

# A tecnologia como referência dos saberes escolares: perspectivas teóricas e concepções dos professores

(*Technology as a reference to scholar knowledges: theoretical perspectives and teacher's conceptions*)

Elio Carlos Ricardo<sup>1</sup>, José Francisco Custódio<sup>2</sup> e Mikael Frank Rezende Junior<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Curso de Física, Universidade Católica de Brasília, Brasília, DF, Brasil*

<sup>2</sup>*Departamento de Física, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, SC, Brasil*

<sup>3</sup>*Departamento de Física e Química, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, Brasil*

Recebido em 4/7/2006; Aceito em 6/11/2006

Este trabalho trata do ensino da tecnologia no nível escolar médio e apresenta a percepção dos professores, da área das ciências da natureza, matemática e suas tecnologias, sobre o tema. Observa-se que suas compreensões não são claras e há uma confusão entre a ciência aplicada e a tecnologia. Antes disso, discute-se uma abordagem teórica da tecnologia como o estudo científico do artificial.

**Palavras-chave:** ensino de tecnologia, ensino de ciências, saberes escolares.

This paper discusses the technology education in High School and aims to identify the perception of high school teachers of the area known as “natural sciences, mathematics and their technologies” about this matter. It has been observed that their comprehension is not clear and there is some confusion between applied science and technology. A theoretical approach of the technology as a scientific study of the artificial is also presented.

**Keywords:** technology education, science education, scholar knowledge.

## 1. Introdução

As recentes propostas de reforma da educação básica do sistema educacional brasileiro, comprometidas com a universalização do acesso ao ensino, trazem um conjunto de orientações que pretendem, entre outras coisas, entrar em sintonia com o mundo contemporâneo. Para isso, sugerem a revisão não apenas dos conteúdos escolares, mas também das práticas docentes.

Ampliam-se os objetivos educacionais e se espera que os conhecimentos adquiridos na escola tenham sua pertinência para além dos seus muros. De modo geral, pode-se dizer que tal perspectiva é o que se vem chamando de um ensino por competências, ainda que se possa atribuir uma variedade de interpretações a esse termo. Paralelamente, a escola parece estar sendo questionada quanto a sua capacidade de atender às expectativas dos alunos, incluindo-se as escolhas dos conteúdos a ensinar. Tornam-se cada vez mais comuns por parte desses alunos perguntas do tipo: por que eu tenho que aprender isso? Essa atitude não apenas coloca em questão o que está sendo ensinado como pode refletir uma certa ansiedade dos educandos ao não terem claro que o projeto escolar poderá prepará-los para o que esperam encontrar quando concluírem a formação básica.

Na tentativa de responder aos anseios dos alunos e da própria sociedade moderna, também o ensino das ciências é colocado em questão e passa a integrar uma área específica do conhecimento nos documentos oficiais: as ciências da natureza, a matemática e suas tecnologias. É certo que muitos problemas precisam ser enfrentados quanto ao ensino das ciências em nível médio. Todavia, o principal motor do presente trabalho está na presença explícita, nos documentos orientadores da reforma educacional, da tecnologia como referência dos saberes escolares. E, se o ensino das ciências já conta com algumas décadas de discussão quanto aos seus objetivos e escolhas didáticas, o ensino da tecnologia é muito menos claro. Tal imprecisão se torna ainda maior quando se amplia para as outras áreas do conhecimento, como as ciências humanas e as linguagens e códigos. Por essa razão, discute-se neste trabalho a questão da tecnologia apenas no contexto das ciências.

Essa limitação, no entanto, não é suficiente para reduzir a extensão das questões que o tema promove. O que vem a ser afinal a tecnologia? Quais as suas relações com a ciência e que *status* assume diante desta? Seria a tecnologia uma possível referência aos saberes escolares ou um exemplo prático da aplicação das ciências básicas? Qual a interpretação dos professores acerca

<sup>1</sup>E-mail: elio@ucb.br.

da tecnologia? Essas são algumas das perguntas que se apresentam ao debate.

Mais especificamente, tratar-se-á aqui de uma das dimensões da tecnologia: a de um empreendimento humano entendido como o estudo do artificial e produtor de saberes específicos, ainda que tenha uma estreita relação com os saberes científicos e que, com efeito, constitui uma de suas características principais. Nesse sentido, a associação com os documentos oficiais do Ministério da Educação, especialmente os referentes ao Ensino Médio, torna-se necessária, pois se trata de interrogá-los sob esse aspecto da tecnologia, uma vez que esta é freqüentemente vinculada à contextualização sócio-cultural e a todas as áreas do conhecimento. Todavia, apenas a abordagem ampla da tecnologia na escola pode não levar ao resultado esperado, ao menos não em sua plenitude, pois como se posicionar frente à tecnologia sem conhecer seu real sentido? Assim, o presente recorte considera relevante a exploração do *status* atribuído à tecnologia face ao empreendimento científico e seu potencial em tornar-se referência para novos saberes escolares, inclusive para os atores da prática docente, a fim de ampliar as ênfases curriculares, até mesmo aquelas expostas nas propostas dos documentos oficiais.

Embora não seja possível explorar em profundidade em um único trabalho todas essas indagações, também não parece apropriado ignorar que tais questionamentos têm implicações e desdobramentos no campo educacional, pois a visão dos professores sobre o que venha a ser, ou qual o objetivo do ensino da tecnologia, pode repercutir diretamente em sua abordagem na sala de aula. Além disso, associado à idéia de se aproximar o conhecimento científico e tecnológico da maioria da população escolarizada, o trabalho docente precisa ser direcionado para a sua apropriação crítica pelos alunos, visando efetivamente a incorporar-se ao universo das representações sociais, de maneira a constituir-se como cultura.

A partir disso, busca-se neste trabalho, em um primeiro momento, reivindicar para a tecnologia um espaço como referência dos saberes escolares, a fim de fomentar reflexões sobre a possibilidade de tornar os saberes escolares um instrumento de análise crítica e compreensão do mundo contemporâneo. A seguir, apresenta-se um panorama filosófico, no qual se discute a ontologia do objeto tecnológico, e os processos tecnológicos e as aproximações e distinções com a ciência. Finalmente, discute-se as concepções dos professores das disciplinas científicas do nível médio acerca da tecnologia como objeto de ensino na escola.

## 2. O problema da referência dos saberes escolares

As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) propõem uma estrutura curricular com a definição de três áreas do conhecimento: as ciências humanas e suas tecnologias; as ciências da natureza, a matemática e suas tecnologias; e as linguagens, códigos e suas tecnologias. Associam-se a essas áreas a busca por três grandes competências, entendidas, de modo simplificado, como capacidades humanas complexas: *expressão e comunicação*; *investigação e compreensão*; e *contextualização sócio-cultural*. Competências estas que deverão estar articuladas entre si e entre as áreas e que favorecem, segundo as próprias DCNEM, o trabalho interdisciplinar e contextualizado.

Verifica-se, portanto, que a tecnologia aparece nas três áreas e se justifica, conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN e PCN+), pela tentativa de aproximar a escola do mundo moderno e da compreensão dos processos produtivos, associado ao que se vem chamando de alfabetização científica e tecnológica, embora os documentos não usem literalmente esta metáfora. Todavia, nas competências sugeridas tais objetivos ficam claros. Por exemplo, quando se apresenta para a área das ciências, no contexto da representação e comunicação, a competência de *analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia*;<sup>2</sup> ou, no campo da investigação e compreensão, *reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos* [1, p. 30]; ou ainda, dentro da contextualização sócio-cultural, *compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea e reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania*.<sup>3</sup>

Ao tratar de cada disciplina escolar, os Parâmetros Curriculares não apresentam uma lista de conteúdos específicos, mas recorrem aos chamados temas estruturadores, subdivididos em unidades temáticas, os quais visam a orientar não apenas as escolhas dos saberes a ensinar, mas também as práticas docentes, assumindo-se que um ensino por competências exige a organização do conhecimento *a partir não da lógica que estrutura a ciência, mas de situações de aprendizagem que tenham sentido para o aluno, que lhe permitam adquirir um instrumental para agir em diferentes contextos e, principalmente, em situações inéditas de vida*.<sup>4</sup> Nesses temas aparecem mais claramente assuntos que transitam tanto na ciência como na tecnologia envolvendo inclusive conhecimentos técnico-científicos. Por exemplo, para a disciplina de física, são sugeridos, entre outros, os temas som, imagem e informação; equipa-

<sup>2</sup>Ver Ref. [1], p. 27.

<sup>3</sup>Ver Ref. [1], p. 32.

<sup>4</sup>Ver Ref. [1], p. 36

mentos elétricos e telecomunicações; matéria e radiação, cuja relação com a tecnologia é explícita. Isso constitui um avanço, na medida em que os PCN+ articulam conhecimentos e competências e ambos passam a ser conteúdos disciplinares.

Cada um desses temas e unidades temáticas vem associado a um conjunto de possíveis competências a serem construídas na escola. Para isso, o quadro das competências sugeridas para as disciplinas, que antecedem o rol de temas e subtemas, é um indicativo do que se espera como formação. Como foi mencionado anteriormente, a tecnologia associada à ciência é apresentada sob uma perspectiva ampla. No entanto, alguns aspectos particulares não foram negligenciados, como ressaltam as competências esperadas. Uma delas pode ilustrar: “acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, por exemplo, estabelecendo contato com os avanços das novas tecnologias na medicina, por meio de tomografias ou diferentes formas de diagnóstico; na agricultura, nas novas formas de conservação de alimentos com o uso das radiações; ou, ainda, na área de comunicações, com os microcomputadores, CDs, DVDs, telefonia celular, *tevé a cabo*”.<sup>5</sup> Para não restringir-se à Física, um exemplo da Biologia parece relevante: “avaliar a importância do aspecto econômico envolvido na utilização da manipulação genética em saúde: o problema das patentes biológicas e a exploração comercial das descobertas das tecnologias de DNA”.<sup>6</sup>

Tais exemplos sugerem, primeiro, que a tecnologia se apresenta como parte dos conteúdos escolares, para além da mera ilustração, com um novo *status* frente ao conhecimento científico e, segundo, que as críticas que vêm sendo feitas a esses documentos quanto a sua submissão ao mundo do trabalho deve ser encarada com mais cuidado, ao menos em relação ao papel da tecnologia nos currículos escolares. Todavia, o entendimento desse tema é ainda bastante diversificado e, por vezes, controverso.

Uma compreensão mais ampla sobre a tecnologia como objeto de ensino passa por diversos campos, onde se agregam fatores pertencentes à temática. Primeiramente o epistemológico, pois se refere ao *status* atribuído à tecnologia em relação à ciência. Isso pode se manifestar quando, de uma forma precipitada, o professor assume aquela como mera aplicação desta, o que já foi apontado por Gérard Fourez [2] ao salientar que:

A ideologia dominante dos professores é que as tecnologias são aplicações das ciências. Quando as tecnologias são assim apresentadas, é como se uma vez compreendidas as ciências, as tecnologias seguissem au-

tomaticamente. E isto, em que pese na maior parte do tempo, a construção de uma tecnologia implica em considerações sociais, econômicas e culturais que vão muito além de uma aplicação das ciências.<sup>7</sup>

Na seqüência, o autor afirma que se as tecnologias forem compreendidas simplificarmente inviabilizaria seu estudo crítico e se assume a utilidade e a aplicabilidade como sendo boas por si mesmas. Desse modo, Fourez [2, 3] defende que os alunos deveriam compreender o funcionamento dos aparatos tecnológicos, bem como as implicações sociais da tecnologia, para negociar com os produtos científico-tecnológicos que estão em sua volta e estar em condições de entender que se estabelecem relações de poder a respeito de seu uso. Isso se evidencia quando historicamente se verifica que ao mesmo tempo em que a ciência e a tecnologia garantiram a sobrevivência e, em certa medida, a melhoria na qualidade de vida do homem, ultrapassaram o atendimento das necessidades básicas e criaram novas necessidades e asseguraram também àqueles que as detêm a possibilidade do controle sobre os outros homens. Isso reforça a relevância das questões apresentadas no início do presente trabalho e esclarecem seu foco.

Sob esse enfoque, as críticas dirigidas às Diretrizes Curriculares e aos Parâmetros Curriculares, para as quais estes documentos subordinam as escolhas didáticas aos processos produtivos e aos meios de produção, são enfraquecidas, pois a presença da tecnologia no currículo escolar ganha um novo sentido: o de contribuir para o desenvolvimento da autonomia crítica do aluno.

Além da ampliação dos objetivos formadores da escola, também as referências dos saberes escolares<sup>8</sup> são questionadas. Dito de outro modo: as disciplinas científicas que compõem o currículo escolar (biologia, física, matemática e química) teriam como única referência as ciências correspondentes? Yves Chevallard [4], ao tratar da noção da transposição didática no campo da matemática, defende que os saberes escolares sofrem uma série de transformações desde sua origem: o chamado saber sábio. Conforme destaca o autor:

O saber produzido pela transposição didática será, portanto, um saber exilado de suas origens e separado de sua produção histórica na esfera do saber sábio, legitimando-se em saber ensinado como algo que não é de nenhum tempo nem de nenhum lugar e não se legitimando mediante o recurso da autoridade de um produtor, qualquer que seja.<sup>9</sup>

<sup>5</sup>Ver Ref. [1], p. 68

<sup>6</sup>Ver Ref. [1], p. 40.

<sup>7</sup>Ver Ref. [2], p. 10;

<sup>8</sup>Não será feita distinção neste trabalho entre saberes e conhecimentos. Todavia, para o presente propósito é apropriada a diferenciação feita por Fourez [5].

<sup>9</sup>Ver Ref. [4], p. 18.

Assim sendo, prossegue Chevallard, a noção de transposição didática possibilitaria “tomar distância, interrogar as evidências, por em questão as idéias simples, desprender-se da familiaridade enganosa de seu objeto de estudo”.<sup>10</sup> Consiste, em poucas palavras, em assumir que nenhum saber escolar se justifica por si mesmo, o que leva as “denúncias” feitas pela transposição didática serem recebidas nos meios escolares com certa hostilidade, pois evidenciam que a legitimação dos conteúdos curriculares não poderia se apoiar somente na mesma legitimação de que desfrutam as ciências correspondentes, uma vez que são saberes distintos, embora tenham uma relação. Se for verdade que a partir do referencial teórico da transposição didática não é mais possível olhar para os saberes escolares com as mesmas certezas que asseguravam sua presença nos currículos, também é verdade que apenas uma parte do problema foi revelada, pois se supõe que tais saberes encontram sua origem tão somente nas práticas dos cientistas.

Isso tem produzido algumas críticas à idéia da transposição didática proposta por Yves Chevallard. Michel Caillot [6] chega a questionar se tal modelo teórico pode ser transposto para outras disciplinas além da matemática.<sup>11</sup> Este autor, ao estudar os currículos franceses orientados por competências, especialmente para a física e para a química, observou que tais disciplinas apresentam interpretações bem distintas para as competências, embora historicamente sejam vistas como disciplinas bem próximas, principalmente no ensino francês em que ambas são conhecidas como “ciências físicas”. Caillot [6] evidenciou ainda as implicações do *status* dado à tecnologia em relação à ciência na elaboração de programas escolares. Segundo o autor, a física permanece presa ao saber sábio, enquanto que a química chega a distinguir competências com características teóricas e experimentais. Essa diferença se deve à distinta posição que ocupam a física e a química na esfera dos saberes e das práticas sociais. Caillot acrescenta ainda que os físicos têm como primeiro objetivo o ensino de uma *cultura científica*, ou uma *representação coerente do mundo*. Já a química congrega melhor as atividades científicas e tecnológicas e tem articulação com uma indústria química, o que não ocorre com a física.

Diante das diferentes abordagens na estruturação dos programas, Caillot destaca que há uma ligação entre o saber sábio da química, as práticas sociais da indústria química e os laboratórios, bem como com a vida cotidiana, que irá interferir na elaboração das competências a ensinar e mesmo na perspectiva de ampliação dos objetivos de ensino. Fundamentalmente,

aponta duas razões para essas distintas compreensões: a primeira, de ordem epistemológica, pois a física e a química não mantêm a mesma relação com os saberes; “física e tecnologia são considerados domínios diferentes”.<sup>12</sup> Para a Química a pesquisa científica e a tecnológica encontram-se num mesmo *status*, ou ao menos bem próximos. A segunda, de ordem econômica. Ou seja, há uma indústria química que interfere, inclusive, nas formações profissionais técnicas. No caso da física, o antagonismo clássico entre ciência pura e tecnologia torna-se obstáculo à adoção de referências oriundas do campo industrial-tecnológico.

Um outro apoio teórico para analisar as referências dos saberes escolares é a noção de práticas sociais de referência, proposta por Jean-Louis Martinand [8, 9]. Para o autor, de modo sintético:

Essas são atividades objetivas de transformação de um dado natural ou humano (prática);

Elas se referem a um conjunto de um setor social, e não de papéis individuais (social); A relação com as atividades didáticas não é de identidade, há somente um termo de comparação (referência).<sup>13</sup>

É importante destacar que Martinand [8] entende a prática como *praxis*. Ou seja, como uma prática transformadora e vinculada a uma reflexão sobre a ação, o que evidencia, em associação com a citação acima, que as escolhas didáticas deveriam atender a objetivos sociais ampliados. Nessa perspectiva, Martinand propõe uma questão fundamental para os propósitos deste trabalho: “esses saberes escolares, dos quais se diz que são descontextualizados, desarticulados e separados da prática social que lhes fundou historicamente, são funcionais ainda hoje em uma prática exterior à escola e à qual prezo?”<sup>14</sup>

A que prezo manter o que se ensina atualmente nas escolas? Ou, de outra parte, a que prezo atualizar os conteúdos escolares? Essas questões poderiam ainda ser postas de outra forma: seriam os saberes escolares pertinentes para a formação do aluno para além da escola? A rigor, conforme o próprio autor, o termo prática social não seria mais que uma ênfase redundante, pois a prática por ele concebida já pressupõe aspectos sociais. De fato, em sua origem o termo usado era *prática sócio-técnica de referência* e possibilitaria, assim como agora, avaliar os desvios entre as escolhas didáticas e as práticas que serviram de referência. Assim, não se trata apenas de contextualizar os saberes nas práticas, mas de assumir tais práticas sob todos os seus aspectos e sentidos. Para isso é preciso considerar também

<sup>10</sup>Ver Ref. [4], p. 16.

<sup>11</sup>Para uma crítica à visão predominantemente sociológica da noção de transposição didática ver Ricardo [7].

<sup>12</sup>Ver Ref. [6], p. 32.

<sup>13</sup>Ver Ref. [8], p. 137.

<sup>14</sup>Ver Ref. [10], p. 77.

a dimensão epistemológica da modelização das ciências como um referente empírico dos saberes.

Para Martinand [8], a noção de práticas sociais de referência se apresenta como uma possibilidade para “explicitar e discutir as razões das escolhas de conteúdos, examinar sua coerência interna, julgar a autenticidade do que suas proposições refletem”.<sup>15</sup> Ou seja, trata-se de um guia para a análise, a crítica e a proposição dos saberes escolares e amplia as fontes destes, para além do que previa inicialmente a transposição didática do saber sábio para a sala de aula. Cada prática possui uma coerência específica, apoiada em saberes práticos, teóricos, técnicas e métodos. O que disso, em particular da tecnologia, poderia e/ou deveria ser transposto para a sala de aula como um saber a ensinar?

Assim, parece que um modelo epistemológico para a tecnologia, para além de mera ciência aplicada, proporcionaria uma ampliação e melhor compreensão dos objetivos educacionais do ensino das ciências e da tecnologia, pois a partir do entendimento adequado dos objetos da tecnologia e da origem do conhecimento tecnológico é que se pode vislumbrar a possibilidade de tomá-la como um saber de referência.

### 3. Tecnologia: o estudo científico do artificial

É inegável o alcance e a presença da tecnologia na vida diária do homem contemporâneo. Desde a primeira revolução científica ela é um importante componente e poderoso motor da cultura. Entretanto, na medida em que há um avanço significativo nas criações tecnológicas, pouco se tem dito a respeito da sua dimensão gnosiológica. Filósofos contemporâneos [2, 11], têm defendido uma identidade própria para a tecnologia, isto é, uma epistemologia peculiar aos seus objetos, pois a ausência de fundamentos gnosiológicos específicos pode levar a equívocos, como confundir ciência pura e tecnologia, segundo a tradição baconiana, ou à mera redução da tecnologia ao *status* de ciência aplicada [12, 13].

Por outro lado, não se pode esperar uma distinção clara, na qual se possa contrastar, numa semântica objetiva, as classes de objetos pertencentes ao domínio da ciência e aqueles do domínio da tecnologia. Em outras palavras, existem intersecções que não podem ser eliminadas; por exemplo, a recorrência da ciência moderna aos aparatos tecnológicos, ou a presença do conhecimento científico de base na pesquisa tecnológica. Um ponto de vista razoável pressupõe compreender ciência e tecnologia como atividades próprias dos seres humanos, específicas e distintas, embora indis-

sociáveis, pois assim como a ciência e a tecnologia evoluíram, também suas imbricações foram gradativamente se complexificando, obscurecendo a demarcação entre seus elementos. No passado era possível diferenciar nitidamente o prático e o cientista, algo fora do alcance hoje.

Frente às dificuldades levantadas, convém, primeiro, explicitar a diferença entre dois termos muitas vezes tomados como sinônimos: técnica e tecnologia. Segundo Bunge [11], pode-se atribuir à técnica<sup>16</sup> atividades práticas, amparadas por conhecimentos pré-científicos, enquanto à tecnologia o processo de pesquisa-desenvolvimento-produção de artefatos, vinculado ao conhecimento científico. Assim, mesmo invenções relativamente recentes como o avião e a lâmpada incandescente, representam mais produtos exemplares da habilidade e imaginação de artesãos altamente qualificados, do que fruto de procedimentos recursivos de formulação e teste de idéias à luz do conhecimento científico. A partir de agora, restringir-se-á a discussão ao domínio da tecnologia.

A tecnologia pode ser concebida como o estudo científico do artificial, ou, definindo com melhor precisão, um campo de conhecimento preocupado com o projeto de artefatos e planejamento de sua realização, operação, ajuste, manutenção, e monitoramento fundamentado no conhecimento científico; em contraste com a atividade científica que se volta ao estudo das coisas naturais.<sup>17</sup> Algo será dito artificial quando for “opcionalmente fabricado ou feito com ajuda de conhecimento aprendido e utilizável por outros”.<sup>18</sup> Existem, portanto três condições necessárias: primeiro, a construção do artificial deve ser precedida de uma decisão: frente a uma possibilidade, agir ou não sobre o objeto referido. Essa exigência elimina da categoria dos artefatos objetos como teias de aranha, porque aranhas não são capazes de decidir em investir seu tempo nesta atividade, são apenas programadas geneticamente para fazê-lo. Segundo, a atividade que resulta no objeto ou ação artificial deve ser guiada por algum conhecimento aprendido, no mínimo, na primeira vez que for realizada. Por último, a atividade deve ter algum valor social, real ou potencial. O projeto de um novo tipo de satélite, por exemplo, pode, por um lado, ter um valor social positivo, ao permitir a comunicação em escala global em tempo real e com melhor qualidade, porém, ao mesmo tempo, um valor negativo, ao servir como instrumento de guerra. Bunge [11] produziu uma tipologia para artefatos:

- (i) *coisas artificiais*: são artefatos no sentido estrito, tais como máquinas, ferramentas, ligas metálicas, casas e escolas;

<sup>15</sup>Ver Ref. [8], p. 137.

<sup>16</sup>Vale ressaltar que o termo técnica muitas vezes é utilizado, num sentido amplo, em referência a atividades produtivas, artesanais, industriais, artísticas (por exemplo, técnica corporal) ou esportivas (por exemplo, a técnica do jogador de futebol).

<sup>17</sup>Por conveniência teórica, deixar-se-á de lado a discussão sobre a fenomenotécnica de Gaston Bachelard.

<sup>18</sup>Ver Ref. [11], p. 222.

(ii) *estados artificiais*: estado alcançado por alguma coisa, natural ou artificial, pela ação do trabalho humano. Por exemplo, erradicação de uma doença, ou a prosperidade alcançada por um setor da economia como consequência da introdução de uma nova tecnologia;

(iii) *mudanças artificiais*: eventos ou processos produzidos pelo trabalho sobre coisas (incluindo seres humanos). Por exemplo, aprender a ler, cultivar o solo, derrubar um governo.

É possível perceber que tais categorias ontológicas precisam efetivamente da ação racional. Isto é, são consequências do trabalho intelectual realizado pelo aparato cognitivo humano, ou do trabalho humano sobre objetos concretos. Nesse último caso, inclui-se o trabalho de artefatos na produção de artefatos, como o realizado por robôs em uma linha de produção. Robôs, pelo menos no seu atual estágio de desenvolvimento, não têm capacidade criativa,<sup>19</sup> portanto, não ocorre violação da condição que exige a orientação de algum conhecimento aprendido, muito menos da ação racional. Ou seja, robôs são programados para confeccionar objetos artificiais, mas eles somente os materializam porque os humanos aprenderam anteriormente a produzi-los. Em resumo, o *trabalho faz toda diferença entre o natural e o artificial*.<sup>20</sup>

Contudo, os artefatos são o produto final do processo tecnológico. Reconhecidamente, o processo tecnológico é muito complexo para explorá-lo profundamente aqui. Pode-se, para efeito de simplificação, aceitar um modelo linear composto por quatro elementos: a identificação de necessidade, o projeto de uma ou mais soluções possíveis, a construção de uma solução mais promissora e sua avaliação frente à necessidade original [15]. A fim de enriquecer o modelo, agregue-se o requisito clássico de revisão interativa dos componentes, ou seja, não há um aprisionamento rígido à seqüência linear, já que os elementos devem ser revisitados, oferecendo realimentação de informações em cada etapa. Sem pretensão de estabelecer um marco teórico definitivo, as idéias expostas até o momento podem ser sintetizadas justapondo-se os elementos supracitados e a tríade pesquisa-desenvolvimento-produção [11]. A Fig. 1 esboça essa intenção.

Obviamente, essa representação é parcial. Entretanto, ajuda a compreender mais claramente algumas dimensões envolvidas no processo tecnológico. Em primeiro lugar, desmente a hipótese determinista de que o desenvolvimento tecnológico independe de valores humanos e de seus objetivos. Lacey [16] mostrou bastante bem que uma ordem social é marcada pelos valores pessoais que são incorporados predominantemente por

ela, e também pelos valores sociais nela entrelaçados. Portanto, as interações com a natureza (ou artefatos) podem ser circunscritas pelos seus vínculos com uma ordem social. Em consequência, a atitude prática adotada refletirá no modo como a interação com a natureza (ou artefatos) contribui para a ordem desejada e explorará as possibilidades da natureza em relação com aquelas interações que essa ordem admite. Assim, a eleição das necessidades sociais prioritárias estará subordinada aos valores proeminentes naquela sociedade. Isso significa dizer que a natureza é transformada pelo trabalho humano apenas porque há algum valor social associado; por exemplo, o de controle da natureza permeando a ação.

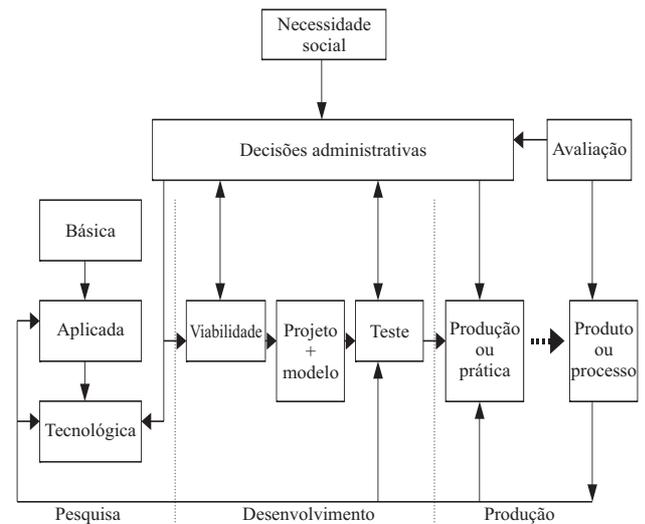


Figura 1 - Processo tecnológico.

Em segundo lugar, enfoca o aspecto organizacional da atividade tecnológica. Uma comunidade de tecnólogos, atualmente, diferente da visão ingênua tradicional, passa longe da figura de um inventor isolado. Ela possui sociedades profissionais específicas e publicações direcionadas, o que garante a sua sistematicidade. Mas, ao contrário da comunidade científica, a circulação de idéias e cooperação internacional (ou mesmo local) são restritas, uma vez que patentes, segredos industriais e militares limitam a circulação do conhecimento e procedimentos tecnológicos [11]. Patentes, segredos industriais e militares têm peso mercadológico, o que impede, pelo menos segundo o modelo econômico global vigente, que sejam compartilhados. Eles possuem um preço, ou, no mínimo, servem para exercer pressão e influência sobre aqueles que não os detêm (veja-se o caso da supremacia militar americana).

Em terceiro lugar, o processo tecnológico possui métodos peculiares. Conforme Bunge [11], trata-se do “reconhecimento e formulação de um problema prático - projeto de uma coisa, estado ou processo para solucionar um problema com alguma aproximação - cons-

<sup>19</sup>Objecções a esta afirmação são encontradas em Gentner e Stevens [14].

<sup>20</sup>Ver Ref. [11], p. 223.

trução de um protótipo (máquina, grupo experimental) - teste - avaliação - revisão do projeto, teste ou problema”.<sup>21</sup> Ademais, configurar um método não redundante em empobrecer a atividade tecnológica, pois ela está em constante mutação; novos problemas exigem por vezes a criação de novas técnicas, ou o empréstimo e adaptação de recursos de campos vizinhos, em particular da ciência. A tecnologia é um domínio em fluxo, logo, seus problemas, produtos e métodos evoluem. Isso sugere ainda que a tecnologia possui um *background* específico (dados, hipóteses e teorias), cujas características podem ser listadas como segue: (a) não se refere à realidade, senão a modelos relativamente idealizados dela; (b) utiliza com mais naturalidade conceitos teóricos como probabilidade; (c) pode absorver informação empírica e enriquecer a experiência fornecendo previsões e retrodições e (d) ser, portanto, contrastável empiricamente, embora não tão rigorosamente quanto às teorias científicas [16]. Verifica-se, portanto, que colocar um satélite em órbita, por exemplo, difere substancialmente do estudo científico das órbitas dos planetas no sistema solar, nem se limita a este conhecimento.

Finalmente, pode-se retornar à distinção entre ciência básica e tecnologia. Para Rosenblueth [18], “a tecnologia não está separada da teoria nem é mera aplicação da ciência pura: tem uma componente criativa particularmente manifesta na pesquisa tecnológica e no planejamento de políticas tecnológicas”.<sup>22</sup> Para esse

autor, as tecnologias são compatíveis com a ciência moderna e controláveis por seus métodos. Utges *et al.* [19] acrescentam ainda que não seria prudente atribuir à ciência a racionalidade na compreensão dos fenômenos naturais e reservar à tecnologia o papel de ciência aplicada puramente empirista. Isso torna insustentável o argumento de que “saber é poder”. Para Bunge [11], hoje em dia os avanços tecnológicos são 70% resultado de pesquisa básica, 20% de pesquisa aplicada e 10% de desenvolvimento. São necessários entre 10 e 30 anos de pesquisa básica para que surja uma inovação tecnológica e, em casos limites, conhecimentos científicos talvez não redundem em aplicações práticas (por exemplo, a teoria das cordas).

Nesse sentido, a ponte entre ciência básica e tecnologia é a ciência aplicada. Alguns resultados da ciência aplicada são diretamente utilizáveis em tecnologia (por exemplo, deposição de filmes em superfícies metálicas); mas ciência aplicada, apenas como ciência básica, encerra-se em conhecimento, não em artefatos. O exemplo a seguir ajudará a entender a diferença entre os campos em questão: estudar o processo geral de aprendizagem significa fazer ciência básica, já quando se intervém no ambiente escolar, a fim de estudar o processo de aprendizagem de um assunto em particular, faz-se ciência aplicada; enquanto o planejamento de um método para o ensino do assunto enquadra-se na tecnologia cognitiva. A Tabela 1 expõe os extremos deste contínuo.

Tabela 1 - Diferenças e similaridades entre ciência e tecnologia (adaptado de Bunge [11, p. 238]).

Característica	Ciência	Tecnologia
Tipo principal de problema	Cognitivo	Prático
Objetivo final	Entender	Fazer
Centrada em	Hipóteses e experimentos	Projetos e programas
Baseada em	Matemática	Matemática e Ciência
Papel da teoria	Guia para o entendimento	Guia para ação
Papel da experimentação	Fonte de dados e teste de idéias	Fonte de dados e teste de projetos e programas
Profundidade	Máxima desejável	Suficiente para propósitos práticos
Impacto social	Sobre o resto da cultura	Sobre toda sociedade
Análise custo/benefício	Freqüentemente não se aplica	Necessária
Papel da descoberta	Central	Central
Papel da invenção	Central	Central
Crítica	Necessária	Necessária

Outros itens poderiam ainda ser arrolados nessa lista. Esses, porém, parecem suficientes e bastam para dar uma idéia do que são e das diferenças e similaridades entre ciência e tecnologia.

Em contraponto aos aspectos teóricos expostos acima e dos processos por que passam os saberes até

chegarem na sala de aula como objetos de ensino, estariam as compreensões dos professores acerca da tecnologia como referência dos saberes escolares, pois em última instância são os responsáveis pelo saber ensinado. Portanto, é fundamental investigar o que eles pensam a respeito, conforme será tratado a seguir.

<sup>21</sup>Ver Ref. [11], p. 236.

<sup>22</sup>Ver Ref. [18], p. 191.

#### 4. Aspectos metodológicos<sup>23</sup>

Para a coleta e análise de dados, optou-se por uma pesquisa com enfoque qualitativo, utilizando-se de entrevistas semi-estruturadas. Essa escolha procura privilegiar as práticas sociais em seu ambiente, exigindo-se do pesquisador um contato mais próximo com o contexto no qual ocorre o fenômeno educacional que se pretende investigar, conforme destaca Triviños [20].

A entrevista semi-estruturada se apresenta como um caminho viável para a coleta e análise de dados, na medida em que permite aos entrevistados a condição de sujeitos da pesquisa e dá a eles a liberdade para expressarem suas opiniões e reflexões a partir de temas propostos pelo pesquisador [21]. Dentro do tema “ensino de tecnologia”, o principal sub-tema das entrevistas foi: a concepção que os professores das disciplinas científicas do nível médio têm em relação à tecnologia como objeto de ensino.

Um dos principais pontos de partida para o questionamento aos entrevistados foi a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB/96), as DCNEM e os PCN e PCN+ para este mesmo nível de ensino. Cabe salientar que este último é praticamente desconhecido dos professores [22]. Esses documentos, conforme já foi discutido, congregam as disciplinas de biologia, física, matemática e química na área das ciências da natureza, matemática e suas tecnologias e propõem estas últimas como objeto de ensino no currículo escolar. Assim, foram elaboradas questões do tipo: a) Como você vê a relação entre a ciência e a tecnologia? b) Como você entende que seria o ensino da ciência e da tecnologia na sala de aula? c) Você procura levar a discussão sobre tecnologia para a sala de aula? Essas foram apenas algumas questões que orientaram as entrevistas, o que não significa que foram feitas exatamente dessa maneira para os professores, pois na pesquisa qualitativa as questões se re-alimentam e vão surgindo novos questionamentos.

Neste trabalho foram utilizadas as entrevistas realizadas com quinze professores, das disciplinas de biologia, física, química e matemática, de duas escolas públicas de grande porte, uma de Florianópolis - SC e outra do Distrito Federal. E, mais quatorze professores de escolas públicas de várias regiões do Brasil (Florianópolis, Cuiabá, Vitória, João Pessoa, Manaus e Brasília), por oportunidade, durante seis seminários realizados pelo MEC para discutir os PCN, no ano de 2004, que contou com a participação de docentes atuantes em sala de aula no Ensino Médio.

#### 5. Discussão dos resultados

Buscou-se expor aqui a opinião e/ou a concepção dos professores sobre a inclusão das tecnologias como

conteúdos de ensino no nível médio, associadas às disciplinas científicas, bem como suas compreensões acerca da tecnologia e sua articulação com a ciência. Para isso, são apresentados os aspectos mais relevantes que servirão para elaborar um cenário em relação ao tema investigado, considerando-se que nos últimos anos tem-se falado muito em Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) e no movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), os quais serão retomados sob alguns aspectos no item final.

##### 5.1. A tecnologia como recurso instrucional

Uma primeira verificação possível é a redução da tecnologia ao uso da informática na sala de aula, não como objeto de ensino, mas como instrumento de ensino, conforme se observa nas falas abaixo:

Temos aqui uma sala com informática, onde tem também uns programinhas que o aluno vai acessando e avançando no conteúdo. Tudo isso soma. Eu acho que os alunos hoje estão mais ligados nesse meio e têm acesso rápido, a mecânica do funcionamento deles é prática, alguma coisa é familiar para alguns deles e, para outros, que não é familiar, vão se adaptando até por curiosidade. (P1 - Química)

A minha impressão é a melhor possível, porque como a gente está, digamos assim, evoluindo cientificamente e tecnologicamente, até agora é uma fase de transição, não da tecnologia, mas sim da educação, está sendo voltada mais para a ciência e tecnologia, então está passando, por exemplo, pela informática. Formação na informática para os alunos seria muito bom. (P3 - Física)

Nós temos 15 computadores, para uma escola com quase dois mil alunos, então a gente tenta, dentro da possibilidade, colocar uma turma de alunos ali para fazer uma pesquisa. (P27 - Química)

As declarações sugerem uma estreita relação entre a tecnologia e o uso de aparatos tecnológicos em sala de aula, mais precisamente a informática. O professor P1 destaca que as atividades com o uso do computador envolvem os alunos, mesmo que seja pela curiosidade. Entretanto, percebe-se que não houve mudanças relacionadas aos conteúdos ou às práticas, pois há apenas uma variação pontual apoiada mais na novidade do que em reorientações didático-pedagógicas. Todas as declarações reduzem a tecnologia ao uso de instrumentos tecnológicos, sem os explorar como objeto

<sup>23</sup>A parte empírica deste trabalho, bem como algumas considerações iniciais, foi apresentada no X EPEF, Londrina, 2006.

de ensino. Isso implica, entre outras coisas, dificuldades como a apontada por P27, já que as escolas têm carência de equipamentos suficientes para atender ao grande número de alunos. Essa visão parcial do que seja a presença da tecnologia no currículo escolar pode levar ao seu abandono. Uma outra concepção a respeito da tecnologia é o uso de meios audiovisuais, conforme declaram:

E aí eu penso que uma sala de aula tem que ter vídeo, computador e uma televisão grande para que o aluno manuseie e tenha acesso a conhecimentos imediatos, mas não tem, essa sala não existe aqui. (P2 - Química)

A tecnologia que a gente usa aqui é o vídeo, a televisão e o retroprojeto, esses tipos... e o projetor de slides. É a tecnologia que nós usamos aqui. É uma tecnologia ultrapassada. (P14 - Física)

No vídeo aqui no laboratório nós já trabalhamos. Eu passo algumas fitas aí, eu passo uma fita de dez minutos, minha aula é de quarenta e eu aproveito o restante no quadro, repasso o conteúdo, reforço. (P1 - Química)

Mais uma vez a tecnologia é entendida como mera utilização de aparatos, como vídeo, retroprojeto e outros. Complementarmente, estudos têm mostrado a relação entre a utilização desses aparatos em função do estímulo recebido durante a formação inicial, por exemplo, de licenciandos em física [23]. Porém, tais recursos são utilizados para se trabalhar com os conteúdos disciplinares e não como fonte de discussão sobre a tecnologia, como se poderia fazer com algum vídeo sobre os avanços tecnológicos, por exemplo. Na expectativa de atrair os alunos tais meios são utilizados, mas não refletem mudanças sensíveis. Busca-se sair do ambiente tradicional das aulas, relacionado frequentemente como tedioso, cansativo, de pouco interesse dos alunos, mas a pertinência dos conteúdos escolares não é questionada pelo professor. Há uma tentativa de encontrar novos meios para transmitir as mesmas informações. No entanto, alguns professores observam que há certas limitações no uso que fazem desses recursos, em especial o computador:

O computador também é [tecnologia] e se pretende utilizar o computador como instrumento de tecnologia, mas em sala de aula é mais complicado isso. Por exemplo, a gente cita a tecnologia de semicondutores. Por exemplo, quando se fala de eletricidade, a gente fala sobre hidrelétrica, quando se

fala de energia e assim por diante. Mas, do ponto de vista teórico, porque do ponto de vista da prática [usa], às vezes, um filme ou coisa assim. (P14 - Física)

O nosso colégio tem um setor de informática e tem algumas aulas prontas que o professor pode levar os seus alunos para trabalhar direto com o computador, mas poderia ter [alguma] coisa além disso. (P10 - Matemática)

Na primeira fala já começa a haver uma visão além do uso apenas do computador, aparecem assuntos ligados à tecnologia, como os semicondutores e as hidrelétricas. O professor P14 destaca ainda que tais assuntos são discutidos teoricamente ou com o auxílio de imagens, como vídeo, por exemplo. Permanece, no entanto, a mera informação genérica sobre o tema, mais como curiosidade ou ilustração. P10 assume que o recurso da informática na aprendizagem poderia ser mais explorado, uma vez que, freqüentemente, não muda muito em relação à abordagem dada na sala de aula. Isso pode estar associado ao desejo de tirar os alunos da sala de aula, mas essas mudanças nem sempre constituem aprendizagens significativas, pois as construções didáticas permanecem igualmente distantes dos referenciais dos alunos, além do risco em confundir a simulação realizada no computador com o fenômeno ou o real.

## 5.2. A tecnologia como ciência aplicada

Uma outra concepção em relação à tecnologia é o *status* a ela atribuído frente à ciência. As declarações abaixo ilustram essa visão:

A física aplicada à tecnologia, certo? Esquecer o substrato da física e trabalhar com a parte aplicada dela. É isso? Pois é, é aquela história, a física é uma ciência básica. Acho que é uma ciência que pesquisa, que procura explicar fenômenos e tudo mais. Eventualmente, por explicar fenômenos, é que ela conseguiu fazer tecnologias. A tecnologia usou a física para se desenvolver; a tecnologia surgiu depois da física. É claro que para motivação do aluno eu acho que é interessante, mas não se esquecer a ciência básica que ela continua sendo, [se não] vira uma engenharia. (P5 - Física)

Dei todos os conceitos para trabalhar com o chuveiro e a lâmpada, a resistência, o conceito de resistência, fatores que influenciam na resistência usando o chuveiro elétrico e a lâmpada. Aí parece que não é algo tecnológico. Mas eu falo, assim, não é uma tecnologia tão avançada, mas eu vejo isso

como algo que é uma evolução tecnológica.  
(P13 - Física)

Principalmente na primeira fala, fica clara a idéia da tecnologia como aplicação da ciência, em particular a física. Além disso, assume-se a visão de que a ciência sempre precede a tecnologia, o que não é historicamente verdadeiro; basta lembrar das máquinas térmicas, das máquinas elétricas e das bombas de vácuo. Outros exemplos, como a invenção do telescópio e do microscópio, evidenciam a precedência de instrumentos tecnológicos que nascem de uma necessidade científica. Outra concepção presente na fala do professor P5 é o uso da tecnologia como mera motivação para os alunos e não como objeto de discussão e/ou ensino. Ocorre, todavia, que os conceitos físicos trabalhados na sala de aula, pouco ou nada têm a ver com a tecnologia que os “motivou”. Além do mais, é corrente no nível médio o ensino apenas dos produtos científicos, ou seja, transmite-se uma visão de ciência pronta e final, sem mencionar o processo de investigação científica e seus aspectos históricos, culturais e sociais.

Na declaração de P13 começa a haver um questionamento se os aparatos mencionados são ou não tecnologia. Talvez esteja implícita a intenção de aproximar os conteúdos escolares do dia a dia do aluno. Uma outra declaração associa a tecnologia às necessidades humanas:

(...)nenhum processo físico, um invento novo vai para a sociedade sem haver uma necessidade que a própria sociedade colocou. Por exemplo, ninguém inventou a geladeira porque o cara quis inventar a geladeira. A sociedade cobrou dele. Por mais que ele tenha lá guardado lá dentro, mas ele vai pegar aquele material dele e colocar nessa situação. (P18 - Física)

Aqui também está presente a concepção de tecnologia como aplicação da ciência. Mas, entram em cena fatores externos, ou sociais, que movem os avanços tecnológicos e científicos. Entretanto, seria necessária uma discussão mais extensa acerca do empreendimento científico, pois fatores internos à ciência também são os motores de avanços científicos e interferem no seu conteúdo, o que não ocorre com os parâmetros externos, ao menos quando se pretende evitar uma posição relativista. Não que isso signifique atribuir uma neutralidade à construção da ciência, mas seria pertinente diferenciar o processo da elaboração das teorias científicas e o produto dele advindo. Outra questão que passa despercebida é o fato de que cada vez mais há criações tecnológicas que alimentam principalmente o consumo e, secundariamente, se o fazem, suprem as necessidades humanas. Veja-se, por exemplo, os sucessivos modelos de telefones celulares.

### 5.3. Dificuldades e iniciativas

Outras declarações expressam algumas dificuldades para se ensinar tecnologia, conforme ilustram as falas a seguir:

Um dos grandes problemas que nós temos, nós professores, é fazer com que a gente dê um conteúdo contemporaneizado e atualizado. É um grande problema nosso. Eu sinto que quando os alunos não querem [nada] com a aula, às vezes, é porque a gente não consegue chamar a atenção deles em determinados temas. Então, ele fica disperso. (P14 - Física)

Não está tendo essa abordagem, a gente não aborda a tecnologia. Primeiro, porque a tecnologia em química não é uma coisa fácil, não é uma coisa acessível, e na química hoje, no ensino de química da escola pública, com duas aulas por semana, a gente fica muito no básico, nos conceitos fundamentais. (P15 - Química)

A primeira fala talvez identifique uma das razões em se utilizar a tecnologia para chamar a atenção do aluno, ou de utilizar a informática. No entanto, conforme já foi discutido anteriormente, não basta mudar de ambiente ou de estratégia para o ensino de assuntos envelhecidos didaticamente. Além da revisão das práticas educacionais, os conteúdos ensinados precisam ser repensados. Isso se aplica também para a segunda declaração. Curioso verificar que P15 entende que a química está distante da tecnologia, quando há uma indústria química fortemente associada a problemas ambientais, alimentares, a produtos de beleza e farmacêuticos, para citar apenas alguns exemplos. Esses temas seriam excelentes oportunidades para atualizar os saberes escolares, cuja necessidade ressaltou P14.

Entretanto, algumas inovações começam a aparecer nas aulas, segundo destacam as declarações a seguir:

(...) eu levo disquete, eu levo CD, o funcionamento, para que serve, alguns equipamentos de rádio, mas é uma coisa minha, pessoal. Eu discuto com os alunos o funcionamento, o que é informática, o que é o computador, para que serve, o que é uma placa mãe, um pouco de conhecimento que eu adquiri nesse tempo. Eu discuto com os alunos, mas eles não têm acesso ao computador, à prática da tecnologia em informática. (P25 - Física)

(...) quando você começa a trabalhar o conteúdo de ondas e começa a falar que dentro da sala de aula tem uma quantidade grande de ondas passando por ali, rádio,

televisão, celular e tudo mais, então você começa a dar sentido para aquilo. [é melhor] do que você simplesmente colocar uma equação e começar a trabalhar. Então isso ajuda bastante. (P26 - Física)

As inovações ainda são tímidas, na medida em que servem mais como ilustração ou exemplos de aplicação. A tecnologia não assumiu o *status* de conteúdo escolar. Ocorre, muitas vezes, que a tecnologia serve como uma justificativa para o ensino da ciência, pois os alunos frequentemente questionam a pertinência de se aprender tais assuntos. De outra parte, é comum que após o estímulo inicial, a prática se volta para os mesmos conteúdos específicos que nada, ou muito pouco, têm a ver com a tecnologia inicialmente associada a eles. Todavia, são louváveis iniciativas que procuram trazer para a sala de aula algo novo, na medida em que podem induzir uma revisão dos programas e práticas escolares, oferecendo aos alunos a oportunidade de questionar e investigar. Estas sim, seriam habilidades caras ao ensino das ciências.

Alguns professores reconhecem suas dificuldades em trazer para a escola a tecnologia e apontam a formação como um dos principais problemas, conforme declaram:

Você pode trazer para a sala de aula como funciona o raio-X, o que aconteceu, como é que o cara chegou ali, porque é que começou a estudar. Essas coisas eu acho importante, um tema muito importante e eu acho possível de se fazer na sala de aula. Mas, a gente recai naquela questão crucial que é a formação do professor. (P20 - Física)

Eu vejo primeiro como um desafio ao professor. A maior dificuldade que eu vejo, assim, da inserção da ciência e da tecnologia nas aulas de Física, eu vejo mais a dificuldade pelo professor. Seja pela formação, seja pelo não acesso às revistas, até mesmo Internet. Tem muitos professores que ainda não têm computador. (P21 - Física)

Mas, a gente não tem como mostrar para ele como a Física passa daquele conteúdo que ele viu em sala para os avanços tecnológicos que tem. (P27 - Química)

A formação do professor, inicial e continuada, ainda permanece sendo um problema a ser enfrentado com seriedade, principalmente a última, pois não se pode deixar apenas aos novos professores a responsabilidade de modernizar a escola e torná-la compatível com a sociedade contemporânea, em consonância com os anseios pessoais e coletivos dos alunos. De outra parte, o ponto de partida para inovações não deveria ser unilateral,

ou seja, não seria uma boa estratégia esperar passivamente que as coisas aconteçam. As ações teriam que partir também, talvez principalmente, dos professores. Estes que deveriam assumir-se como protagonistas do processo de ensino. Por outro lado, reconhecidamente as dificuldades profissionais são grandes. Melhorias nas condições de trabalho e mudanças didático-pedagógicas poderiam seguir paralelamente, não sendo necessário, obrigatoriamente, que uma preceda a outra.

Em relação à formação inicial, a última fala expressa bem o problema, pois as licenciaturas parecem não estar habilitando os futuros professores para o ensino das disciplinas científicas mais próximo da atualidade. Isso se torna mais claro não apenas nas declarações utilizadas aqui para ilustrar o cenário atual, mas principalmente nas dificuldades enfrentadas pelos entrevistados para falar sobre o tema. Nenhum dos entrevistados da área de biologia, por exemplo, relacionou sua disciplina com as pesquisas atuais em clonagem, melhoramento genético de sementes, agronegócios e outros. Foram mais comuns respostas que afirmavam a inexistência de relação com os conteúdos escolares e as tecnologias sem, contudo, haver um questionamento acerca de sua atualização. A dificuldade em abordar o tema já seria um indício da necessidade de sua discussão nos meios educacionais. Assim, não se pode atribuir a maior parcela da culpa apenas ao professor.

## 6. Considerações finais

Conforme foi discutido anteriormente, uma possibilidade de distinção entre a ciência e a tecnologia estaria na intencionalidade que sustenta seus desenvolvimentos. Enquanto a tecnologia se associa a uma funcionalidade e a uma utilidade, a ciência se apóia em pretensões menos imediatas. A isso se soma o fato de que em alguns períodos históricos os inventos tecnológicos precederam ou caminharam paralelamente à ciência. Atualmente, fica ainda mais difícil separar nitidamente os avanços científicos dos tecnológicos, bem como suas precedências, basta para isso recorrer a exemplos como aceleradores de partículas e a clonagem, além do aparecimento de novas especialidades científico-tecnológicas.

Todavia, cabe questionar os objetivos que se espera atingir com a adoção da tecnologia como objeto de ensino. Uma abordagem possível seria tratar da explicação dos aparatos tecnológicos, seu funcionamento, os conhecimentos científicos envolvidos e informações técnicas que pudessem orientar a tomada de decisões, bem como o projeto e construção de artefatos [15, 19, 24]. Outra alternativa seria trazer para a escola saberes que têm suas origens nas tecnologias, como os sistemas complexos de controle e a necessidade de planejamento e projetos, conforme sugere Cajas [25], com destaque para o fato de que qualquer planejamento ou projeto exige fazer escolhas, privilegiar algumas coisas e sacrificar outras, implicando aspectos racionais, organizacio-

nais e criativos.

O que se pretende no período da educação básica não é formar alunos técnicos em alguma coisa, mas um sujeito que saiba encarar a tecnologia com responsabilidade e com senso crítico, superando inclusive a falsa necessidade de consumo que o mundo moderno parece impor às pessoas. Para isso uma reflexão filosófica acerca da tecnologia pode ser de grande ajuda, conforme ressalta Cupani [26].

Ainda centrado em reflexões anteriores, não é exagero dizer que qualquer tentativa de extrapolação para um cenário mais amplo do que o pesquisado implica correr riscos. No entanto, foi possível observar entre os entrevistados que ao mesmo tempo em que a tecnologia como objeto de ensino parece ser pertinente na sociedade contemporânea, sua implementação em sala de aula não tem se mostrado fácil, por vários problemas, alguns dos quais já mencionados. Verifica-se que mesmo a compreensão da tecnologia, para além de ilustração complementar aos conteúdos clássicos ou da utilização de produtos tecnológicos, é pouco clara.

Talvez um dos obstáculos para a superação desse estado adentra em um campo amplamente discutido, apesar de pouco pesquisado quanto as suas prerrogativas teóricas e aos seus objetivos educacionais: a divulgação científica. Os defensores da divulgação científica apoiam-se, em parte, na necessidade de levar os mais recentes resultados da ciência e da tecnologia até a população leiga, a fim de que esta esteja esclarecida acerca dos acontecimentos sociais significativos que envolvam aspectos científicos e tecnológicos e possa, dessa maneira, emitir juízo de valores e tomar decisões.

Essa, de fato, é uma expectativa para a qual não se tem a garantia de sucesso. O objetivo é nobre, mas a premissa pode ser falsa. Ou seja, ainda não há uma cultura científica permeando os interesses populares. Pode-se, ao contrário, verificar mais riscos que benefícios em uma divulgação científica pouco cuidadosa, na medida em que tal empreendimento por vezes se reduz a uma semicultura e a uma visão mítica da ciência e da tecnologia. A imaginação popular é fértil para derivar daí os mais variados produtos com forte apelo mercadológico, os quais pouco ou nada esclarecem a respeito da ciência e da tecnologia e seus processos [27].

A fim de reforçar as considerações precedentes, poder-se-ia facilitar a solução da problemática apresentada recorrendo à função tradicional da escola de prover os indivíduos da capacidade de relacionar-se com o mundo que os cerca. Assim, já que a tecnologia se faz presente no dia a dia de praticamente todas as pessoas, mesmo que não a percebam, estaria resguardado o direito de tratá-la como objeto de ensino na escola. No entanto, apegar-se a tal simplicidade esconderia grandes dificuldades, pois todos os elementos aqui invocados implicam a revisão das referências dos saberes escolares e dos objetivos educacionais, em especial das discipli-

nas científicas, incluindo não apenas a modernização de conteúdos, mas também a reorientação das práticas docentes; tarefas bastante árduas que carecem da reflexão adequada sobre as questões levantadas e debatidas.

Aliado a isso, a escola também enfrenta uma crise, conforme destaca Perrenoud [28], na medida em que os alunos não vêem o sucesso escolar como uma garantia de proteção contra as dificuldades que esperam encontrar depois dela. Nesse sentido, a escola se afasta da realidade vivida pelos alunos e a pertinência dos conteúdos escolares é questionada. Para que serve isso que eu estou aprendendo? Essa é uma questão comum nas salas de aula e constitui uma explícita manifestação dos alunos em relação ao que pensam sobre os conteúdos escolares. Paradoxalmente, a resposta a essa pergunta não é tão simples.

Respostas como *por que cai no vestibular!* não são mais suficientes. Isso se torna mais verdadeiro quando se trata das disciplinas científicas, as quais parecem ter maior desaprovção dos alunos. Nesse caso surgem, por exemplo, respostas do tipo: você tem que aprender física porque estamos em um ambiente cercado por tecnologias e você precisa entender esse mundo. No entanto, a física apresentada na escola, tem nada ou muito pouco a ver com as tais tecnologias. Estas acabam servindo para justificar o ensino das disciplinas científicas, seja pela sua presença cada vez maior no dia a dia, seja como campo de aplicação da ciência.

Tais justificativas, na maioria das vezes, acabam por não serem sustentadas pelas escolhas didáticas feitas e revelam algumas concepções e representações sociais correntes nas práticas docentes. Uma delas é atribuir à tecnologia um papel secundário em relação à ciência. Outra é confundir a ciência com o seu ensino, pois a necessidade de pesquisas científicas e conseqüentes avanços tecnológicos podem justificar a ciência, mas não necessariamente sustentam o ensino desta na escola, já que não são a mesma coisa, embora estejam relacionadas.

Além do mais, tais discussões assumem maior importância quando se pretende universalizar a escola básica, como é o caso do sistema educacional brasileiro nos últimos anos. Sabe-se, todavia, que a ampliação do acesso à educação formal não veio acompanhado de qualidade. Além disso, verifica-se nos documentos oficiais, DCNEM e PCN, uma preocupação em privilegiar o conhecimento científico e tecnológico, associada, freqüentemente, com habilidades básicas para a empregabilidade. Nesse sentido, os aspectos científicos e tecnológicos ganham força, mas com outras finalidades, para além do mero acúmulo de informações. O que se pretende aqui é que esses conhecimentos sejam incorporados criticamente de maneira a constituir-se como cultura esclarecida. Desse modo, não apenas os conteúdos escolares estão à prova, mas também as práticas docentes.

Espera-se, finalmente, que as questões aqui levanta-

das contribuam para novas investidas na compreensão da tecnologia como referência dos saberes a serem ensinados na escola, para além da simples ilustração ou para, equivocadamente, justificar um ensino de ciência que serve apenas àqueles que terão a chance de prosseguir nos estudos. Caso contrário, arrisca-se a tomar novamente os saberes escolares a partir de uma referência estática, amorfa; tornando a tecnologia um objeto tão reificado quanto a ciência escolar atual, que na compreensão docente vigente, presumidamente, ela veio socorrer.

## Referências

- [1] Brasil, *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* (MEC-SEMTEC, Brasília, 2002).
- [2] G. Fourez, *Investigações em Ensino de Ciências* **8**, 2 (2003).
- [3] G. Fourez, *Alfabetización Científica y Tecnológica: acerca de las Finalidades de la Enseñanza de las Ciencias* (Ediciones Colihue, Buenos Aires, 1997).
- [4] Y. Chevallard, *La Transposición Didáctica: del Saber Sabio al Saber Enseñado* (Aique Grupo Editor S.A., Buenos Aires, 1991).
- [5] G. Fourez, *Compétences, Contents, Capacities et Autres Casse-Têtes* (1999). Disponível em [www.sciences.fundp.ac.be/scphilosoc/cethes/stliteracySSS.html](http://www.sciences.fundp.ac.be/scphilosoc/cethes/stliteracySSS.html). Acesso em 8/2/2004.
- [6] M. Caillot, in *Au-delà des Didactiques, le Didactique: Débats Autour de Concepts Fédérateurs*, editado por C. Raïsky e M. Caillot (De Boeck & Larcier S.A., Bruxelles, 1996).
- [7] E.C. Ricardo, *Competências, Interdisciplinaridade e Contextualização: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma Compreensão para o Ensino das Ciências*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.
- [8] J.L. Martinand, *Connaître et Transformer la Matière: Des Objectifs pour l'Initiation aux Sciences et Techniques* (Editions Peter Lang S.A., Berne, 1986).
- [9] J.L. Martinand, *Investigações em Ensino de Ciências* **8**, 2 (2003).
- [10] J.L. Martinand and A. Durey, in *La Transposition Didactique à l'Épreuve*, editado por G. Arsac, Y. Chevallard, J. Martinand, A. Tiberghien *et al.* (La Pensée Sauvage, Paris, 1994).
- [11] M. Bunge, *Treatise on Basic Philosophy* (Dordrecht, Reidel, 1985), v. 7.
- [12] M. Bunge, *Epistemologia* (T.A. Queiros/Edusp, São Paulo, 1980).
- [13] J.F. Custódio, E.C. Ricardo, M.F. Rezende Junior e J. Pinho Alves, in *Atas do VI Congreso Latinoamericano de Historia de la Ciencia y la Tecnología* (Buenos Aires, 2004).
- [14] D. Gentner and A. Stevens, *Mental Models* (Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1983).
- [15] J. Gilbert, *International Journal of Science Education* **14**, 5 (1992).
- [16] H. Lacey, *Valores e Atividade Científica* (Discurso Editorial, São Paulo, 1998).
- [17] M. Bunge, *La Investigación Científica: su Estrategia y su Filosofía* (Editorial Ariel, Barcelona, 1989).
- [18] E. Rosenblueth, in *Epistemologia*, editado por M. Bunge (T.A. Queiros/Edusp, São Paulo, 1980).
- [19] G. Utges, P. Fernández, A. Jardon. *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **13**, 2 (1996).
- [20] A.N.S. Triviños. *Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: A Pesquisa Qualitativa em Educação* (Atlas, São Paulo, 1987).
- [21] R.J. Richardson. *Pesquisa Social: Métodos e Técnicas* (Atlas, São Paulo, 1985).
- [22] E.C. Ricardo e A. Zylberstajn, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **19**, 13 (2002).
- [23] M.F. Rezende Junior e F.F. Souza Cruz, in *Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências* (Bauru, 2005). Editado pela ABRAPEC - R. Nardi e O. Borges.
- [24] J.C. Lacerda Neto e D. Silva, in *Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física* (Águas de Lindóia, 2002). Editado pela SBF - D.M. Viana, L.O.Q. Peduzzi, O.N. Borges, R. Nardi.
- [25] F. Cajas, *Enseñanza de las Ciencias* **19**, 2 (2001).
- [26] A. Cupani, *Scientiae Studia* **2**, 4 (2004).
- [27] J.F. Custódio e E.C. Ricardo, in *Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências* (Bauru, 2003). Editado pela ABRAPEC - M.A. Moreira.
- [28] P. Perrenoud, *Construir as Competências desde a Escola* (Artes Médicas Sul, Porto Alegre, 1999).