, ou seja, porque perder tempo ensinando algo que já está limitado a algumas poucas situações? Para responder essa pergunta utilizamo-nos das palavras de Richard Feynman (1977), em suas famosas *Lectures on Physics*:

(...) a melhor maneira para aprender é lentamente! A primeira coisa a fazer é obter alguma idéia, mais ou menos, daquilo que acontece em diferentes circunstâncias, e então, mais tarde, quando conhecemos melhor as leis, nós iremos formulá-las melhor (p. 39-41).

Por isso a importância de se estudar a óptica geométrica antes. Esta daria ao estudante descrições mais simples de alguns fenômenos ópticos fornecendo-lhes uma primeira ideia, os primeiros conceitos, apresentar-lhes-ia os fenômenos mais elementares e de fácil compreensão. Num segundo momento, partido desse arcabouço conceitual inicial ser-lhes-ia possível avançar na construção do modelo partindo para um novo e mais amplo, o ondulatório.

Nesse sentido, aprender através de modelos exige do professor envolvimento dos alunos em um processo de construção ou apropriação de modelos já existen-

tes. A reconstrução desses modelos pelos alunos não pode surgir do nada e deve ser resultado de um processo, em que o diálogo relacionado ao conhecimento, mediado pelo professor, possibilite interligar o conhecimento científico e a vivência do aluno.

A história da evolução das ideias da Física está repleta de exemplos de elaboração de modelos para tentar explicar fenômenos físicos – num fluxo e afluxo contínuo de destruição, construção e reconstrução destes modelos associando-os a novas formas de pensar e interpretar a natureza.

Síntese do Capítulo

As analogias e os modelos físicos são recursos didáticos que possibilitam aos professores dispor de situações que oferecem aos alunos a possibilidade de construir modelos mentais que, no decorrer da educação escolar, deverão ser refinados e ampliados a novos domínios de conhecimentos.

A escolha por qual analogia e/ou ao modelo físico a ser utilizado em sala de aula dependerá do contexto escolar e da sensibilidade do próprio professor ao desenvolver a sua prática. Uma analogia representa um ponto de semelhança entre dois fenômenos distintos, mas possíveis de serem comparados.

O modelo científico é construído através de uma analogia com algum mecanismo ou processo conhecido (ou inventado) para tentar justificar as propriedades observadas de um fenômeno.

Tal quais as analogias, os modelos físicos se apresentam como formas alternativas para tentar visualizar e interpretar os fenômenos da natureza.

Atividades

1. Escolha duas teorias físicas cujos conceitos tiveram significativas importância histórica e represente a evolução deles ao longo da história através de modelos físicos.
2. Desenvolva uma pesquisa sobre como ocorreu a evolução dos conceitos de calor e temperatura até os dias atuais.
3. Os estudantes, e até mesmo nós professores, carregamos conosco diversas concepções alternativas sobre diversos fenômenos físicos. Dentre essas concepções destacamos três:
 - a) Um corpo frio não contém calor;
 - b) Calor e temperatura é a mesma coisa; e
 - c) A pressão é força é a mesma coisa.

Com bases nessas três concepções, que modelos físicos poderiam ser trabalhados em sala de aula para contrapor as ideias dos alunos (ou até mesmo sua) e levá-los a uma nova compreensão sobre esses conteúdos?

4. Faça o mesmo que a questão anterior quanto as seguintes concepções alternativas:
 - a) O período de oscilação de um pêndulo simples depende da sua amplitude;
 - b) O pêndulo simples acelera quando passa no ponto mais baixo de sua trajetória;
 - c) Não há interação entre luz e matéria.
5. Porque o modelo dos traçados de raios geométricos não consegue explicar completamente os fenômenos ópticos da interferência e da difração?
6. Quais inovações conceituais trouxe a mecânica quântica que acabou por tornar modelo atômico de Bohr ultrapassado? Apesar disso, porque antes de estudarmos o modelo quanto do átomo quântico começamos pelo o átomo de

Bohr? Quais novidades conceituais o modelo de Bohr trouxe em relação aos modelos atômicos de seus antecessores?

7. Pesquise sobre a teoria cinética dos gases em dois ou três livros de física (pode ser do ensino médio e/ou superior) e faça, com base na discussão apresentada neste capítulo, uma análise crítica sobre os seguintes aspectos abordados pelos textos: pressupostos do modelo, analogias ao modelo, experimentos mentais utilizados, sugestão de experimentos de baixo custo, limitações ao modelo, fenômenos físicos que consegue explicar.
8. Com base no modelo de campos de forças utilizado para explicar as propriedades magnéticas de um ímã, discuta as seguintes concepções alternativas e proponha analogias para sua superação pelos alunos.
 - a) Os polos norte e sul magnéticos são idênticos a cargas elétricas negativas e positivas.
 - b) As linhas de força magnéticas iniciam em um polo e termina no outro.
 - c) Os polos magnéticos podem ser isolados

Referências

- ARONS, A. B. **Teaching introductory physics**. John Wiley & Sons, 1997.
- ASHFORD, T. A. **From atoms to stars: an introduction to the physical sciences**. Holt, Rinehart and Winston, 1960.
- BARBOUR, Ian G. **Myths, models and paradigms: the nature of scientific and religious language**. London: SCM Press, 1974.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, 2000. <Disponível em: [http://www.mec.gov.br/semtec/ftp/Ciências da Natureza.doc](http://www.mec.gov.br/semtec/ftp/Ciências%20da%20Natureza.doc)> Acesso em 15/04/2004.
- FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R.B.; SANDS, M. **The Feynman lectures on physics: mainly mechanics, radiation, and heat**. sixth printing. Adisson-wesley, 1977.
- FEYNMAN, R. P. **Física em seis lições**. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.
- GOLDBERG, L. **Teaching science to children**. Dover, 1997.
- GREGORY, B. **Inventing reality: physics as language**. John wiley & Sons, 1990. (Wiley science editions)
- HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- MINTZES, J. J.; WANDERSEE, J. H.; NOVAK, J. D. **Ensinando ciência para a compreensão: uma visão construtivista**. Lisboa: Plátano Edições técnicas, 2000.