

# A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA COMO FACILITADORA DO APRENDIZADO EM REDE

## MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS AS A FACILITATOR OF NETWORK LEARNING

**Oswaldo Canato Júnior<sup>1</sup>**

**Luís Carlos de Menezes<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Escola Experimental Pueri Domus, [ocjunior@pueridomus.br](mailto:ocjunior@pueridomus.br)  
<sup>2</sup> Universidade de São Paulo/Instituto de Física, [menezes@if.usp.br](mailto:menezes@if.usp.br)

### **Resumo**

A presença de elementos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) nos textos didáticos destinados à escola média não é mais raridade. No entanto, tem sido pouco considerada a indicação implícita em orientações educacionais oficiais para uma atualização curricular com visão mais abrangente da aprendizagem da Física, a exemplo da concepção de conhecimento em rede e da relação dialética entre texto e contexto, no âmbito da Física e para além desta.

Neste trabalho, uma análise da presença explícita ou implícita de elementos de FMC nos textos relativos às áreas e disciplinas abordadas nas orientações oficiais para a escola média (PCNEM e PCN+) pretende demonstrar o importante papel que pode cumprir a FMC no estabelecimento de conexões interdisciplinares.

Com isso em mente, propõe-se a construção de duas redes de significações, uma estabelecida no âmbito das ciências naturais e outra, indiretamente promovida pelo desenvolvimento tecnológico, associando essas ciências às outras áreas do conhecimento.

### **Palavras-chave:**

Aprendizado em rede, Física Moderna e Contemporânea, Ensino de Física, Escola Média, PCNEM.

### **Abstract**

Elements of Modern and Contemporary Physics (MCP) are anymore seldom seen in secondary school textbooks. However, no attention is usually given to the implicit official recommendations of general curriculum updating for a more comprehensive understanding of physics learning, for instance the conception of network knowledge and the dialectic relations between text and context, both in the reach of physics and beyond that.

In this article, an analysis of the explicit or implied presence of MCP elements in the educational documents (PCNEN and PCN+) text directed to the areas and subjects of high

school, intend to show the important role that can be played by the MCP, to establish interdisciplinary connections.

With this purpose, it is suggested the construction of two significations network, one in the domain of natural sciences and another, indirectly promoted by technologic development, relating these sciences with other areas of knowledge

### **Keywords:**

Network learning, Modern and Contemporary Physics, Physics teaching, Secondary School, PCNEM.

## **INTRODUÇÃO**

A inclusão de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no currículo da escola média é um tema que vem sendo explorado por diversos trabalhos acadêmicos. Revisando a bibliografia a ele relativa, Ostermann (2000) relaciona estudos que apresentam justificativas para a atualização curricular, que abordam temas de FMC como divulgação científica e bibliografia de consulta ou que se referem a aplicações em sala de aula de determinados tópicos pré-selecionados. Como crítica propositiva ao conjunto desses trabalhos, a autora aponta que seria preciso “[...] aumentar o número de tópicos de FMC que os textos abordam e elaborá-los de uma maneira mais crítica e com maior comprometimento com a melhoria do ensino médio” (OSTERMANN, 2000, p.26).

Que a quantidade de elementos de FMC apresentados nos textos de Física destinados à Escola Média tenha aumentado nos últimos anos, é um fato. No entanto, distante de um comprometimento com a qualidade de ensino, tal incremento tem geralmente se dado de forma descontextualizada, com enxertos ao final da coleção e logo após a apresentação do conceito de onda eletromagnética. Ora, já é muito difícil ouvir relatos de professores que tenham conseguido cumprir toda a programação normalmente apresentada nesses textos didáticos. Inserir ainda mais páginas não parece ser nada proveitoso, servindo apenas para o professor e, conseqüentemente, o aluno sentirem-se mais pressionados e sufocados do que já o são de costume.

Diferentemente da estampa “de acordo com os *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio* (PCNEM)” que hoje aparecem nesses mesmos textos, a orientação oficial é de que se faça uma ênfase à Física contemporânea como um desdobramento de outros conhecimentos, sem ser uma inclusão a mais no fim do curso. Como complemento aos PCNEM, os *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais* (PCN+) sugerem a adoção de seis temas estruturadores para o ensino de Física, além de um conjunto de competências e habilidades a serem desenvolvidas pelo jovem da escola média, que claramente orientam a inserção contextualizada da FMC.

Ainda que já existam importantes contribuições de trabalhos acadêmicos e textos didáticos que têm abordado a FMC de forma mais integradora e, portanto, mais sintonizadas com as orientações oficiais, a concepção do conhecimento como rede de significações implícita nestas mesmas orientações não parecem ter ganhado a devida atenção. Reporto-me, então, à afirmação de Terrazan (1994) de que é justamente essa concepção que possibilitará a inserção curricular da FMC na escola média “[...] de modo orgânico, profundamente vinculado ao tratamento da chamada Física Clássica. Além disso,

a partir desta concepção estamos a caminho de um tratamento também moderno/atualizado da Física como um todo” (TERRAZAN, 1994, p. 145).

É no sentido de contribuir com a discussão em torno da necessidade dessa atualização curricular que nesse trabalho se procura demonstrar, a partir de uma investigação nos textos dos documentos oficiais, o importante papel que pode cumprir a FMC no estabelecimento de uma rede interdisciplinar de conteúdos.

## CONHECIMENTO EM REDE

Ao identificar os três pólos das tecnologias da comunicação (oralidade, escrita e informática), Levy (1993 e 1999) destaca as características de metamorfose recíproca existente entre autor e leitor de um hipertexto. Ao se “navegar” pela internet, por exemplo, o leitor toma conhecimento de textos e imagens previamente registrados pelo respectivo autor, uma ação que se aproxima do pólo da escrita, forma de comunicação que possibilita o afastamento temporal entre o transmissor e o receptor de uma mensagem. No entanto, através dos múltiplos links, o leitor escolhe as partes que lerá de cada texto de acordo com seu próprio interesse, se aproximando, assim, da inerente contextualização que caracterizava as sociedades orais.

Portanto, ao percorrer um hipertexto, o leitor visualiza uma combinação de textos elaborada de acordo com seu contexto e acaba por construir um novo texto, pois tudo ocorre como se “[...] o autor de um hipertexto constituísse *uma matriz de textos potenciais*, o papel dos navegantes sendo o de realizar alguns desses textos colocando em jogo, cada qual à sua maneira, a combinatória entre os nós” (LEVY, 1999, p.57, grifo como no original).

Essa relação dinâmica entre texto e contexto, entre autor e leitor, que caracteriza o hipertexto e o pólo da informática é, também, válida na esfera educacional em que percursos e perfis de competências são singulares e não universais, tornando ineficazes as tentativas de definições prévias precisas sobre o quê e como aprender:

No lugar de uma representação em escalas lineares e paralelas, em pirâmides estruturadas em “níveis”, organizadas pela noção de pré-requisitos e convergindo para saberes “superiores”, a partir de agora devemos preferir a imagem de espaços de conhecimento emergentes, abertos, contínuos, em fluxo, não lineares, se reorganizando de acordo com os objetivos ou os contextos, nos quais cada um ocupa uma posição singular e evolutiva (LEVY, 1999, p.158).

Em vez da tradicional seqüência de conteúdos presentes em grande parte dos textos didáticos para a escola média que somente abordam a FMC após uma densa apresentação do eletromagnetismo, sendo esse o final da escalada do saber do que se costuma denominar por Física Clássica, deve-se pensar em uma estrutura curricular em fluxo, não linear. A apresentação da Física ao aluno iniciante no Ensino Médio pode, por exemplo, ser feita por meio da discussão da problemática energética, com a eficiência, custos e riscos da alternativa nuclear sendo parte fundamental do assunto. A identificação das cores de um objeto a partir da luz refletida pode ser a porta de entrada para a apresentação do espectro eletromagnético e da emissão de fótons associados aos saltos quânticos eletrônicos. Um diálogo com o estudante com prática no uso de instrumentos musicais é um excelente

contexto para a apresentação das séries harmônicas formadas pela vibração de uma corda ou de uma coluna de ar e, por correspondência, da interpretação quântica ondulatória dos estados energéticos ocupados por elétrons dentro de um átomo. São, enfim, múltiplas as viagens que se pode imaginar na introdução da FMC no currículo da escola média. Viagens essas que podem, até mesmo, serem simultâneas, com certos alunos navegando por determinados *links*, enquanto outros trilham caminhos alternativos.

Também defendendo uma visão não cartesiana de aprendizagem, Machado (1995) propõe uma concepção do conhecimento baseada nos feixes de relações entre os nós de uma rede de significados:

- compreender é aprender o significado;
- aprender o significado de um objeto ou de um acontecimento é vê-lo em suas relações com outros objetos ou acontecimentos;
- os significados constituem, pois, feixes de relações;
- as relações entrecruzam-se, articulam-se em teias, em redes, construídas social e individualmente, e em permanente estado de atualização;
- em ambos os níveis - individual e social - a idéia de conhecer assemelha-se à de enredar (MACHADO, 1995, p.138).

Em oposição a palavras como “pré-requisitos” e “seriação” que constituem o imaginário do pensamento cartesiano, Machado (2001) adota o acentrismo, a historicidade, e a heterogeneidade como palavras chave da idéia de rede como representação do conhecimento. Acentrismo, pois a rede não tem centro, possibilitando diversas alternativas para o planejamento docente. Historicidade, porque a construção do conhecimento é dinâmica, com permanentes variações na constituição do feixe de relações que caracteriza cada significado, devendo se buscar na História o próprio significado das transformações de significado. Heterogeneidade, dada a própria natureza dos significados que sempre envolvem relações que pertencem a múltiplos conteúdos e disciplinas.

O estudo dos fenômenos radiativos, por exemplo, pode ser percebido como um feixe de relações entre os aspectos físicos, químicos e biológicos, geralmente apresentados isolados ao estudante. Esse enredamento também se constrói internamente à própria Física, haja vista a relação entre óptica e eletromagnetismo estabelecida pela explicação dada pela modelagem quântica ao vínculo entre a condução elétrica de um metal e sua opacidade à luz visível ou, pelo contrário, entre a baixa condução elétrica de um vidro e sua transparência a essa mesma luz.

Por sua vez, os documentos educacionais oficiais elaborados nos últimos anos - *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB)*, *Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio (DCNEM)*, *PCNEM*, *PCN+* - apontam a necessidade de um ensino baseado no desenvolvimento de competências e de seus respectivos feixes de habilidades a serem trabalhados por diversas disciplinas ou áreas de conhecimento, com a concepção de que “[...] os conteúdos não são fins em si mesmos, mas meios básicos para construir competências cognitivas ou sociais, priorizando-as sobre as informações” (BRASIL, 1999, Bases Legais, DCNEM, artigo 5º, parágrafo I).

Decerto há especificidades a serem contempladas, com diferentes áreas ou disciplinas podendo, por exemplo, dar diferentes ênfases e abrangências às mesmas

competências e habilidades. Nesse sentido, é esclarecedor o seguinte diagrama (Figura I)<sup>1</sup>, apresentado nos PCN+, que aponta as principais vias de conexão entre as áreas do conhecimento através dos conjuntos de competências:

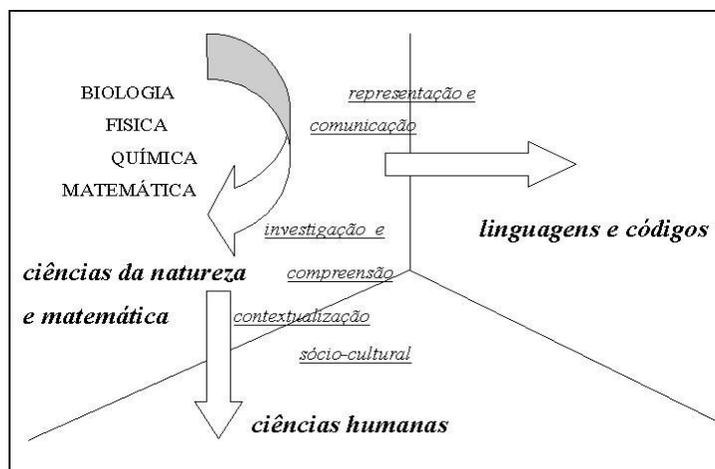


Figura I – vias de conexão entre as áreas de conhecimento

A orientação para entrevistas com familiares e profissionais da área médica com o objetivo de se elaborar um painel que propicie uma ampla visão do uso das radiações na medicina exemplifica como as habilidades de representação e comunicação podem enredar o ensino de Física com as disciplinas da área de linguagens e códigos. Habilidades de contextualização sociocultural podem ser desenvolvidas ao se analisar o contexto histórico da construção e lançamentos das bombas atômicas durante a segunda guerra mundial, fornecendo excelente oportunidade para estreitar relações entre a Física e as disciplinas da área das ciências humanas. Uma atividade experimental de observação da reflexão por um *compact disc* da luz emitida por diferentes tipos de lâmpadas, fortalece o desenvolvimento de habilidades de compreensão e investigação, possibilitando interligações entre a Física e a Química no estudo dos elementos químicos.

É com essa compreensão do aprendizado vinculado ao desenvolvimento de competências e habilidades e da observação da atual realidade escolar que foram elaborados os temas estruturadores dos PCN+:

No entanto, como as disciplinas não estão usualmente organizadas em termos de competências, mas sim em termos de tópicos disciplinares, se desejamos que elas estejam atentas para o desenvolvimento de competências, seria útil esboçar uma estruturação do ensino capaz de contemplar, a um só tempo, uma coisa e outra. Essa é a idéia que preside a concepção de temas estruturadores do processo de ensino, para se poder apresentar, com contexto, os conhecimentos disciplinares, já associados a habilidades e competências específicas ou gerais (BRASIL, 2002, p.16).

Esses três aportes teóricos, relação entre texto e contexto desenvolvida por Levy, concepção do conhecimento como feixe de relações entre os nós de uma rede de

<sup>1</sup> Foi preferida a versão original fornecida pelo Prof. Dr. Luís Carlos de Menezes à versão oficial impressa que pode ser vista na página 25 dos PCN+.

significados analisada por Machado e a proposta dos documentos oficiais quanto ao aprendizado a partir do desenvolvimento de competências e habilidades, constituem um significativo conjunto teórico para justificar reformulações curriculares muito mais abrangentes do que a simples inserção de novos tópicos.

## **TECENDO A TEIA COM A NOVA FÍSICA**

Mais do que incluí-la de forma contextualizada e interligada a outros tópicos, a FMC pode cumprir importante papel no estabelecimento de uma rede interdisciplinar de conteúdos. Exemplo disso é a presença, explícita ou implícita, como produto ou como processo, de elementos de FMC na descrição dos objetivos das áreas e disciplinas organizadas pelos PCNEM.

Língua Portuguesa, Língua Estrangeira Moderna, Educação Física e Artes compõem, juntamente com a Informática, a área *Linguagens, Códigos e suas Tecnologias*, contextualizada pela popularização dos aparelhos de comunicação e informação:

As novas tecnologias da comunicação e da informação permeiam o cotidiano, independente do espaço físico, e criam necessidades de vida e convivência que precisam ser analisadas no espaço escolar. A televisão, o rádio, a informática, entre outras, fizeram com que os homens se aproximassem por imagens e sons de mundos antes inimagináveis (BRASIL, 1999, p.132).

Assim, uma das competências a ser adquirida pelo aluno de ensino médio em Língua Portuguesa é “[...] entender os impactos das tecnologias da comunicação, em especial da língua escrita, na vida, nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social” (BRASIL, 1999, p.145). Exemplo desse impacto é a substituição, cada vez mais comum, dos textos manuscritos pelos digitados; mais do que facilitar o serviço, a tecnologia possibilita uma mudança na atitude relativa a se corrigir um texto ou a alterá-lo, revendo o ordenamento de suas partes, além de interferir na estética da formatação e em muitos outros aspectos.

*Pen drive, laptop, laser point, mouse, hard drive, world wide web, link, home Page, email*, são algumas dentre inúmeras palavras e expressões da língua inglesa presentes no cotidiano que evidenciam que com o completo desconhecimento de uma língua estrangeira fica “extremamente difícil utilizar os modernos equipamentos de modo eficiente e produtivo” (BRASIL, 1999, p.152) e que “para estar em consonância com os avanços da ciência e com a informação, é preciso possuir os meios de aproximação adequados e a competência comunicativa é imprescindível para tanto” (BRASIL, 1999, p.152).

A tecnologia moderna também tem alterado a produção artística, seja com a utilização de novos recursos nas artes já tradicionais, como os chamados efeitos cinematográficos, ou com a invenção de novos tipos de arte, como os “quadros” eletrônicos e outras formas de exposições multimídias. Sintonizados com essa evolução, os PCNEM recomendam que uma das competências a serem desenvolvidas no aprendizado de Artes no ensino médio é a de “fruir, estudar e analisar as produções em artes visuais, tanto na produção artística em geral quanto naquelas ligadas ao campo da comunicação visual como o designer, ou ainda naqueles produzidos pelas novas mídias e artes audiovisuais – vídeo,

televisão, multimídia, cd-rom, home-page etc – conscientizando-se dos meios visuais e audiovisuais de representação, comunicação e informação” (BRASIL, 1999, p.179).

Ainda que não seja necessário entender o funcionamento de transistores e *chips* presentes em um computador para digitar um texto, reconhecer o significado de palavras e expressões técnicas de línguas estrangeiras modernas, enviar e receber *emails* ou utilizar uma *pen drive*, essa tecnologia faz parte da vida moderna e deve ser considerada no processo de aprendizagem do estudante. Um ensino de Física ressonante a esse uso tecnológico é mais significativo para o aprendizado.

Se, na descrição da área de linguagens e códigos, os PCNEM fazem uma ampla apreciação do papel que computadores, televisões e toda a evolução tecnológica têm tido na forma com que o homem se comunica, na descrição da área *Ciências Humanas e suas Tecnologias*, analisa-se o redimensionamento do tempo provocado por esta mesma evolução:

[As] concepções de tempo [...] têm variado intensamente ao longo da história, em função das tecnologias envolvidas na sua medição, como os relógios mecânicos ou eletrônicos e os modernos cronômetros, que asseguram precisão em medidas muito curtas. [...]. Essa nova relação com o tempo [...] interferiu diretamente nas rotinas do cotidiano social, em contextos tão diversos quanto os do trabalho e do lazer. [...] Na complexidade das relações sociais [...] nem todos os homens dispõem do tempo da mesma forma, estabelecendo-se relações diferenciadas de maior ou menor liberdade nesse controle. Para alguns, o relógio implica libertação; para outros, escravidão (BRASIL, 1999, p.294).

Profundas alterações nos processos produtivos também são percebidas pela influência do desenvolvimento tecnológico:

Sem dúvida, esse processo de inovação permanente e fora de controle imediato traz sérias conseqüências para a vida humana, a exemplo da inviabilidade de formas de produção artesanais para suprir mercados amplos. A conseqüência mais drástica certamente é o desemprego. A compreensão do impacto dessas tecnologias sobre o mundo do trabalho e a vida social é urgente no contexto em que vivemos, de problemas de dimensões sempre crescentes, requerendo de todos reflexões e soluções inovadoras (BRASIL, 1999, p.295).

Também, nessa área, a tecnologia e os elementos de FMC a ela associados devem ser entendidos como um processo, seja para o desenvolvimento de cada uma das Ciências Humanas, seja para o aprendizado do estudante. Uma abordagem histórica mais ampla da cultura, por exemplo, deve analisar as “diferentes formas que os vários grupos sociais, ao longo dos séculos, têm criado para se comunicar, como a dança, o livro, o rádio, o cinema, as caravelas, os aviões, a Internet, os tambores e a música” (BRASIL, 1999, p.301). Na Geografia, a “[...] espacialização dos problemas ambientais e da biotecnologia favorece a interação com a Biologia, a Física, a Química, a Filosofia e [...] a Economia” (BRASIL, 1999, p.312). Para o ensino de Sociologia, os PCNEM orientam que se deve “[...] fornecer instrumentais teóricos para que o aluno entenda o processo de mundialização do capital, em correspondência com as sucessivas revoluções tecnológicas” (BRASIL, 1999, p.318).

Novamente, vale explicitar que relação existe entre a FMC e as citações acima, extraídas dos PCNEM. Ninguém precisa saber como funciona o mecanismo interno de um *modem* para entender o poder de comunicação da *internet* e como isso pode alterar em instantes o fluxo de capital no mundo. Porém, um ensino de Física que discuta a fenomenologia dos componentes eletrônicos modernos inseridos no *modem*, no *celular* e em outros aparelhos de comunicação e informação, facilita o diálogo com um aluno “plugado” no mundo moderno, dando-lhe chance de melhor compreender como as funcionalidades e procedimentos práticos desses aparelhos permitem seu uso de forma produtiva para interligar-se nas redes de comunicação.

Evidentemente, é na área das *Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* que os objetivos apontados nos PCNEM se apresentam ligados de forma mais direta e explícita à FMC, a começar pela identificação de que “[...] disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais” (BRASIL, 1999, p.209).

Hoje, com o auxílio de aceleradores de partículas como o do *Laboratório Nacional de Luz Síncrotron* (LNLS), em Campinas, se intensificam pesquisas conjuntas entre físicos, químicos e biólogos que buscam desvendar a estrutura de proteínas e outras macromoléculas. A “[...] investigação de compostos químicos interestelares conduziu recentemente à inesperada identificação de uma nova classe de alótropos de carbono batizados de ‘fulerenos’, abrindo um campo de pesquisa inteiramente novo” (BRASIL, 1999, p.240). Esses exemplos de interação existente em muitas das atuais pesquisas científicas, possibilitados ou potencializados pelo desenvolvimento da tecnologia moderna, como produto e processo, apontam para a necessidade de um ensino de Física que transcenda a própria Física:

[...] A cosmologia, no sentido amplo de visão de mundo, e inúmeras tecnologias contemporâneas, são diretamente associadas ao conhecimento físico, de forma que um aprendizado culturalmente significativo e contextualizado da Física transcende naturalmente os domínios disciplinares estritos. (BRASIL, 1999, p.212).

A inserção curricular de FMC é, portanto, essencial para “[...] prover os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma compreensão mínima das técnicas e dos princípios científicos em que se baseiam” (BRASIL, 1999, p.209). Para tanto, o ensino de Física deve ser redimensionado de forma a estar “plugado” ao contexto do jovem estudante, explicando:

[...] o movimento da lua ou das estrelas no céu, o arco-íris e também os raios laser, as imagens da televisão e as formas de comunicação [...] as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios [...] a origem do universo e sua evolução [...] que trate [...] das células fotoelétricas, das radiações presentes no dia-a-dia [...] (BRASIL, 1999, p.230).

Contextualizados, os elementos de FMC se apresentam intrinsecamente conectados à chamada Física Clássica:

[...] Essas e outras necessárias atualizações dos conteúdos apontam para uma ênfase à Física contemporânea ao longo de todo o curso, em cada tópico, como um desdobramento de outros conhecimentos e não necessariamente como um tópico a mais no fim do curso (BRASIL, 1999, p.234).

Sendo ainda mais explícito quanto à identificação dos elementos de tecnologia essenciais a cada área, o PCN+ sugere um conjunto de competências e habilidades a serem desenvolvidas no aluno de ensino médio e alguns temas estruturadores que organizariam o processo de ensino-aprendizagem.

Para o ensino de Física, são apresentados seis temas: *Movimentos: variações e conservações; Calor, Ambiente e Usos de Energia; Som, Imagem e Informação; Equipamentos Elétricos e Telecomunicações; Matéria e Radiação; Universo, Terra e Vida*. Pelo próprio título, *Matéria e Radiação* é, por excelência, um tema diretamente relacionado à FMC. No entanto, pela abordagem sugerida aos demais temas, sempre procurando situar o aluno no contexto tecnológico do mundo contemporâneo, evidencia-se a inserção de elementos de FMC em quase todos eles. Afinal, discutir hoje a produção, transmissão e captação de sons e imagens é muito diferente de décadas atrás, quando ainda não se conheciam transistores e chips microeletrônicos e nem se imaginava a possibilidade de rádio-transmissores de bolso, os celulares, serem um objeto de uso trivial. Além disso, uma discussão atualizada dos diferentes usos energéticos deve envolver a problemática da energia nuclear, que, aliás, é a energia que dá “vida” às estrelas.

Tendo em vista essa visão mais ampla de que, no mundo contemporâneo, a teoria quântica está “embutida” em muitos dos temas que tradicionalmente seriam classificados como clássicos, a inserção da FMC na proposição curricular feita pelo PCN+ também se explicita pela formulação de competências a serem desenvolvidas pelo ensino de Física. Um exemplo, no campo da representação e comunicação, se refere à necessidade em se analisar e interpretar textos e outras comunicações comuns às ciências e tecnologias:

[...] Por exemplo, no noticiário sobre telefonia celular, identificar que essa questão envolve conhecimentos sobre radiações, suas faixas de frequência, processos de transmissão, além de incertezas quanto a seus possíveis efeitos sobre o ambiente e a saúde (BRASIL, 2002, p.64).

Quanto às competências relacionadas à investigação e compreensão, evidencia-se a necessidade de se ensinar e aprender FMC para o conhecimento dos modelos explicativos e representativos dos fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos:

[...] Por exemplo, utilizar modelos microscópicos do calor, para explicar as propriedades térmicas dos materiais ou, ainda, modelos da constituição da matéria para explicar a absorção de luz e as cores dos objetos (BRASIL, 2002, p.66).

Na busca do “diálogo” da Física com as Ciências Humanas, os PCN+ apontam diversas competências relacionadas à contextualização sociocultural em que elementos de

FMC se apresentam com clareza, como na necessidade em se perceber a complexa relação mantida entre ciência e tecnologia ao longo da história:

[...] Muitas vezes a tecnologia foi precedida pelo desenvolvimento da Física, como no caso da fabricação de *lasers*, ou, em outras, foi a tecnologia que antecedeu o conhecimento científico, como no caso das máquinas térmicas (BRASIL, 2002, p.67).

A necessidade em se compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea também se relaciona a elementos de FMC:

[...] Por exemplo, como a relatividade ou as idéias quânticas povoam o imaginário e a cultura contemporânea, conduzindo à extrapolação de seus conceitos para diversas áreas, como para a Economia ou Biologia (BRASIL, 2002, p.68).

O conhecimento das propriedades e efeitos das radiações torna-se fundamental para avaliar impactos da tecnologia na vida social:

[Por exemplo] na medicina, através de tomografias ou diferentes formas de diagnóstico; na agricultura, através das novas formas de conservação de alimentos com o uso das radiações; ou, ainda, na área de comunicações, com os microcomputadores, CDs, DVDs, telefonia celular, TV a cabo. [Deve-se, também ponderar que] o uso de radiações ionizantes apresenta tanto benefícios quanto riscos para a vida humana (BRASIL, 2002, p.68).

Por fim, vale observar que, também de forma mais explícita do que nas orientações oficiais anteriores, os PCN+ apontam o papel de conexão entre a Física e outros componentes curriculares que pode cumprir a FMC. Exemplo disso é a programação sugerida pelos PCN+ para o terceiro ano do ensino médio, referente à área das *Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*, com a manipulação genética na Biologia e os modelos quânticos na Química, constituindo tópicos ressonantes à *Matéria e radiação*.

## CONCLUSÃO:

A presença marcante da FMC nos textos das áreas e disciplinas organizadas pelos documentos educacionais oficiais, em especial os PCNEM e os PCN+, revela a abrangência e flexibilidade que se pode ter em sua inserção no currículo da escola média. A razão não é fortuita e, ao menos em certa medida, se remete à própria questão do que se entende por FMC. Na vida contemporânea, os conteúdos clássicos e modernos não caminham separados. Componentes eletrônicos como transistores e *chips* impregnam os mais diversos aparelhos, mesmo aqueles, como fogões e geladeiras, comumente estudados internamente à chamada Física Clássica. Sob pena de romper o diálogo com o jovem estudante, ou mesmo de nem abri-lo, a FMC não pode ser deixada para depois do ensino da Física Clássica.

Mais que isso, a FMC pode cumprir um importante papel na construção de redes de significações interdisciplinares. No quadro a seguir (Figura II), provavelmente incompleto ou mesmo contendo termos e exemplos inadequados a serem investigados em maior

profundidade na continuidade da pesquisa aqui apresentada, duas redes são sugeridas: uma diretamente estabelecida entre as ciências naturais e outra, indiretamente promovida pelo desenvolvimento tecnológico, destas para com outras áreas do conhecimento.

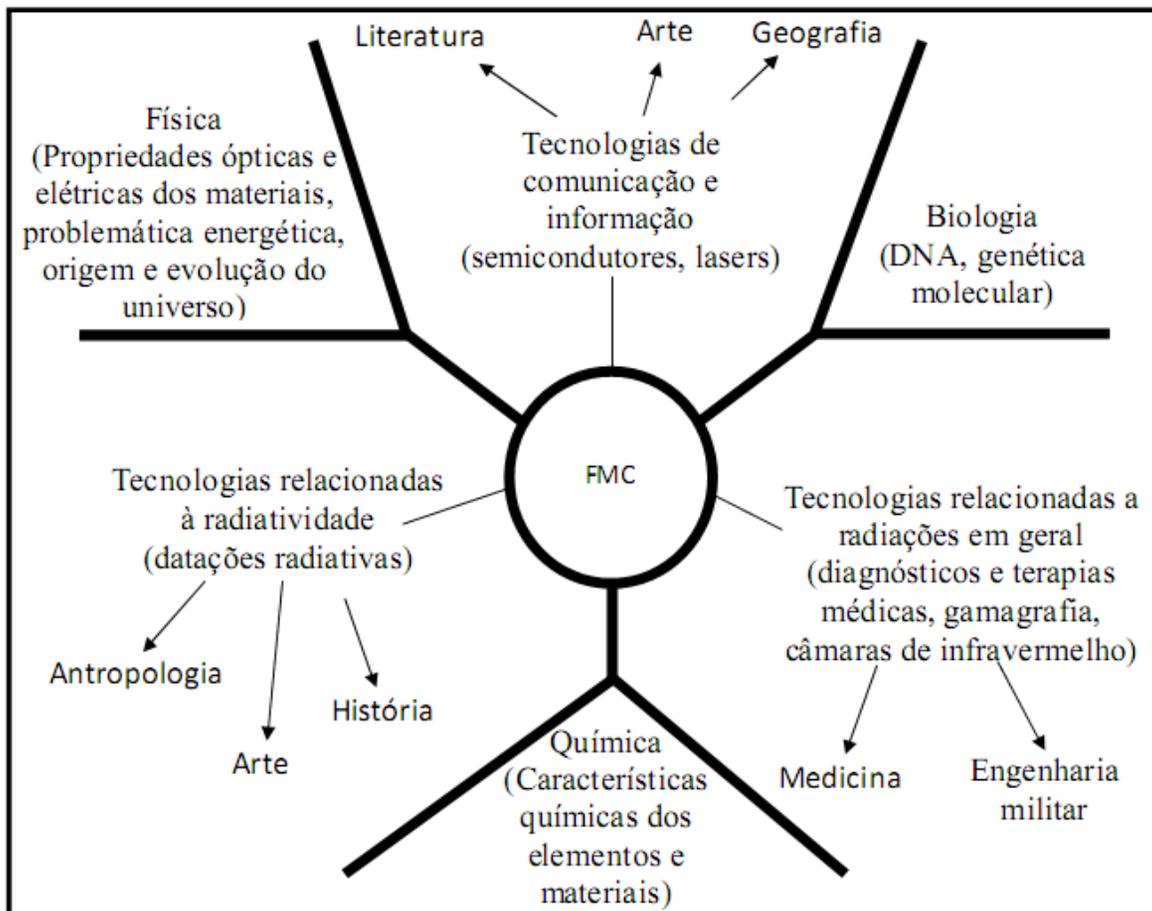


Figura II – esquema das redes de significações, uma, representada pelas linhas mais espessas, estabelecida no âmbito das ciências naturais e outra, representada pelas linhas mais finas, indiretamente promovida pelo desenvolvimento tecnológico, associando essas ciências às outras áreas do conhecimento.

Por seus próprios conteúdos contemporâneos, há diversos *links* entre as ciências naturais representados no esquema pelas linhas mais espessas conectadas ao círculo central da FMC. O estudo da composição química de uma estrela, identificada pela luz por ela emitida pode, por exemplo, ser aproveitado como um gancho entre a Física, a Química e a cosmologia. De forma similar, pode-se fazer uma ligação entre a Física e a Biologia a partir do estudo da estrutura do DNA e do trabalho de engenharia molecular. Conexões internas à própria Física também são facilitadas por elementos da FMC, como é o caso da íntima relação entre as propriedades ópticas e elétricas de um material. Vínculos ainda mais abrangentes envolvendo duas ou mesmo as três disciplinas das ciências da natureza podem ser visualizados, como é o caso dos questionamentos sobre a possibilidade da existência de vida em outros planetas, assunto necessariamente relacionado às radiações e, portanto, à Física, à Química e à Biologia.

Por sua vez, a rede estabelecida pelo conjunto de tecnologias, sinalizada no esquema pelas linhas mais finas conectadas ao círculo central da FMC, cria um pano de fundo que permite múltiplas iniciativas de conexões. Na medida em que o uso de computadores e da *internet*, possibilitados pela manipulação da estrutura quântica dos materiais semicondutores, revoluciona as comunicações e possibilita a criação de novos tipos de arte, de hipertextos e de diferentes noções de tempo e espaço, há todo um contexto favorável para o estabelecimento do diálogo com o educando acerca da relação entre Física, Literatura, Arte e Geografia. As tecnologias relacionadas às datações radiativas potencializam as conexões da Física contemporânea com diversas outras áreas do conhecimento, como a Antropologia, a Arte e a História. O uso das radiações estabelece relações entre a Física e a Medicina ou entre a Física e a Engenharia Militar, haja vista os modernos armamentos de precisão.

Mais do que uma proposição das conexões a serem trabalhadas, o esquema aqui apresentado e descrito tem a função de concretizar a discussão teórica acerca da necessidade do trabalho em rede para apreender o significado daquilo que se pretende ensinar. Ainda que também se trate disso, o foco do problema não está na modernização dos tópicos de Física a serem ensinados. A questão central é que a FMC torna-se hoje necessária para a completa e correta compreensão de diversos processos cotidianos vivenciados pelo jovem estudante.

A problemática da inclusão de FMC no currículo da escola média não passa, pois, por acrescentar novos tópicos, com ou sem contexto, no já extenso arsenal de conteúdos dos tradicionais livros didáticos. É preciso elaborar proposições que transcendam a própria Física, estendendo-se através de redes, como as acima identificadas, para outras áreas do conhecimento e que auxilie professores e alunos na apreensão e revelação conceitual das tecnologias contemporâneas.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

BONETTI, M. C.; CANATO JR., O.; KANTOR, C. A.; MENEZES, L. C. Contexto e rede de conceitos no ensino de Física e no desenvolvimento de conhecimento e de competências na escola média. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XV, 2003a, Curitiba, Paraná.

CANATO JR., O.; MENEZES, L.C. **Radiações, materiais, átomos e núcleos**. São Paulo: Pueri Domus Escolas Associadas, 2003.

CANATO JR., O. **Texto e contexto para o ensino de física moderna e contemporânea na escola média**. 2004. 109f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências - modalidade

Física). Instituto de Física, Instituto de Química e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.

LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

MACHADO, N. J. **Epistemologia e Didática: as concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente**. São Paulo: Cortez, 1995.

MACHADO, N. J. **A Universidade e a organização do conhecimento: a rede, o tácito, a dádiva**. Estudos avançados, São Paulo, Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, n.42, p. 333-352. 2001

OSTERMANN, F. **Um Texto para Professores de Ensino Médio sobre Partículas Elementares**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo: SBF, v.21, n.3, p.415-436, set 1999.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. C. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “FMC no Ensino Médio”**. Porto Alegre: Revista Investigações em ensino de ciências do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 5, n. 1, mar. 2000. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/>>. Acesso em: 18 abr. 2003.

TERRAZAN, E. A. **Perspectivas para a inserção da FMC na escola média**. 1994. 241f. Tese (Doutorado em Educação). Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.