

A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA PELOS ARTEFATOS TECNOLÓGICOS

SCIENTIFIC EDUCATION BY TECHNOLOGICAL ARTIFACTS

Marcos Pires Leodoro

Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo (CEFET-SP), mpleo@uol.com.br

Resumo

Este trabalho propõe abordar os objetos industrializados como instrumentos pedagógicos da educação científica, colocando em evidência as relações entre conhecimento, inventividade, o imaginário e a realidade científica e tecnológica da sociedade contemporânea.

Palavras-chave: tecnociência, sociedade de consumo, educação científica.

Abstract

The proposal of this work is to tackle the industrialized objects as pedagogical instruments of scientific education, emphasizing the relations amongst knowledge, inventiveness, the scientific and technological imaginary and reality of contemporary society.

Keywords: scientific and technological society, consumer society, scientific education.

As conquistas práticas da ciência tendem a obliterar a sua verdadeira importância.

Schrödinger

APRESENTAÇÃO

A atual legislação educacional brasileira, em especial as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), tem como um dos seus pressupostos a abordagem das relações entre as ciências naturais, o desenvolvimento tecnológico e os processos de produção na sociedade contemporânea dando ênfase à dependência desses últimos em relação aos primeiros. Ao caracterizar a contextualização dos conteúdos curriculares, as *Diretrizes* mencionam o trabalho como uma situação próxima aos alunos e, desse modo, potencialmente significativa dos conhecimentos. No entanto, parece ser a tônica dos documentos oficiais, conforme assinalou Lopes (2004), a vinculação da educação ao processo formativo voltado à *inserção* dos sujeitos no sistema produtivo vigente e em conformidade às demandas deste. Não há, portanto, indicações mais específicas acerca da interdependência recíproca entre os sistemas produtivos, a organização do empreendimento científico e o desenvolvimento tecnológico e, conseqüentemente, a problematização da característica de alienação que o trabalho tem adquirido nas sociedades industrializadas, em parte favorecida pelo processo de aplicação de princípios

científicos e tecnológicos à produção visando a otimização dos resultados econômicos, o controle político dos trabalhadores e a expansão nos níveis de consumo das mercadorias.

No âmbito da organização curricular das ciências da natureza e matemática, por intermédio dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), as relações entre ciência, tecnologia e sistemas produtivos assumem abordagens diversificadas, mas conservam as orientações de uma política educacional voltada à *performatividade*, ou seja, “o desempenho [do aluno] é a medida da produtividade, do resultado” (LOPES, 2004, p. 63). Os *Parâmetros* operacionalizam essa política por meio da proposta de um currículo com enfoque *instrumental* baseado numa hibridização de conteúdos, competências e habilidades a serem desenvolvidos na educação científica.

Particularmente, o documento dos *Parâmetros* sobre o currículo de física tem um foco na contextualização tecnológica da ciência especificando como uma das competências e habilidades a serem desenvolvidas “compreender a física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o ‘como funciona’ de aparelhos” (BRASIL, 1999, v. 3, p. 61). Vale ressaltar que juntamente com essa perspectiva de contextualização tecnológica, os autores daquele documento ressaltaram a existência de um ciclo dinâmico entre as dimensões conceitual/universal e local/aplicada do ensino de física e, portanto, não desconsideraram o ideal científico da universalidade do conhecimento manifestado pela formulação dos princípios e leis que devem ser abordados na educação científica.

Com respeito às relações entre ciência e os sistemas produtivos, o documento dos *Parâmetros* sobre o currículo de física especifica como competências e habilidades relacionadas à contextualização sócio-cultural dessa área de conhecimento “reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico” (BRASIL, 1999, v. 3, p. 61). Ainda assim, não há um maior detalhamento quanto à natureza da “relação dinâmica” referida. O teor do documento tende a ressaltar o caráter de *positividade* e utilidade da ciência fortemente vinculado ao desenvolvimento tecnológico e, desse modo, fragiliza o entendimento da sua dimensão teórica e, sobretudo, da sua natureza cultural e histórica.

Diante desse quadro e, de modo a contribuir para a efetivação de um tratamento crítico da ciência no ensino de física, apresento uma proposta de educação científica que tem a “materialidade” da sociedade industrial como instrumento de abordagem da *tecnociência*¹, essa última entendida como a confluência entre a ciência e a tecnologia na vida cotidiana, ambas empregadas na produção industrial dos artefatos contemporâneos. E, ainda, constituindo uma “visão de mundo” extensiva ao conjunto de toda a sociedade, sendo ao mesmo tempo subsidiária e emergente dessa realidade instituída. Tenho a intenção, com esse tratamento, de promover o protagonismo dos alunos com respeito às relações entre ciência e sociedade e a apreensão crítica da interdependência entre ciência, tecnologia e sistemas produtivos no contexto da vida contemporânea.

DO OBJETO AO ARTEFATO

A materialidade a que me referi anteriormente estará circunscrita ao objeto, entendido como um “mediador social”. Conforme a análise sociológica de Moles (1981, p. 16-19):

¹ Oliveira (2002) ressalta que a utilização do termo “tecnociência” não pressupõe uma indiferenciação metodológica e epistemológica entre ciência e tecnologia. As origens históricas de ambas constituem processos distintos, ainda que cada vez mais convergente. Também não se deve assumir a idéia de senso comum relativa à causalidade entre os avanços científicos e tecnológicos implicando na dependência da tecnologia com relação à ciência.

O objeto, mediador funcional, torna-se melhor ainda, o verdadeiro testemunho da existência de uma sociedade (industrial) na esfera pessoal. (...) São eles testemunhos da existência industrial e tecnológica de outros seres humanos, construtores ou fornecedores de supermercados, planejadores visuais e operários longínquos e anônimos, cuja existência e situação exata no processo de fabricação é, ao contrário do artesão das épocas pré-industriais, indeterminada (...) ou mesmo duvidosa.

Assim, a idéia de objetos a qual nos referimos comporta um contexto histórico e social, efetivamente, o que nos interessa. O sentido de *objectum*, ou a coisa existente fora de nós, é uma referência importante ao termo, mas caracterizaremos o objeto, como um elemento do mundo fabricado pelo homem da civilização industrial. Ele é objeto industrial. Como tal, comporta uma série de referências: é artificial, massificado, mercadoria.

A concepção do objeto como mediador social coaduna-se com a concepção vygotskiana dos artefatos mediadores culturais, pois os mesmos constituem um campo semântico atrelado ao contexto de uma determinada atividade humana (COLE apud DANIELS, 2003). Assim, um artefato distingue-se de um objeto físico bruto pelo fato de portar um significado que não se circunscreve à sua natureza física, mas reside na intenção que à ele foi atribuída de uso para propósitos humanos.

No contexto da sociedade capitalista, o objeto é uma mercadoria que seduz e pode prestar-se à alienação. Ele é um importante elemento de análise da cultura material², pois fecha o circuito da dominação econômica, por meio de uma determinação ideológica. Foi essa, a abordagem marxista, conhecida como o “fetichismo da mercadoria”. Para Marx (apud PESAVENTO, 1997, p. 21), a mercadoria tem o propósito de:

(...) encobrir as características sociais do próprio trabalho dos homens, apresentando-as como características materiais e propriedades sociais inerentes aos produtos do trabalho; por ocultar, portanto, a relação social entre os trabalhos individuais como relação social existente à margem deles, entre os produtos do seu próprio trabalho.

Com a instauração do sistema de fábrica, o trabalhador perde o domínio sobre o produto que fabrica. Transformado em mercadoria, o produto do trabalho já não é reconhecido como tal, ao contrário, tem o poder de dissimular as relações que alimentam o circuito da produção. Desse modo “enquanto as coisas são animizadas e personificadas, o produtor se coisifica”³.

Sobretudo nos espaços urbanizados e, progressivamente, estendendo-se para todo o planeta, o homem passa a travar uma relação com o ambiente e com as outras pessoas, cada vez mais, por meio de objetos artificiais. O modelo de pesquisa científica da natureza, mediante os instrumentos artificiais, expande-se para o cotidiano das sociedades industrializadas, na forma da interação social via produtos industrializados. Essa realidade acelera-se, à medida que vai se constituindo um vazio em torno dos indivíduos, necessitando ser preenchido, cada vez mais, por mercadorias. Numa referência à obra, *Sociologia da Vida Cotidiana*, de Lefebvre, escreve Moles (1981, p. 11):

² O termo “material”, na expressão “cultura material”, corresponde a uma interpretação marxista da cultura, pois utiliza os fenômenos infra-estruturais como uma causalidade heurística dos fatos culturais. Os aspectos materiais da cultura são mais explicativos dessa mesma cultura que os seus aspectos menos materiais. Daí, um segundo sentido para o termo “material”: o apego aos objetos concretos e o estudo das suas características, tais como dimensões, forma, matéria, incluindo a suposição indireta dos seus modos de fabricação, simultaneamente à sua procedência.

³ Gorender, J. na apresentação de *O Capital* V.1 Tomo I de Karl Marx. São Paulo: Nova Cultural, 1985.

(...) como resultado da reificação tecnológica das relações sociais, esvaziada de seu conteúdo humano, o homem sentirá a tendência a preencher este vazio por uma revalorização dos elementos ditos “materiais” do seu ambiente.

A esse modo marcadamente burguês de sociedade do final do século XIX, na qual a posse do objeto é um correlato do domínio pessoal e imaginário sobre o mundo, desenvolve-se uma atitude de consumo acelerado dos objetos. Os princípios estéticos dominantes nessa sociedade passam a ser a cópia e o simulacro, configurando uma civilização que “produz para consumir e cria para produzir, em um ciclo cultural onde a noção fundamental é a da aceleração” (MOLES, 1994, p. 20-21).

Enquanto a Ciência Moderna propôs a dominação da natureza, por meio de instrumentos artificiais e para o bem-estar do homem, a sociedade do consumo acena aos seus membros com a promessa da “felicidade”, obtida pela posse dos objetos. Para garantir o que se prometia, sem comprometer o ideal de uma civilização baseada na racionalidade científica, foi necessário dissimular os apelos subjetivos da mercadoria.

Baudrillard (1997) refere-se ao caráter pseudofuncional dos objetos de consumo. Há, segundo ele, uma profusão de objetos sem uso prático ou definido, sem que tais características estejam claramente assumidas. Eles se destinam, na realidade, à satisfação de atributos imaginários, relativos às nossas necessidades de domínio e controle sobre o mundo. De acordo com Baudrillard (1997, p. 124-125):

A ninharia que serve para extirpar eletricamente os caroços das frutas ou o novo acessório de aspirador para limpar a parte superior do armário, talvez não sejam essencialmente muito práticos, o que satisfazem é a crença de que para qualquer necessidade há um executivo possível no âmbito da máquina- que qualquer problema prático (e mesmo psicológico) pode ser previsto e resolvido antecipadamente por meio de um objeto técnico, racional, adaptado, absolutamente adaptado- mas a quê? Tanto faz. O essencial é que o mundo seja dado como “operado” por antecipação.

Pertencem a tal categoria de objetos, responsáveis pela vivência alegórica da funcionalidade no interior da sociedade tecnocientífica, os chamados *gadgets* (do inglês, “*a mechanical contrivance or device*”) ou, “dispositivos mecânicos engenhosos destinados a satisfazer certas pequenas funções particulares da vida diária” (MOLES, 1994, p. 206). Embora esses objetos desempenhem uma função técnica específica, não deixam de possuir uma natureza artificiosa. Encantam pela sua natureza técnica e por apresentarem atributos lúdicos, mas representam uma doença da funcionalidade, sinalizando para a decomposição dos atos da vida cotidiana em atividades excessivamente especializadas. Desse modo, cria-se a necessidade de aquisição de diversos dispositivos de uso específico: o abridor de garrafas, o descascador de legumes, o descaroçador de frutas etc.

Uma das características básicas dos objetos industrializados é a separação que se estabeleceu, relativamente à produção artesanal, entre o projeto e a produção. Para o artesanato, o trabalho com os materiais era simultaneamente coordenado pelos olhos e mãos. O desenvolvimento da manufatura originará o aparecimento do desenho industrial caracterizado pela necessidade da reprodução em grande escala de artefatos. Desse modo, surge o conceito de *design*: projetar, colocar em prática um plano intencional. Azevedo (1994, p. 8) o associa ao “estilo da cópia” querendo com isso realçar que o projeto do produto industrial destina-se à sua (re)produção maciça.

Vinculada à rotina de projeto dos artefatos, a indústria criou e difundiu junto aos consumidores a necessidade de objetos funcionais. A funcionalidade vem, muitas vezes, associada à forma externa dos mesmos. De modo geral, a estética da forma industrial reflete a simplicidade necessária à produção em série. O seu paralelo científico é o formalismo ou, a ênfase na forma, presentes também nas explicações científicas, formuladas a partir de relações lógicas concebidas como estruturas, e de estruturas expressas como formas: modelos atômicos, espiral do DNA etc. (BRONOWSKI, 1998, p. 63-64).

No entanto, o funcionalismo entrará em conflito com um dos traços constitutivos da sociedade do consumo: a afluência das mercadorias. A dissolução do impasse consistirá em dotar o objeto das seguintes características:

- Uma pseudofuncionalidade, típica do *gadget*, que dissimule, por meio da função, os atributos imaginários da dominação, proporcionada pelo objeto ao seu proprietário. Essa característica lúdica do objeto deve ser mantida, pois é estimuladora do consumo;
- A extinção do objeto num período de tempo, mais ou menos previsto pelo *designer*, determinando um ciclo de vida da mercadoria e sua reposição.

A pseudofuncionalidade dos *gadgets* proporciona ao seu usuário uma vivência lúdica, que foi minorada pela sociedade capitalista em virtude da ética protestante, conforme apontou Weber. De acordo com Huizinga (1996), durante o século XIX, houve um declínio dos elementos lúdicos, característicos das épocas anteriores. O desenvolvimento da ciência em direção ao cálculo foi atenuando o caráter lúdico presente no manejo da análise experimental à época do Renascimento. Ao *homo ludens* reprimido, a mercadoria surge como uma alternativa. Conforme salienta Moles (1994, p. 172):

(...) Sob o disfarce de uma funcionalidade falsa, o homem vai “brincar com a bateadeira”, reencontrar os prazeres lúdicos da descoberta e de uma dominação provisória e enquadrada das coisas que se movem. Considera o motor elétrico de seu moedor de café um pequeno sucedâneo da descoberta do Primeiro Motor de Kepler⁴.

O fundamento da educação científica, mediante os objetos industrializados, é a perspectiva de dispensar a tais objetos um tratamento de *artefato*.

O termo “artefato” é originário do latim “*arte factus*” e pode ser interpretado como “um produto proveniente do trabalho mecânico”⁵. Barbosa (1995) refere-se a artefato como “objeto feito com arte”. Os dois sentidos comportam, na realidade, uma conexão histórica. A noção etimológica de “arte” tem sua raiz latina na “*ars*” romana e em seu equivalente grego mais remoto “*tékhnê*”, identificado por Castoriadis (1997) como “fabricar”, “produzir”, e também como “ferramenta”, “instrumento”.

Há ainda uma terceira acepção para “artefato” formulada por Bronowski (1998, p. 92). Ela relaciona-se com a possibilidade de reconhecermos o projeto de um instrumento atrelado à sua utilidade:

⁴ A referência à Kepler deve-se ao fato de que ele pode ser concebido como um dos articuladores da interpretação mecanicista da natureza e fundadora da Ciência Moderna. Kepler (apud KOESTLER, 1961, p. 233) escreveu:

O meu alvo é mostrar que a máquina celeste não é uma espécie de ser divino, vivo, mas uma espécie de relojoaria (e quem acreditar ter o relógio uma alma, atribui a glória do criador ao trabalho), tanto mais que quase todos os múltiplos movimentos causados por uma força simplicíssima, magnética e material, precisamente como são causados por um simples peso todos os movimentos do relógio. E mostro também como a tais causas físicas se deve dar expressão numérica e geométrica.

⁵ Conforme Dicionário *Larousse Cultural* da Língua Portuguesa.

(...) artefatos são uma invenção que contém seu próprio projeto. Ao vê-los, percebemos o seu uso e, em outro sentido, o processo de sua manufatura.

A concepção de Bronowski para artefato aproxima-se daquela que Kantinsky (1976) atribuiu a “instrumento”: o arbítrio do projetista encontra-se presente. O aspecto interessante dessa comparação é que, de acordo com Kantinsky, o instrumento opõe-se à máquina, pois nesta, embora o arbítrio também esteja presente, ele é menos acessível ao observador. De fato, o termo grego “mekhanos” está relacionado com a noção de “ardiloso”, um dos qualificativos de Ulisses, o idealizador do “cavalo de pau”, condenado pelos Deuses a vagar pelo mundo.

A concepção de máquina como elemento de dissimulação ressurgirá na discussão sobre o papel da técnica no processo de industrialização. A polêmica refere-se ao papel da máquina, não restrito apenas à dimensão econômica. A sua introdução no sistema de fábrica teria obedecido “a injunções políticas, de disciplina e despolitização dos trabalhadores” (PESAVENTO, 1997, p. 20).

A idéia do artefato, como elemento da educação científica, é promover a decifração do sistema intencional de ações que marcam a produção de um objeto industrial. O seu conteúdo é histórico, técnico e científico.

Os artefatos, elementos pertencentes ao mundo artificial, colocados à nossa disposição pela sociedade industrial, podem assumir o papel de instrumentos de conhecimento. Tal percepção já fora anunciada por Bacon (apud ABRANTES, 1998, p. 66), em seu *De Dignitate et augmentis scientiarum* de 1623. Nessa obra, ele condena a visão aristotélica, limitando o papel das artes à imitação da natureza⁶:

Isso provocou um precipitado desespero nas coisas humanas. Pelo contrário, esse outro princípio deveria ter penetrado em profundidade nas mentes: as coisas artificiais não diferem das naturais pela forma ou pela essência, mas apenas pela causa eficiente (...) quando as coisas estão dispostas à obtenção de um determinado efeito, pouco importa que este seja alcançado pelo homem ou sem o homem.

A decifração do artefato ocorre mediante uma adaptação da prática da “engenharia reversa”⁷ como atividade didática da educação científica, ou seja, por meio da desconstrução conceitual e material de um artefato elabora-se uma reconstrução do processo de *design* e se vivencia a apropriação de princípios científicos na elaboração de uma solução tecnológica.

⁶ Oliveira (2002) faz uma análise comparativa das noções aristotélicas de *téchne* e *epistéme*. Essa última relacionada ao imutável e ao eterno, àquilo que “necessariamente é”. *Téchne*, por sua vez, diz respeito ao devir, à contingência das coisas. Possui, portanto, um caráter mais instrumental sendo, para Aristóteles, inferior à *epistéme*. O que Bacon inaugura é, exatamente, a perspectiva de uma ciência progressiva, rompendo com a idéia das verdades eternas e imutáveis e instaurando um projeto de investigação baseado nas soluções provisórias e virtualmente aperfeiçoáveis ao infinito.

⁷ Dennett (1998) caracteriza a engenharia reversa como metodologia de estudo pela manipulação (desmontar, fazer funcionar etc.) e uma hermenêutica que assume o “grau ótimo” como hipótese *default* na interpretação dos artefatos. O “grau ótimo” consiste em pressupor que, na análise estrutural de um dispositivo, a concepção e organização das partes têm como prerrogativa otimizar o funcionamento geral do artefato. A engenharia reversa exige uma *postura intencional*, ou seja, indagar o que o projetista do artefato tinha em mente.

ESTRATÉGIAS DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA POR MEIO DOS ARTEFATOS

Os objetivos do trabalho com os artefatos, no contexto da educação científica que preconizo, expressam-se na abordagem da ciência e tecnologia por meio dos objetos industrializados como elementos representativos da cultura material da sociedade tecnocientífica, assim como na estratégia do trabalho didático que será desenvolvido com tais objetos. Essa estratégia encontra-se articulada ao propósito fundamental que atribuo à educação científica, ou seja, o de aprimorar o exercício da cidadania, a vivência crítica e participativa na sociedade tecnocientífica. Nesse sentido, os objetos industrializados não são abordados, com uma insistência, apenas, na exploração de conteúdos científicos e tecnológicos. Caracterizo esse enfoque de abordagem dos artefatos como *produtos naturais* (FRAGA, 1997, p. 25-26). Nessa perspectiva, a ênfase na exploração do objeto envolve as relações de causa e efeito entre o funcionamento técnico do artefato e a sua explicação científica. Desse modo, ressalta-se a *aplicação* dos princípios científicos à tecnologia. O artefato é exemplificação da ciência.

Tomemos para efeito de ilustração da abordagem do artefato como *produto natural*, a análise de um mecanismo interno de corda e de engrenagens retirado de um brinquedo industrializado. Nesse caso, será focalizada a observação e manipulação do mecanismo, o registro da disposição interna das engrenagens, a transmissão do movimento entre elas e a identificação das transmissões constituídas por pares de engrenagens que conservam a velocidade angular, assim como outros pares que não o fazem.

A abordagem dos artefatos como *produtos naturais* vinculada à explicação científica dos mesmos tende a ressaltar o caráter teórico da ciência, pois submete as análises funcional e formal às leis e aos princípios científicos, os quais são ilustrados pelo artefato. Nesse caso, pode-se falar de uma “educação pelo *design*” baseada na máxima “a forma é a resolução da função” (LESKO, 2004, p. 5) sendo a resolução industrial baseada numa apropriação tecnológica dos princípios científicos. Esse enfoque didático, no entanto, tem a desvantagem de “naturalizar” o artefato ao propor explicações baseadas em relações de causa e efeito segundo um tratamento semelhante àquele dispensado ao estudo do “fenômeno natural”.

Outro caráter restritivo desse enfoque *naturalista* do artefato consiste em que, embora as relações de causa e efeito presentes no funcionamento de determinado mecanismo possam ser interpretadas à luz de conhecimentos científicos, a *concepção* da estrutura e da organização das partes, ou seja, o verdadeiro “pulo do gato” na invenção do artefato não é inteiramente redutível à causalidade física e, portanto, esse tipo de procedimento não possibilita uma apreensão completa do processo da inovação tecnológica.

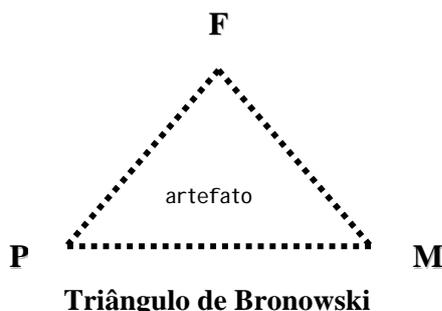
Nota-se, ainda, o paradoxo da caracterização do artefato como produto natural. Ele ressalta a limitação dessa abordagem no contexto da educação científica quando se deseja o desvelamento dos objetos industrializados como mediadores culturais. Segundo Fraga (1997, p. 25):

Essa abordagem centra-se no objeto constituído e prescinde tanto do seu processo de desenho e construção como de pensá-lo em relação com a necessidade humana para a qual ele foi pensado (grifo nosso).

A fim de restituir ao artefato sua concepção original de um objeto produzido intencionalmente pelo homem e para o homem, proponho uma abordagem didática que problematiza o fato de que a elaboração de uma solução tecnológica não decorre espontaneamente do domínio dos princípios científicos. Ela comporta elementos *criativos* e *contextuais* (culturais, históricos etc.) que possibilitam articular conhecimentos à produção dos artefatos.

Os artefatos, embora submetido às leis naturais, não se reduzem aos fenômenos naturais, constituindo, ao contrário, objetos artificiais. Uma abordagem dos artefatos enquanto *produtos artificiais* (FRAGA, 1997), em que pese a redundância da caracterização, permite um melhor tratamento da criatividade técnica que eles incorporam. Esse enfoque pressupõe o recurso a analogias funcionais entre os artefatos existentes e a *produção/simulação* de novos artefatos como atividades didáticas da educação tecnocientífica. Nesse processo, o conhecimento científico não vem antes do artefato. A análise estrutural deste, por meio da sua desconstrução física e/ou conceitual, evoca os conhecimentos necessários à resolução do *design* dos objetos industrializados.

Bronowski (1998), ao considerar que as possibilidades de produção do objeto industrial estão circunscritas a três elementos: os processos e ferramentas, *P*, empregados na produção, os materiais, *M*, disponíveis para a execução e o uso ou função, *F*, que se pretende atribuir ao objeto; nos oferece um importante instrumento na análise estrutural dos artefatos por meio de uma engenharia reversa dos mesmos. De acordo com aquilo que designamos o *Triângulo de Bronowski*, o objeto industrial pode ser caracterizado a partir de sua “desconstrução” física e/ou conceitual, procurando-se posicioná-lo no interior do triângulo e sujeitá-lo ao “campo de força” produzido pelos fatores da produção representados nos vértices e que, segundo uma hipótese de reconstituição baseada no “grau ótimo”, estiveram presentes no *design* do artefato.



O posicionamento do artefato no interior do Triângulo de Bronowski implica em considerar que a função não é o único elemento a ser considerado no *design*. Os outros componentes do processo da manufatura que necessitam ser avaliados são: os materiais disponíveis como, por exemplo, metais, polímeros, naturais etc., os métodos de manufatura empregados para o corte, conformação, acabamento etc. dos materiais e as estratégias científicas da administração da produção industrial⁸. É o conjunto desses fatores que melhor caracteriza o contexto da produção industrial e envolve mais amplamente a dimensão tecnocientífica dos processos produtivos.

O Triângulo de Bronowski tem apenas um papel *heurístico* na análise dos artefatos, sendo sua área correspondente ao espaço da inventividade tecnológica que, obedecendo à lógica do processo científico da produção, corresponde à máxima eficiência econômica quando devidamente circunscrita às possibilidades do sistema produtivo. Por outro lado, a área do triângulo nunca será nula, situação que equivaleria à completa redução do processo do *design* ao determinismo científico e tecnológico. Nesse caso, o artefato se tornaria, efetivamente, um produto natural.

A caracterização dos objetos industrializados pelo Triângulo de Bronowski também é útil no procedimento didático de simulação e reconstrução de artefatos, ao se reaproveitar objetos já

⁸ Um pioneiro da organização científica do trabalho foi o engenheiro norte-americano Frederick W. Taylor (1856-1915) que em 1911 publicou o livro “Princípios de administração científica” propondo a separação entre as funções de preparação e as de execução do trabalho industrial, bem como a análise metódica das operações industriais, substituindo os métodos empíricos por procedimentos “científicos”. Desde então, os sistemas de produção costumam ser avaliados em termos da continuidade ou ruptura que estabelecem com o “taylorismo”.

existentes como elementos estruturais de um artefato *reciclado*. Assim, um prendedor de roupas, por exemplo, pode ser utilizado como dispositivo armazenador de energia ou desempenhar o papel de uma barra de junção ou, ainda, auxiliar na prensagem de duas superfícies planas que se quer manter unidas. Na primeira situação, prevaleceu a propriedade elástica do prendedor de roupas. Depois, ele desempenhou uma função estrutural e, finalmente, no terceiro caso, o prendedor foi utilizado como ferramenta.

Essa etapa de reciclagem dos artefatos simula um momento de intervenção protagonista na sociedade tecnocientífica, uma vez que propõe a subversão da funcionalidade originariamente prevista no *design* industrial dos objetos. O consumidor reverte o destino da mercadoria tornando-se, ele próprio *designer* ou, visto que não dispõe de todas as possibilidades deste último, o consumidor converte-se mais propriamente num *bricoleur*⁹.

O processo da invenção tecnológica, enquanto uma realização social, envolve uma síntese cumulativa de diversas soluções anteriores e assumidas como um patrimônio coletivo. Ele também depende dos atos criativos individuais que, por sua vez, refletem o contexto cultural e histórico da invenção. Segundo Tomasello (2003), o sucesso obtido na evolução cultural do homem deveu-se a que os indivíduos, ao decodificarem a intencionalidade dos artefatos culturais, ou seja, ferramentas, comunicação simbólica, instituições sociais etc., podem se colocar na situação dos seus inventores e, desse modo, realizar inovações ou aperfeiçoamentos nos referidos artefatos, tornando-os, progressivamente, mais complexos. É essencial, ainda, o papel desempenhado pela transmissão social como forma de manutenção e disseminação dos aperfeiçoamentos, impedindo que os mesmos retrocedam ou sejam ignorados. É o que se denomina de “efeito catraca”. De acordo com Tomasello (2003, p. 9):

O mais importante é que a evolução cultural cumulativa garante que a ontogênese cognitiva humana ocorra num meio de artefatos e práticas sociais sempre novos que, em qualquer tempo, representam algo que reúne toda a sabedoria coletiva de todo o grupo social ao longo de toda a sua história cultural.

Desse modo, proponho que as abordagens didáticas do artefato enquanto produto *natural* e *artificial* sejam desenvolvidas conjuntamente, o que permitirá o domínio contextualizado de conhecimentos, ao mesmo tempo que os alunos desenvolvem uma atitude (*cri*)ativa e crítica para com o entorno científico e tecnológico. Por outro lado, ressalto que a contextualização do conhecimento científico por meio dos artefatos tecnológicos não deve obliterar a apreensão da ciência enquanto uma necessidade intelectual do homem para além do seu caráter *positivo* e *utilitário*. Ou seja, a ciência não se circunscreve a uma tecnologia.

No quadro a seguir, é apresentado um resumo dos enfoques e metodologias propostos para o trabalho com os artefatos na educação científica:

⁹ Lévi-Strauss (2002) associou o termo *bricolage* a uma ciência “primeira” dos povos primitivos que executavam suas construções não propriamente em função de um projeto prévio e da obtenção de materiais específicos mas segundo a disponibilidade contingente das matérias primas. Nesse sentido, o *bricoleur* se afasta do engenheiro em virtude da ausência de um projeto:

(...) seu universo instrumental é fechado, e a regra de seu jogo é sempre finito de utensílios e de materiais bastante heteróclitos, porque a composição do conjunto não está em relação com o projeto do momento nem com nenhum projeto particular mas é o resultado contingente de todas as oportunidades que se apresentaram para renovar e enriquecer o estoque ou para mantê-lo com os resíduos de construções e destruições anteriores” (LÉVI-STRAUSS, 2002, p. 33).

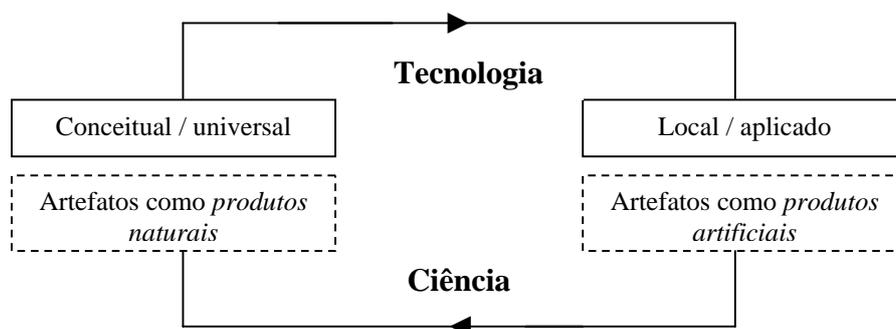
Artefatos como <i>produtos naturais</i>	Artefatos como <i>produtos artificiais</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Ênfase nas relações de causa e efeito (<i>caráter teórico da ciência</i>): estudo do funcionamento tecnológico dos artefatos como aplicação dos conhecimentos científicos • Apreensão das soluções tecnológicas • Observação e manipulação dos artefatos (<i>engenharia reversa</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ênfase nos elementos estruturais • Reciclagem dos artefatos (<i>bricolage</i>) • Inventividade tecnológica • Aplicação da ciência à tecnologia

Comparação entre as abordagens dos artefatos como produtos naturais e artificiais

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observando alguns exemplares de livros didáticos disponíveis e considerando-os como um dos parâmetros de avaliação da *praxis* da educação científica nas escolas, verifica-se que houve uma relativa inversão daquela tendência de uma abordagem descontextualizada e “formulista” da ciência no ensino médio. Me refiro, particularmente, aos livros de física nos quais se observa uma maior referência ao entorno tecnológico com a ilustração do funcionamento de alguns dispositivos técnicos como eletrodomésticos, ferramentas etc. No entanto, parece vigorar um tratamento desses artefatos próximo à abordagem naturalista que foi apresentada e discutida neste trabalho.

Na apresentação, mencionei o ciclo dinâmico entre as dimensões conceitual/universal e local/aplicada do ensino de física e a relação dinâmica entre o conhecimento científico e os meios tecnológicos do sistema produtivo que foram, ambos, apontados no documento dos *Parâmetros* sobre o currículo de física no ensino médio. Gostaria de finalizar estabelecendo um paralelo entre a abordagem da educação científica que propus e tais concepções dos *Parâmetros*. No diagrama abaixo encontra-se uma representação do paralelo pressuposto:



Relação entre ciência e tecnologia comparadas às abordagens dos artefatos como produtos naturais e artificiais

A dimensão conceitual/universal da ciência foi associada à abordagem dos artefatos como produtos naturais enquanto o seu aspecto local/aplicado foi articulado à ênfase nos artefatos como produtos artificiais. Na passagem da primeira dessas dimensões à segunda, caminha-se no sentido do enfoque tecnológico. Prosseguindo no sentido oposto, se privilegia a dimensão teórica da ciência. Nessa concepção do ciclo dinâmico, a contextualização tecnológica da ciência não oblitera a sua magnitude conceitual, uma vez que não se pretende a redução da ciência à sua positividade e utilidade técnica. Lévi-Strauss (2002) apontou que a ciência dos povos primitivos não era apenas deficiente no plano prático assim como não tinha na ordem prática seu principal

propósito. Ela estava destinada à exigências de ordem intelectual. Considero que essa perspectiva deva ser mantida também para a ciência contemporânea. Mais contundente, ainda, foi Nicol (1997, p. 228) ao afirmar:

A ingerência do utilitário na vocação científica representa um simples retrocesso ao nível pré-científico da vida. Então, toda a eficiência prática implícita na ciência natural, que é volumosa e assombrosa, e toda a complexidade do seu aparato intelectual, não bastarão para acobertar aquela regressão.

A contextualização tecnológica da ciência tem um caráter complementar à sua teorização conceitual e contribui para a significação do conhecimento científico junto aos educandos. Por outro lado, a educação científica e, em especial, o ensino da física torna-se mais conforme à realidade da ciência, uma vez que se aborde os contextos econômico, social, político e cultural no qual se desenvolve a atividade científica de modo interdependente com tais contextos.

Finalmente, a contextualização da ciência, por meio do aproveitamento e manipulação dos artefatos tecnológicos do entorno contemporâneo, é uma modalidade de educação científica ou tecnocientífica que pretende dialogar com a realidade contemporânea de uma maneira protagonista e não apenas voltada à conformação ou inserção dos sujeitos ao mundo do trabalho segundo uma performatividade que é imposição do sistema produtivo industrial à educação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrantes, P. **Imagens de natureza, imagens de ciência**. Campinas: Papyrus, 1998.

Alvarenga, Beatriz; Máximo, Antônio. **Física: volume único**. Coleção “De olho no mundo do trabalho”. São Paulo: Scipione, 2003.

Azevedo, W. **O que é Design**. 3 ed. São Paulo: Brasiliense, 1994.

Barbosa, P. **Metamorfoses do real**. Porto: Edições Afrontamento, 1995.

Baudrillard, J. **O sistema dos objetos**. 3 ed. São Paulo: Perspectiva, 1997.

Brasil. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação (MEC) / Secretaria de Educação Média e Tecnológica (SEMTEC), 4 vol., 1999.

_____. Resolução CEB nº 3 de 26/06/98. Disponível em <www.mec.gov.br/cne> Acesso em outubro de 2005.

Bronowski, J. **O olho visionário: ensaios sobre arte, literatura e ciência**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1998.

Castoriadis, C. **As encruzilhadas do labirinto /1**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

Daniels, H. **Vygotsky e a pedagogia**. São Paulo: Loyola, 2003.

Dennett, Daniel C. **A perigosa idéia de Darwin: a evolução e os significados da vida**. Rio de Janeiro: Rocco, 1998.

Fraga, A. R. **Educación tecnológica (se ofrece) espacio en el aula (se busca)**. 4 ed. Buenos Aires: Aique, O.R.T. Argentina, 1997.

Huizinga, J. **Homo ludens**. 4 ed. São Paulo: Perspectiva, 1996.

Kantinsky, J. R. As Máquinas e as Cidades. In: FAUSP. **A invenção da máquina a vapor**. São Paulo: FAU/USP, 1976. p. 9-70.

Koestler, A. **Os sonâmbulos: história das idéias do homem sobre o universo**. São Paulo: Ibrasa, 1961.

Leodoro, M. P. **Educação científica e cultura material: os artefatos lúdicos**. (Dissertação de mestrado). São Paulo: FEUSP, 2001.

Lesko, Jim. **Design industrial: materiais e processos de fabricação**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

Lévi-Strauss, Claude. **O pensamento selvagem**. 3 ed. Campinas: Papyrus, 2002.

Lopes, Alice Casimiro. Políticas de currículo: mediação por grupos disciplinares de ensino de ciências e matemática. In: Lopes, Alice Casimiro; Macedo, Elisabeth (org.). **Currículo de ciências em debate**. Campinas: Papyrus, 2004. p. 45-76.

Moles, A. **O kitsch**. São Paulo: Perspectiva, 1994.

_____. **Teoria dos objetos**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1981.

Nicol, Eduardo. **El porvenir de la filosofía**. México: Fondo de Cultura económica, 1997.

Oliveira, Bernado Jefferson. **Francis Bacon e a fundamentação da ciência como tecnologia**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002.

Pesavento, S. J. **Exposições universais: espetáculos da modernidade do século XIX**. São Paulo: Hucitec, 1997.

Schrödinger, Erwin. **A natureza e os gregos seguido de Ciência e humanismo**. Lisboa: Edições 70, 1999.

Taylor, Frederick W. **Princípios de administração científica**. São Paulo: Atlas, 1995.

Tomasello, M. **Origens culturais da aquisição do conhecimento humano**. Trad. Claudia Berliner. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

Torres, Carlos Magno Azinaro *et al.* **Física: ciência e tecnologia: volume único**. São Paulo: Moderna, 2001.

Usher, A. P. **Uma história das invenções mecânicas**. Campinas: Papyrus, 1993.