

CONTEXTO E REDE DE CONCEITOS NO ENSINO DE FÍSICA E NO DESENVOLVIMENTO DE CONHECIMENTO E DE COMPETÊNCIAS NA ESCOLA MÉDIA

Carlos Aparecido Kantor^a [cakantor@terra.com.br]
Luis Carlos de Menezes^a [menezes@if.usp.br]
Marcelo de Carvalho Bonetti^a [marceloboneti@yahoo.com]
Osvaldo Canato Júnior^a [canatojr@yahoo.com.br]

^aUniversidade de São Paulo

Um grupo de escolas, com sede em São Paulo¹ está desenvolvendo uma coletânea de textos didáticos, cobrindo as três áreas do conhecimento, nos quais a cultura científica e humanista é promovida com contexto e ênfase nos conceitos. Isso faz parte de uma tentativa de se chegar a um projeto pedagógico, coerente com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, que supere a velha vocação propedêutica desta etapa escolar, desenvolvendo com seus alunos visão de mundo e elementos para o exercício da cidadania, como condições para sua inserção no mundo do trabalho e cultura como valor humano. Nessa coleção, a disciplina Física, incluída na Área das Ciências da Natureza e Matemática, é desenvolvida em seis fascículos, em princípio um para cada semestre letivo, mas também usados de forma combinada. “O Mundo da Energia”, “Transportes, Esportes e Outros Movimentos”, “Os Astros e o Cosmo”, “Comunicação e Informação”, “Radiações, Materiais, Átomos e Núcleos” e “Toda a Física – um roteiro para a compreensão do mundo material” são os títulos dessas publicações que, como se pode perceber, não correspondem à forma tradicional com que se apresentam e reúnem conteúdos de física na escola brasileira.

As diferentes partes, em que tradicionalmente a física é dividida no ensino médio, como a mecânica, a termodinâmica, o eletromagnetismo e a óptica, e além disso, a física quântica e relativista, não são tratadas em separado, ainda que estejam, às vezes, mais concentradas em certas partes de alguns fascículos. Por exemplo, “*O Mundo da Energia*” envolve mecânica, termodinâmica e eletromagnetismo, mas não esgota nenhum desses temas, já que a mecânica é mais amplamente trabalhada em “*Transportes, Esportes e Outros Movimentos*”, assim como o eletromagnetismo é parte essencial de “*Comunicação e Informação*”. Outro exemplo de como o contexto desmonta e recompõe os temas convencionais da física pode ser visto na forma pela qual o fascículo “*Os Astros e o Cosmo*” faz uso de elementos de física quântica, relativista, atômica e nuclear, para dar conta da energética e da evolução estelar, assim como de modelos cosmológicos; temas que, por sua vez, são centrais em “*Radiações, Materiais, Átomos e Núcleos*”.

Ao longo da série, se promove em rede o conhecimento físico, ou seja, não existe uma seqüência linear única ou obrigatória. Há professores que têm começado com “*O Mundo da Energia*” e outros que tem começado com “*Transportes, Esportes e Outros Movimentos*”, como poderiam ter começado por qualquer outro. Claro que certas opções podem recomendar

¹ *Pueri Domus Escolas Associadas*

o manuseio combinado de mais de um fascículo, o que, como já dito, tem sido prática usual. O fato de a temática social ou cultural demarcar os fascículos, ou seja de que eles tragam conhecimentos situados em contextos reais, por si só, já impõe a interdisciplinaridade que é, portanto, decorrência natural, não justaposição artificial de assuntos. Isso não é independente de uma das ambições da série, que é o desenvolvimento de habilidades e competências, em direta associação com os conhecimentos físicos.

Para não privar o aluno de uma compreensão estrutural da física como ciência, com o necessário encadeamento histórico e conceitual de suas partes, faz-se o desenvolvimento de uma visão de conjunto, estruturada de forma mais convencional, em uma espécie de volume síntese, o *“Toda a Física – um roteiro para a compreensão do mundo material”*. Pode-se imaginar esse volume como fecho, na sua qualidade de síntese, ou como abertura, na sua qualidade de roteiro. Há vantagens e desvantagens em cada uma dessas escolhas, o que poderia também sugerir ambas as opções, ou seja, um uso primeiro, breve, como plano de jornada, e um uso mais denso, na conclusão do ensino médio, como revisão.

As demais ciências da natureza, assim como as disciplinas das outras áreas têm, na série, tratamento compatível, o que facilita as referências cruzadas, ou de conexão, a serviço do projeto pedagógico pretendido. Nada disso é incidental, pois foi fruto de um amadurecimento conjunto das propostas que, aliás, começaram com uma pretensão ainda mais ousada, em que as disciplinas eram ainda menos distinguíveis, quase que fundidas em áreas. Houve, ao longo da elaboração, um compromisso ou recuo tático, com motivações e conseqüências estratégicas. Entre as vantagens de tal recuo, por assim dizer, está também o fato de podermos aqui apresentar a física ainda destacada das demais ciências naturais e sociais, mesmo que amplamente impregnada de práticas sociais e de condicionamentos históricos e culturais.

CONTEXTO E INTERDISCIPLINARIDADE

A lei 9394/96, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional (LDB), propõe uma alteração significativa nas características do ensino médio como etapa conclusiva da educação básica, que atribui uma formação para a cidadania, para o aprendizado permanente na vida social e produtiva e para eventual prosseguimento de estudos, diferentemente de sua caracterização anterior, de fase preparatória ao ensino superior ou simplesmente profissionalizante.

De acordo com a LDB, nesse nível de ensino, deve-se buscar *“o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico”*, adotando *“metodologias de ensino e de avaliação que estimulem a iniciativa dos estudantes”* e, ao final do ensino médio, ao lado do domínio das linguagens e de uma compreensão filosófica da vida em sociedade, os jovens devem *“dominar os princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna”*.

Isso é muito diferente do que continua ocorrendo efetivamente no ensino médio atual onde, salvo raras exceções, os cursos são divididos em disciplinas isoladas e estanques, que apresentam conhecimentos de forma fechada, sem relação com o mundo real, o que nem favorece o desenvolvimento do pensamento crítico, nem as qualificações práticas, nem a

autonomia intelectual do aluno. Para que o educando tenha um conhecimento real do mundo físico e natural, é necessário desenvolver a sua capacidade de análise e interpretação dos fenômenos naturais, de reconhecimento de igualdades, diferenças e transformações que existem e ocorrem na natureza. Para que isso não esteja apartado de uma compreensão real da cultura humana, é preciso compreender que os cientistas que desenvolvem ou sistematizam o conhecimento, também partilham de convicções, crenças e emoções. Além disso, é importante reconhecer a via de mão dupla que se estabelece entre o saber científico ou abstrato e o saber técnico e prático.

Esta compreensão é reforçada nas Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio de 1998, em que o Conselho Nacional de Educação propõe que, na organização do currículo e situações de ensino e aprendizagem, a “*estética da sensibilidade deverá substituir a da repetição e padronização, estimulando a criatividade, o espírito inventivo, a curiosidade pelo inusitado e a afetividade...*” e que “*os conteúdos curriculares não são fins em si mesmos, mas meios básicos para construir competências cognitivas ou sociais, priorizando-as sobre as informações*”. Ao destacar que os conteúdos não são o objetivo final da educação, essa resolução deixa claro que o que se pretende não é uma transmissão pura e simples do conhecimento, para que o aluno o repita na avaliação. Sua função é proporcionar meios para o desenvolvimento do educando, tanto intelectual, como afetiva e socialmente.

A interdisciplinaridade tem um papel fundamental em todo esse processo, uma vez que todo conhecimento está de muitas formas ligado a outros, quando desenvolvido em contexto de vivência real e, explorando-se essas inter-relações, pode-se propiciar ao educando uma compreensão mais ampla da realidade. Essa compreensão torna-se mais significativa e relevante quando fundada em experiências dos alunos. Assim, sempre que possível, o conteúdo deve ser relacionado com situações próximas e familiares aos alunos, ou seja, em um contexto reconhecido pelo educando.

Por essa mesma resolução, Biologia, Física, Matemática e Química, sem perder suas especificidades, passam a compor uma área de conhecimento denominada *Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Existem características inerentes aos métodos da Biologia como existem outras inerentes aos da Física, as quais devem ser desenvolvidas particularmente em cada disciplina. Uma comparação entre as diversas maneiras de encarar, descrever e explicar a natureza pode mostrar aos alunos que cada ciência faz análises dos fenômenos a seu modo e que, por esse motivo, não esgota a compreensão de um dado acontecimento, sendo necessária uma complementação por meio das visões proporcionadas por outras disciplinas.

Portanto, interdisciplinaridade não significa abandonar o conhecimento disciplinar, nem que todas as disciplinas devam tratar simultaneamente de um mesmo tema. As disciplinas da área de ciências devem continuar existindo de forma autônoma, porém não isoladas. Um mesmo tema, quando possível, pode e deve ser abordado em disciplinas diferentes, com métodos, enfoques e visões pertinentes a cada uma delas.

Para se alcançar a interdisciplinaridade, assim, nada melhor que partir das situações que fazem parte da vida do aluno, ou que tenha pontes de enlace cultural ou prático com seu mundo. Ao contextualizar o tema em estudo, estamos contemplando a interdisciplinaridade, pois no mundo real os fenômenos físicos, biológicos e químicos estão interligados, não

ocorrem de forma isolada. Essa tem sido, sem dúvida, uma orientação permanente no desenvolvimento dos textos relacionados com o conhecimento físico, da série em questão.

No estudo da dinâmica, propõem-se atividades que analisam os movimentos que ocorrem nos esportes, como o futebol, e nos transportes, como automóveis e aviões. Isso faz muito mais sentido para o aluno do que um ponto material abstrato que se desloca segundo uma certa equação horária. Quando o assunto é o equilíbrio, ora se trata da flutuação compensada de barcos e aviões, ora enfoca-se a estrutura corporal de atletas, explicando, por exemplo, como a gravidade faz com que baixas estaturas predominem entre os halterofilistas. Isso não só dá contexto ao estudo como também remete a assuntos que podem ser tratados em biologia e educação física. A termodinâmica das transformações químicas e o atrito com o solo são relevantes ao se tratar um atleta em uma competição, ou um automóvel; pneus ou sapatos, motores ou células, são todos contextos de trocas de forças e de processamento de energia.

A energia, aliás, é um tema que permite várias abordagens, existindo um fascículo inteiramente dedicado ao seu estudo. Desde uma perspectiva humanista, a energia tem uma amplitude histórica e até mesmo antropológica, que é usada para a introdução da temática. Seus aspectos mecânicos, termodinâmicos e eletromagnéticos só posteriormente precisam ganhar contornos científicos abstratos, pois a forma mais natural de introduzi-los é por meio das incontáveis aplicações que dominam nosso dia-a-dia. Uma vez completada esta visão ampla da energia e, no momento correto, sua formalização físico-matemática, foi possível voltar a ver o conjunto da energia desde um ponto de vista geográfico e econômico, com a explicitação da matriz energética brasileira e com comparações de alcance mundial. Fica claro, desde já, como “*O Mundo da Energia*” incorpora várias fatias da física tradicional e também transita para outras áreas do conhecimento.

Um olhar atento à nossa volta pode proporcionar questões complexas. Há uma série de elementos químicos que se combinam para formar milhares de substâncias, mas como surgiram esses elementos? Por que há uma maior abundância de alguns deles do que de outros? Por que alguns são instáveis e outros não? As respostas a essas questões nos remetem a intervalos de tempo e de espaço muito mais amplos do que podemos imaginar. Vamos encontrar as respostas na origem e evolução das estrelas e do próprio universo, com o envolvimento de várias áreas de conhecimento, o que contempla tanto a contextualização quanto a interdisciplinaridade. Curiosamente, ou não, compreender a formação de grande parte dos elementos químicos é também compreender a energética e a evolução das estrelas, coisa que se desenvolve em “*Os astros e o cosmo*”.

Claro que o eletromagnetismo de motores e geradores, visto no texto de energia, não cobre as ondas eletromagnéticas, nem esgota o espectro eletromagnético. Estes elementos estarão, em diferentes formas e contextos, ao lado de semicondutores e outros dispositivos, em “*Comunicação e Informação*” e em “*Radiações, Materiais, Átomos e Núcleos*”.

O CONHECIMENTO EM REDE E OS VÁRIOS TRAJETOS DE APRENDIZADO

Nos últimos anos, a idéia de conhecimento em rede tem sido retomada, tanto em seu sentido mais geral quanto em associação com o ensino a distância e com o aprendizado

mediado pela Internet. No entanto, a concepção de conhecimento em rede, até mesmo no ensino de física, é anterior aos avanços tecnológicos que propiciaram essas duas formas de pensar o ensino e, já na década de 70, o Projeto Brasileiro de Ensino da Física (PBEF) utilizava a idéia de construção de conhecimentos em rede, tendo como suporte material o livro texto. A articulação dos conteúdos presentes no material podia ser escolhida de acordo com a adequação da seqüência de conteúdos, com um caráter ainda bastante restritivo. Os autores propuseram várias trajetórias possíveis dentro da rede de conhecimento elaborada, dando ênfase ao grau de aprofundamento que se poderia desejar para cada seqüência escolhida.

A concepção do material didático da coletânea apresentada no presente trabalho permite, e mesmo facilita, a articulação do aprendizado em rede de conhecimentos, constituindo uma forma diferente de concepção de rede, com características inovadoras de editoração, como os boxes “atividade”, “em questão”, “como fazer” e “conexão”, apoiados por recursos gráficos modernos. Esse material, por algumas das características já analisadas acima, constitui por si só uma rede de informações, atividades e interconexões, que quebra a linearidade tradicional de pré-requisitos, de forma que cada fascículo, ou mesmo cada tópico, deve ser visto como nó de uma malha, que pode ser interligada de múltiplas formas, tornando-se mais flexível e adaptável à maneira com que cada turma está desenvolvendo o aprendizado, ou mesmo dando oportunidade a um aluno, para transitar por rotas inéditas, levado talvez pela sugestão de um “boxe conexão”, ou tomando parte em um projeto coletivo mais ambicioso.

Cada fascículo compõe uma unidade, do ponto de vista temático, mas não necessariamente do ponto de vista disciplinar. Os conteúdos e atividades propostas, em torno de um tema geral podem ser entendidos como elementos para um maior aprofundamento nos conhecimentos científicos da física, discutidos em contexto, mas igualmente, podem ser percebidos como instrumentos para o desenvolvimento de competências gerais e habilidades específicas. Nesse sentido, não há só uma rede, mas sim duas redes: uma a do conhecimento físico, que pode ser percorrida de inúmeras formas mas que cobre os tópicos clássicos e modernos, em seis semestres; outra que percorre, de várias formas e também não linearmente, as competências gerais que se espera sejam desenvolvidas ao longo da educação básica. Cada página explora diferentes linguagens, propõe atividades de investigação, de ilustração ou de redação, relaciona saberes de áreas distintas, desafia o leitor a transcender o texto. Cada uma desses fazeres é uma “ligação para fora”, contraventora da linearidade.

O material apresenta estrutura de certa forma cíclica, topograficamente talvez se pudesse falar de uma rede em espiral; uma verificação dos conteúdos abordados nos fascículos mostra que há recorrência de conhecimentos físicos necessários para o entendimento de nosso mundo em vários fascículos. Os conhecimentos físicos são apresentados com enfoques e aprofundamentos e contextos diferentes em cada fascículo, e sua apresentação recorrente ou redundante, mas não repetitiva, possibilita a flexibilização das seqüências de aprendizagem. Noutras palavras, querendo ou não, o leitor acaba “tropeçando” nos requisitos básicos, seja conservação da energia, a gravitação ou o espectro discreto, não porque o caminho está demarcado para passar por eles, mas porque eles estão por toda a parte...

A articulação dos conhecimentos específicos do fascículo com conhecimentos abordados noutros fascículos que é feita, por exemplo, por meio de “boxes de conexão” intra ou inter-disciplinares, promove o conhecimento em rede de forma ampla, perpassando o

conhecimento humano como um todo, que pode ser analisado e articulado de múltiplas maneiras. A articulação intradisciplinar ilustra melhor a formação em física num tratamento em rede, como pode ser exemplificado com o estudo reiterado do espectro eletromagnético. No fascículo “O mundo da Energia” a radiação eletromagnética é reconhecida como energia radiante, contendo uma atividade envolvendo o espectro de frequências e busca de caracterização de efeitos e riscos em cada faixa. No fascículo “Os Astros e o Cosmo” um “boxe conexão” discute as transições de energia dos elétrons de um átomo e o correspondente espectro da radiação do elemento, como instrumental para a análise espectral óptica de estrelas. Essa mesma temática é aprofundada, naturalmente, no fascículo “Radiações, Materiais Átomos e Núcleos”, enquanto que no fascículo “Comunicação e Informação” uma análise do espectro eletromagnético tem seu foco mais concentrado na utilização de ondas eletromagnéticas para as comunicações.

Nem se pode dizer com certeza, que é melhor “compreender bem” primeiro, trabalhando o “Radiações, Materiais,...” para depois ver suas aplicações tecnológicas e astrofísicas em “Comunicação e...” ou em “Astros e...”, até porque também ali estão presentes as aplicações, nem se pode garantir que é melhor começar por exemplos específicos, porque elas já vêm acompanhados de suas generalizações. Afinal, rede é rede!

BREVE DESCRIÇÃO DOS FASCÍCULOS DE FÍSICA

Os seis fascículos estão estruturados a partir de um tema central que atua como eixo ordenador da apresentação do conteúdo e como veículo de interação com o jovem leitor. No início de todos os textos procura-se apresentar de forma ampla o tema central, de modo a perceber-se a inserção deste tema no mundo real, da produção e da cultura e, só então, desenvolver os conceitos físicos necessários à compreensão dos fenômenos e, em seguida, a sua formalização. A seguir apresentamos uma breve descrição de cada um dos fascículos de forma a proporcionar uma visão panorâmica da coleção.

Transportes, esportes e outros movimentos

O fascículo é aberto com uma seção denominada “*abrindo o jogo*”, onde é evidenciada a capacidade humana de admirar, compreender e se apropriar de movimentos naturais e de seu reflexo no desenvolvimento dos esportes e transportes. Conceitos de deslocamento, intervalo de tempo e velocidade são introduzidos como uma necessidade para se fazer comparações entre meios de transportes ou entre atletas. A discussão sobre um possível jogo de futebol com bolas de basquete ou vôlei e a insensatez de se jogar este esporte com bolas de boliche dá origem à discussão da elasticidade dos materiais e, a partir daí, dos conceitos de força e massa, sem, no entanto, qualquer menção direta às leis da mecânica newtoniana, assunto deixado para “*as regras do jogo*”, segunda seção do fascículo. Nesta segunda seção, as leis dos movimentos linear e angular são formalizadas, partindo-se do princípio de conservação da quantidade de movimento e finalizando com a aplicação destas leis a movimentos sem causa imediata aparente, como objetos em referenciais não inerciais ou a vibração do ar que transporta o som. Os efeitos de propulsão e resistência, característicos das forças de atrito com o solo, ar e água são discutidas no início da terceira seção, “*usando as regras nos esportes e transportes*”, que é finalizada com a percepção de que a gravidade é onipresente, sendo sua

compreensão fundamental para a explicação do movimento de objetos arremessados com diferentes inclinações, do equilíbrio de objetos, veículos e pessoas, seja em solo firme ou num fluido, e do movimento de domínios astronômicos. Em “*Energia, trabalho, conservação e dissipação*”, última seção do fascículo, é apresentada a lei de conservação da energia, em especial da energia mecânica, bem como a definição de trabalho mecânico, seguidos da análise das transformações recíprocas entre as energias cinética e potencial e da elasticidade dos objetos em choques mecânicos.

O mundo da energia

No início do fascículo, a seção “*A energia, sua geração e utilização*” apresenta a universalidade da presença da energia, com diversos exemplos de transformações energéticas e com a discussão do princípio geral da conservação de energia. Completando a primeira parte, o uso social da energia é contextualizado historicamente, desde o homem pré-histórico até a vida moderna. Na seqüência, em “*Recursos energéticos naturais*”, o texto explora os fluxos e transformações de energia que envolvem os processos naturais e tecnológicos, como o ciclo do ar e da água e seu aproveitamento energético através de antigos moinhos de vento ou de modernas hidrelétricas, e o ciclo do carbono que dá origem aos combustíveis renováveis e não renováveis. Definições mais acabadas aparecem somente a partir da terceira seção, “*Afinal, o que é energia?*”, quando o trabalho mecânico, e as energias cinética, potencial, mecânica e térmica são discutidas a partir da análise energética de objetos em queda livre ou de corpos elásticos tensionados na presença ou ausência de forças dissipativas. A quarta seção, “*máquinas e processos térmicos*”, tem como centro a discussão das leis da termodinâmica e de sua aplicação no funcionamento de máquinas térmicas e sistemas refrigeradores. A energia elétrica ocupa a seção mais longa do fascículo, “*eletricidade, geração e usos*”, onde é priorizada a conceituação fenomenológica de algumas grandezas elétricas como corrente, tensão, potência, resistência e interação eletromagnética, num nível de profundidade adequado ao objetivo central de que o educando compreenda o funcionamento básico de pilhas e baterias, aparelhos resistivos, motores e geradores elétricos, bem como tenha uma noção do funcionamento dos aparelhos de comunicação e informação. Assim, conceitos como campo elétrico e sua relação com a força elétrica, não são mencionados neste fascículo. Na seção final do fascículo, “*Energia, economia e meio ambiente*”, a problemática energética do mundo atual é discutida de forma ampla, tanto em seu aspecto ambiental, quanto sócio-econômico, com o leitor sendo convidado a enxergar sua localização na matriz energética brasileira e mundial e opinar quanto aos custos e riscos das alternativas energéticas disponíveis para o futuro da humanidade.

Os astros e o cosmo

Em “*Visões do céu*”, primeira seção do fascículo, faz-se inicialmente um relato das diversas concepções sobre os astros e o cosmo formuladas da pré-história à antiguidade. Na seqüência, são descritas algumas características celestes, como os movimentos periódicos de planetas e estrelas vistos a partir dos hemisférios norte e sul, os pólos celestes, as constelações, as estações do ano, os eclipses solares e lunares e a forma como o homem utiliza as regularidades do céu para a contagem do tempo e a construção de calendários. A segunda seção, “*A visão moderna do sistema solar*”, é destinada à análise do sistema solar e à

teoria da gravitação, iniciando por uma contextualização histórica dos trabalhos de Copérnico, Tycho Brahe, Kepler, Galileu e Newton, passando pela apresentação do conhecimento que temos hoje sobre os objetos que compõem o sistema solar e terminando com a discussão do papel da gravitação na sua formação. A Via-Láctea e as estrelas em geral, são o foco de estudo da terceira seção, “*Via-láctea: nascimento, vida e morte das estrelas*”, que inclui uma orientação de como fazer medidas de distâncias estelares, noções da interpretação quântica dos espectros ópticos da luz emitida por estrelas e da classificação dos astros de acordo com o diagrama H-R, além da discussão da formação dos elementos químicos a partir das reações nucleares e da estimativa da idade do sistema solar a partir da análise do decaimento radiativo do urânio. Na seção final, “*Evolução do universo*”, é apresentada a teoria do universo em expansão, com a localização temporal do Big-Bang, estando também presente noções da teoria da relatividade, restrita e geral, e da teoria da unificação das forças fundamentais.

Comunicação e informação

Após um breve relato dos diversos processos de coleta, armazenamento e processamento de informações realizado pelo homem desde os primórdios de sua existência, a primeira seção do fascículo, “*Som, rádio e outras ondas*”, discute as características do som, da fonação e da audição, bem como dos dispositivos elétricos comuns em aparelhos de comunicação e informação, tais como capacitores, indutores, transformadores, diodos, transistores, microfones e alto-falantes. Para tal, são trabalhadas as definições de onda mecânica, frequência, período e amplitude de uma onda, ondas estacionárias e séries harmônicas, ressonância, intensidade, altura e timbre sonoros, forças e campos elétricos e magnéticos, ondas eletromagnéticas, resistores e suas associações, condução e semi-condução elétrica e modulação da onda portadora utilizada em radiodifusão. A óptica, física e geométrica, é o tema central de “*Luz, imagens e processamento*”, segunda seção, que inclui uma noção do caráter dual da luz, uma distinção entre as cores aditivas e as subtrativas, explicação da formação e projeção de imagens por equipamentos ópticos e dos defeitos de visão, descrição do funcionamento de máquinas xerocópias e de impressoras a laser, além da discussão sobre a modulação e transmissão de imagem e som por canais e aparelhos televisivos. A terceira seção, “*Informática, sistemas e redes*”, apresenta um histórico da evolução dos equipamentos que processam informação, do ábaco aos circuitos lógicos semicondutores, além de demarcar a diferença entre hardware e software. A seção “*Comunicação e informação na sociedade pós-industrial*”, fecha o fascículo analisando algumas utilizações tecnológicas do mundo da comunicação e informação, como cartões bancários, telefones celulares e equipamentos médicos.

Radiações, materiais, átomos e núcleos

A primeira seção deste fascículo, “*As radiações e a matéria, hoje e no passado*”, é marcada por uma ampla exposição do uso das radiações pelo homem moderno, tanto em seu cotidiano, como na medicina, na produção, na guerra e na ciência, incluindo todas as faixas do espectro eletromagnético. Em seguida, faz-se um passeio histórico pelas hipóteses acerca da estrutura da matéria, desde o homem primitivo até o homem moderno, demonstrando-se que o conhecimento de tal estrutura sempre foi profundamente vinculado ao estudo das radiações emitidas pela matéria. Na segunda seção, “*O átomo quântico*”, a estrutura atômica é

analisada, iniciando pelo relato dos “estranhos” fenômenos não resolvidos pela física clássica, como a emissão de radiação por um corpo negro, o efeito fotoelétrico e o espectro discreto dos gases aquecidos e de como o átomo quântico foi sendo idealizado durante esse período histórico, tendo como resultado uma nova visão de mundo, baseada na natureza dual da matéria e das radiações, no princípio de incerteza e na existência dos estados quânticos. Os processos químicos e a periodicidade dos elementos são, então, analisados à luz desses estados quânticos. A terceira seção, “*As radiações, o núcleo atômico e suas partículas*”, trata da estrutura nuclear, iniciando pelo estudo da radiatividade natural, seguindo-se da explicação dos processos de fissão e fusão nucleares e do funcionamento das bombas A e H e das usinas nucleares, terminando com uma apresentação da teoria da unificação das forças fundamentais e de sua relação com a classificação das partículas elementares. Na última seção, “*Estrutura da matéria e propriedades dos materiais*”, estuda-se as propriedades físicas de gases, líquidos e sólidos, em especial a íntima relação existente entre a transparência às radiações e a condutibilidade elétrica, com destaque para os materiais semicondutores e para a apresentação do modelo de bandas de energia, que permite explicar o funcionamento de diodos e transistores. O fascículo é, então, finalizado com uma discussão sobre o provável papel fundamental que as radiações tiveram na formação da vida terrestre e na capacidade das radiações em causar modificações celulares, que tanto podem curar como prejudicar e até mesmo matar.

Toda a Física, um roteiro para a compreensão do mundo material.

Em fase de elaboração, este fascículo faz uma retomada dos assuntos discutidos nos cinco textos anteriores, mas dando uma seqüência mais histórica, apresentando assim uma ordenação mais próxima da tradicionalmente utilizada na escola média. Dessa forma, após uma seção de abertura em que a física será apresentada como componente da cultura humana, tecnológica e científica, o texto contará com seções destinadas à mecânica, termodinâmica, campos clássicos de força (gravitação e magnetismo) e física quântica. Com tal estrutura, pretende-se possibilitar ao educando uma visão integrada de toda a física, que seria muito vantajosa se utilizado com um sentido de fecho, mas que não seria de todo descabida como descortínio inicial. Com certeza, cada um desses usos exigiria uma atitude diferente do professor, tanto no apoio à compreensão de cada tópico, como no nível de exigência com que seriam conduzidas as atividades dos alunos.

CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS FINAIS

Os seis textos escritos pelos autores do presente trabalho, e que representam a física ou que mais centralmente correspondem a ela na série produzida pelas *Escolas Associadas*, além de corroborar as características gerais da coleção, de trabalhar inúmeras articulações interdisciplinares, decorrentes sobretudo da presença permanente de contextos, mostra que a física, a despeito do enorme grau de formalização necessário para seu domínio, mesmo no ensino médio, pode ser aprendida em uma rede conceitual, seguindo diferentes trajetórias, diferentemente da cadeia de pré-requisitos formais que domina e enquadra o ensino tradicional.

A presença e a densidade de componentes pouco usuais ou mesmo não representados nos textos tradicionais, como física atômica e nuclear, relatividade especial e geral, em contextos como o da cosmologia e das tecnologias contemporâneas, não comprometem a consistência da proposta e dão maior abrangência e atualidade à intenção formativa. Ainda que, por hora, não tenha havido um estudo mais amplo do impacto da proposta, de certa forma ainda em elaboração, os contatos com professores e alunos revelam perspectivas encorajadoras. Entre alunos a receptividade sempre foi quase imediata; entre professores, a temática avançada e a abordagem em contexto começa por provocar uma perplexidade inicial, que dá lugar a aceitação e mesmo a entusiasmo, quando percebem que são capazes de vencer seus temores iniciais e superar suas próprias limitações.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**, Volume 1: **Bases Legais**. Volume 3: **Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.

**** Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução nº 3 da Câmara de Educação Básica, 26 de junho de 1998**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

BONETTI, Marcelo de Carvalho; KANTOR, Carlos Aparecido. **Comunicação e informação**. São Paulo: Escolas Associadas, 2002.48p.

CANATO, Osvaldo Júnior; MENEZES, Luís Carlos de. **Transportes, esportes e outros movimentos**. São Paulo: Escolas Associadas, 2002.48p.

CANATO, Osvaldo Júnior; MENEZES, Luís Carlos. **O mundo da energia**. São Paulo: Escolas Associadas, 2001.48p.

CANATO, Osvaldo Júnior; MENEZES, Luís Carlos. **Radiações, materiais, átomos e núcleos**. São Paulo: Escolas Associadas, 2003.48p.

KANTOR, Carlos Aparecido; MENEZES, Luís Carlos. **Os astros e o cosmo**. São Paulo: Escolas Associadas, 2002.48p.