

CIÊNCIA COMO CULTURA - PARADIGMAS E IMPLICAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA ESCOLAR*

Maria Eduarda Vaz Moniz dos Santos

Centro de Investigação em Educação, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

Recebido em 18/8/08; publicado na web em 26/1/09

SCIENCE AS CULTURE – PARADIGMS AND EPISTEMOLOGICAL IMPLICATIONS IN SCHOOL SCIENTIFIC EDUCATION. “Science as culture” is based on the assumption that science is a valuable component of human culture. We therefore have to build the bridge, in cultural terms, from the scientific community to the common citizen. Teaching science as culture requires the co-construction of knowledge and citizenship. Ways of articulating science/technology with society are invoked, pondering on the ethical ambivalence of such connections. The goals of this reflection are to think about: a) epistemological obstacles that, in favouring the logic of monoculture, oppose the implantation of the science as culture; b) epistemological strategies that point towards a diversity of cultural practices and “constellations” of knowledge leading to the reconfiguration of the being through knowledge; c) imperatives that force us to (re)think the epistemological bases suited to the paradigmatic changes and which translate the dynamics and complexity of the evolution of the frameworks that currently sustain science and school scientific education.

Keywords: Science as culture; epistemological obstacles; paradigm of scientific reasoning.

INTRODUÇÃO

A ciência que se ensina tem grandes implicações na Educação Científica Escolar (ECE). Hoje, como ontem, as novidades epistémicas da ciência abrem novas vias à forma de ensinar. Como sublinha Bachelard¹ “o acto de ensinar não se separa tão facilmente quanto se crê da consciência do saber”. Logo, o ensino da ciência numa perspectiva de “ciência pura” é forçosamente muito diferente do ensino da ciência numa perspectiva de “ciência como cultura”. Com base nestes pressupostos, pretendemos pôr à discussão reflexões centradas na ciência como cultura e nas suas implicações epistemológicas no ensino da Química, tendo como meta chegar a operacionalizações práticas que conjuguem harmoniosamente a dimensão conceptual da aprendizagem disciplinar com a sua dimensão formativa e cultural. Para enquadrar e fundamentar essa discussão importa ter em atenção as culturas da nossa cultura; mudanças epistemológicas em direcção a novas formas de compreender o mundo e o papel nuclear do saber científico na actual mutação cultural.

AS CULTURAS DA NOSSA CULTURA

*A palavra cultura exprime sinteticamente o saber humano na variedade das suas formas.*²

A sociedade humana vive imersa na cultura. “Torna-se uma comunidade com identidade própria quando unida na e pela cultura”.³ Ao contrário da natureza, a cultura representa a realidade criada pelo homem; é um dos aspectos que distingue o homem das outras criaturas. É um património informacional constituído por saberes, valores, crenças, expectativas, acções e normas convencionais de um grupo. Exprime-se por diferentes formas culturais. “Nos nossos países temos três tipos de cultura, inimigas ou em estado de coexistência pacífica com conexões muito fracas entre elas”.⁴ A estas culturas da nossa cultura - humanista, científica e cultura de massa - há a acrescentar a “cultura do fazer” – cultura técnica.³

- A cultura humanista tem a ver com conhecimentos sobre “o homem, a natureza, o mundo e a sociedade” e polariza-se à volta de problemas fundamentais que dão sentido à vida. “Inscreve-se numa linha de pensamento e numa atitude ética e social que consagra o homem como um valor irredutível na sua singularidade”.³ Teve o seu apogeu nos séculos XVII e XVIII.

- A cultura científica teve um desenvolvimento exponencial do século XIX à actualidade. “Caracteriza-se por um conhecimento fortemente estruturado, que tem como exigência a necessidade de uma especialização cada vez maior e uma diferenciação de comunidades específicas no seio da sociedade. Esta especialização foi dando lugar a um esbatimento das questões-tipo da cultura humanista”.³ À medida que a cultura científica foi evoluindo de um saber de natureza contemplativa para um saber operativo reaproximou-se da cultura humanística mas as tradicionais dificuldades de comunicação entre as duas culturas continuam profundas e complexas.

- A cultura de massa é a grande novidade cultural do séc. XX. Fruto da idade da mecanização, apresenta-se como uma “indústria cultural”.⁵ Não nasce espontaneamente das massas mas é dirigida a uma grande massa humana. Evita temas controversos, impõe estereótipos e provoca uma adesão acrítica a valores impostos. Segundo Morin,⁴ “desenvolveu-se nos e pelos mass media segundo uma dinâmica própria da sociedade moderna [...] a partir de um mercado aberto pelas técnicas de difusão massiva em que os produtos culturais foram propostos como mercadoria segundo a lei da oferta e da procura”. Encontrou grande oposição entre os defensores da cultura erudita que a designam de contra-cultura. São, nas palavras de Sartre,⁶ “duas culturas inimigas”. Tal como a cultura científica, a cultura de massa é constituída por uma enorme quantidade de informação que cresce incessante e constantemente. Porém, ao contrário daquela, não estrutura as informações em conceitos e teorias, pelo que se vai autodestruindo a si própria. Outra diferença assinalável é o seu consumo descontraído. Um consumo que não se adequa à reflexividade e que não discute o conhecimento de modo a poder incorporá-lo em experiências de vida. Permite a multiplicação dos objectos cognoscíveis mas tem um fraco papel na redefinição do ser através do saber. “O sujeito não se modifica pelo que conhece, ou melhor pelo trabalho realizado para conhecer”.⁷ “A escola, que desde

*e-mail: monizsantos@clix.pt

#Conferência convidada apresentada na 31ª RASBQ

sempre se considerou fiel depositária da cultura e do saber, juntou a estas reticências culturais, fortes reticências pedagógicas quando pressentiu que os ‘mass media’ se tornaram na outra escola – ‘a escola paralela’ - como significativamente passou a ser conhecida”.⁸ Na contemporaneidade, em muitos casos, os caminhos percorridos pelas duas escolas continuam paralelos, ou porque os esforços feitos para que as paralelas se encontrem são muito reduzidos ou porque nem sempre são conduzidos da melhor forma.

- A “cultura do fazer” tem uma influência marcante na sociedade do conhecimento em que vivemos. Tem a ver com a tecnologia, com o *know-how* para utilizar caminhos, recursos e sistemas, no sentido de uma solução prática para problemas vivenciados. Integra saber-fazer e “discursos sobre a técnica”.⁹ A ela associam-se artefactos, instrumentalidade, competências práticas e acção. “Visa, sobretudo, concretizar aspirações do Homem a nível pragmático: identificando necessidades, concebendo projectos para resolução de problemas práticos, estudando os limites dessa resolução, resolvendo esses problemas e avaliando os resultados obtidos...”.³ Para além de aspectos técnicos, comporta aspectos conceituais, culturais e organizacionais. Porém, não é da mesma natureza da cultura científica. Têm laços de dependência mútua mas não são uma mesma entidade.^{10,11} A evolução da ciência fez-se no sentido da abstracção e da teoria, enquanto a da tecnologia se fez no sentido do concreto, da prática e da acção. Os modos de operar da ciência orientaram-se pelo desejo de conhecer e explicar e os da tecnologia pelo desejo de controlar e modificar. “Os conceitos da tecnologia, contrariamente aos das ciências, permanecem incompletos enquanto se ficam pelo abstracto”.³ Para Simondon,¹² “a aparição das duas modalidades, uma teórica e outra prática, exprime a ruptura de uma unidade primeira que era ao mesmo tempo conhecimento e acção”. A correlação entre a cultura científica e a cultura do fazer é fraca na fase artesanal da nossa história e forte nas fases industrial e pós-industrial. Como referem Layton,¹³ Hottois,¹⁴ Ladière,¹⁵ Latour¹⁶ e Roqueplo,¹⁷ os laços que as unem têm vindo a estreitar-se, cada vez mais, à medida que o aspecto operatório se tornou essencial à ciência. O cientista, na sua forma tradicional, tem como primeiro objectivo compreender o Mundo - construir conceitos para esclarecer a humanidade. O tecnólogo opera essencialmente no domínio do domínio da “realização de ideias”. Tem em vista a satisfação de necessidades humanas; centra-se no “fazer”, na acção, na transformação, na prática, nos artefactos (objectos técnicos). Apesar de ainda subsistirem diferenças, progressivamente a correlação entre “fazer ciência” e “fazer tecnologia” tem vindo a crescer. Podemos mesmo afirmar que, na actualidade, a ciência e a tecnologia são actividades humanas, profundamente enredadas. Como acentua Layton,¹³ essa correlação aumenta dos processos da ciência pura para os processos da ciência aplicada, da ciência estratégica e da ciência industrial. Foi quando o aspecto operatório se tornou essencial à ciência que as culturas científica e tecnológica se reaproximaram e que a ciência passou a ser designada de tecnociência. O *projecto da tecnociência* começou a construir-se partir do Renascimento e foi crescendo à medida que se foram estreitando os laços entre a ciência e a técnica. A maioria dos cientistas do século XVI são técnicos como mostra a ciência de Copernico, Galileu, Bacon e Descartes.¹⁴ “A obra de Galileu é uma das melhores ilustrações das relações entre a teoria científica e a mediação técnica, entre a experimentação e a instrumentação técnica, entre uma técnica artesanal empírica sem base teórica e o carácter operatório da ciência actual”.³ Lavoisier, notável expoente da Química moderna e Pasteur, que além de biólogo foi um prestigiado químico, foram cidadãos muito preocupados com a resolução de problemas práticos de natureza técnica. Há mais de 200 anos, Lavoisier, mostrou à sociedade de então o valor de uso da sua disciplina. Em 1794, dando o devido destaque a pontos de encontro entre a Química e a Agronomia e antecipando o papel

central das transformações materiais que ocorrem na Natureza, numa introdução a um projecto proposto à Academia das Ciências resumiu aquilo a que chamou a “maravilhosa circulação entre os três reinos da natureza”:

Os vegetais colhem no ar que os rodeia, na água, e, em geral no reino mineral, os materiais necessários à sua organização. Os animais alimentam-se ou dos vegetais ou de outros animais que se alimentam eles próprios de vegetais, de maneira que as matérias que os formam são sempre, em última análise, extraídas do ar e do reino mineral. Enfim, a fermentação, a putrefacção e a combustão devolvem continuamente ao ar da atmosfera e ao reino mineral os elementos que os vegetais e os animais lhes tomaram.

Porém, foi só no pós-guerra que o projecto da tecnociência ganhou corpo. Dele passou a decorrer uma orientação instrumental da investigação científica, uma investigação que tem como objectivo final a criação de produtos de mercado. Remetendo-nos para uma ciência utilitária, para uma ciência ligada à tecnologia pela necessidade de sucesso lucrativo, contribuiu para uma dialéctica entre conhecimento e produção. À medida que a cultura científica e a cultura do fazer se iam enredando ia crescendo o imperialismo cultural que a ciência foi conquistando a partir da revolução industrial.

UMA MUTAÇÃO CULTURAL. DO IMPERIALISMO CULTURAL DA CIÊNCIA À CIÊNCIA COMO CULTURA

*Torna-se necessário juntar às exigências do desenvolvimento científico a necessidade do aprofundamento de uma autêntica cultura científica, fundada na visão da ciência como cultura e não apenas como um conjunto de saberes especializados produtores de teorias e metodologias que eventualmente venham a ter uma aplicação útil.*¹⁸

Hoje as mudanças epistemológicas e socioculturais em direcção a novas formas de compreender o mundo são tão amplas, profundas e diversificadas que têm sido caracterizadas como uma mutação cultural. “Já no século XIX, Nietzsche tinha antecipado que a busca desenfreada de novas formas de dar sentido ao mundo viriam a dominar os séculos XX e XXI. A revolução da informação, a globalização e o consumismo estão aí para o provar”.³

Progressivamente, a ciência tem assumido um papel nuclear nesta mutação cultural. Penetra profundamente no nosso quotidiano reconstruindo-o. O seu papel ultrapassa mudanças na interpretação do mundo. Para além da reconstrução do ambiente natural e cultural, os seus efeitos reflectem-se na forma como as pessoas pensam e se comportam. Engloba, mesmo, mudanças na percepção do próprio eu.^{16,17}

Tendo em vista uma breve reflexão sobre o campo epistemológico da produção da ciência, destacamos os seguintes marcos históricos da sua evolução:

- A concepção dominante da ciência até ao Renascimento corresponde a uma representação teórica de tipo discursivo, ou seja, a um saber especulativo de natureza contemplativa;

- Da revolução científica do século XVII resultou a ciência moderna que produziu valores e teorias científicas que entraram em conflito com valores, princípios e teorias prevalecentes na época. O novo campo epistemológico para a produção de conhecimentos foi dominado pelo “culto da razão” e foi influenciado pela emergência da “cidadania oitocentista”.¹⁹ Para além de processos internos a cada ciência, a ciência moderna foi bastante condicionada por contextos sociais e políticos.

- À medida que o século XX avançava, ganhava forma uma “nova” matriz social e tecnológica da ciência. O saber científico foi-se desdogmatizando, operacionalizando e perdendo autonomia; as ligações da ciência à técnica, à sociedade, a questões éticas, a valores sociais, a estruturas de comunicação e de poder apertaram-se; surgiram políticas de investigação radicadas numa planificação prévia muito estruturada e com um forte enfoque nas aplicações - “investigação estratégica”; alargou-se o contexto em que a ciência opera a contextos técnicos, sociais, culturais, políticos, militares...^{3,10} O novo ethos da ciência passou a desafiar o imperialismo do modelo geral com que nos habituámos a identificar a actividade da ciência (“modo 1”), “processo tradicional que se desenvolve, essencialmente, em função de dinâmicas internas a contextos académicos e disciplinares [...]. Radica na difusão de saberes e de competências gerados em sistemas académicos e disciplinares, e depois transferidos para outros sistemas – para contextos de utilização distintos dos da sua produção”.³ Para além do “modo 1”, a progressão da ciência passou a depender fortemente do “modo 2” de produção do saber. “Um processo de co-produção e de avaliação da ciência em contextos não disciplinares - contextos que são eles próprios a solicitar a produção de saberes e de competências”.¹⁰ É caracterizado por uma racionalidade que busca a definição de objectivos tecnicamente realizáveis, pelo peso das componentes organizacional e institucional, pela necessidade do trabalho em equipa e por estreitas conexões entre a ciência, a tecnologia e a “reflexibilidade social”. Alarga a indispensável avaliação da qualidade dos resultados científicos a uma avaliação externa, a qual se situa para além da tradicional avaliação entre pares. O pragmatismo em que assenta o “modo 2” de produção da ciência apela ao financiamento empresarial, político e militar. Tem a ver com as potencialidades económicas dos projectos e com a responsabilidade social dos cientistas. Ao identificar o progresso das ciências com demandas de aplicação dos seus conhecimentos e ao menosprezar o trabalho teórico desinteressado que se produz, a ciência enredou-se em actividades menos puras. Envolveu-se em dilemas éticos relacionados com o mercado, a guerra, os usos políticos do conhecimento científico, o valor económico da inovação tecnológica... A sua “nova” matriz social e tecnológica foi-se apoiando numa racionalidade científica, teórica e instrumental, que constrói e destrói o mundo.²⁰ À medida que se iam estreitando as ligações da ciência à tecnologia, consolidava-se o sucesso da tecnociência mas aumentavam as ambivalências éticas de tais ligações. Daqui resultaram fortes oscilações na avaliação da tecnociência.^{19,21}

- Hoje torna-se necessário juntar às exigências do desenvolvimento científico e tecnológico a necessidade do aprofundamento de uma autêntica cultura científica, fundada numa visão de ciência como cultura. Num horizonte de possibilidades, passou a aspirar-se a uma “ciência cidadã”.²² Uma ciência para as pessoas que não se limite a respostas à resolução universal de problemas; que tenha em conta os contextos em que os problemas são gerados; que esbata fronteiras entre laboratório e sociedade; que dê “voz” aos cidadãos e que valorize os conhecimentos empíricos das pessoas afectadas por ameaças ambientais²⁰.

A ciência como cultura

A ciência como cultura é uma “ciência em perspectiva” que abre caminho a uma ciência radicada numa solidariedade de saberes e de racionalidades.¹⁹ “Não se trata, porém, de incorporar uma “nova” racionalidade noutras, nem de amalgamar as lógicas científica, tecnológica e socioambiental, mas de convocar diferentes matrizes de racionalidade (científica, tecnológica, social, cultural...), questioná-las, dialogar com todas, mas diferenciar-se delas”.²³ Trata-se de erguer uma ponte, em termos culturais, da comunidade científica para o

cidadão comum - uma ponte ajustada ao exercício da cidadania que interligue cultura científica, cultura do fazer, cultura humanística e cultura de massa. Esta ponte requer uma reflexão sobre de que é que falamos quando falamos de cidadania, uma vez que “toda e qualquer cidadania é um conceito em construção historicamente situado”.¹⁹ Na realidade, é diferente erguer uma ponte para formas de cidadania semelhantes à cidadania clássica, à cidadania moderna ou à cidadania pós-moderna. Também é diferente falar de cidadania civil ou de cidadania social. Nesta ainda podemos distinguir a cidadania liberal (a que se tornou mais universal no século XX) de formas emergentes de cidadania, como a cidadania ambiental.²⁰ É esta que priorizamos no erguer da referida ponte para a ciência como cultura.²⁴

Com a ciência como cultura, a meta é ultrapassar modelos universais da razão e de imperialismos culturais. Para além dos aspectos científicos e tecnológicos de cada situação, contempla os seus aspectos culturais, éticos e políticos. Recusa a lógica da monocultura da ciência moderna. Rejeita a aceitação acrítica da autoridade da ciência e da tecnologia. Com ela renasce a esperança em frutuosas formas de mudança conceptual que tenham em conta as ideias prévias dos cidadãos,²⁵ a cidadania ambiental^{19,20} e frutuosas interações CTS.^{3,10,11,23}

Esta perspectiva cultural de ciência valoriza comportamentos da cultura humana e tem virtualidades relevantes para a vida do cidadão. Apoiar-se em modelos onde, para além da razão, a cultura desempenha um papel significativo. Introduce saberes e valores inovadores na esfera cultural que radicam na dignidade da pessoa humana. Para além da dimensão cognitiva, interessa-se pelas dimensões afectiva e volitiva – pensar, sentir e querer.¹⁷

Encarar a ciência como uma parte fundamental da cultura contemporânea - património cultural da humanidade - implica reconhecer que a ciência e a tecnologia são valiosos empreendimentos humanos, apreciar as suas possibilidades e valores mas também os seus limites. A necessária consciência dos limites e ‘impurezas’ da ciência não impede o reconhecimento do valor e especificidades das diferentes ciências historicamente constituídas. Não deve conduzir ao relaxamento na ordem e rigor do conhecimento científico. Questionar as contradições e ambivalências éticas da ciência não é impeditivo de ponderar o grande valor de um conhecimento que está constantemente a pôr-se em causa, a problematizar as suas ‘certezas’, a exigir provas e contra-provas para os seus discursos. Valores que o tornam único mas não universal”.²⁰

A ciência como cultura é uma ciência em contexto; tem em conta os contextos sociais e tecnológicos em que opera e requer uma educação científica atenta a uma cognição situada²⁶ - compreensão da ciência através de contextos específicos, de situações do dia a dia com dimensão científica que estruturam conhecimentos científicos e actividades.

Um dos múltiplos e complexos obstáculos epistemológicos²⁷ que se opõem à ciência como cultura diz respeito à quebra radical da ciência moderna (ciência positivista) com todos os conhecimentos alternativos - “epistemologia do lixo”.²⁸ Este fortíssimo poder regulador da ciência moderna limitou drasticamente as possibilidades de outras formas de conhecimento. Deu-lhe asas como produtora de “lixo cognitivo”. Ao assumir o privilégio epistemológico positivista de ser a única forma de conhecimento válido, foi dando origem a uma dimensão epistemológica que marginaliza, suprime ou desacredita outras formas de conhecer em nome de um universalismo que dificilmente encontra eco nas sociedades actuais, crescentemente inter/multiculturais. A tradição da ciência moderna tende a rejeitar o conhecimento e a compreensão gerados fora de instituições científicas acreditadas. Desvaloriza, genericamente, todos os conhecimentos não científicos. Menospreza saberes empíricos de grupos de cidadãos gerados em contexto e com valor pragmático.^{19,20,23}

Outro dos principais obstáculos epistemológicos à ciência como cultura é a progressiva conversão da ciência numa forma epistemológica do espaço de produção. À medida que a ciência se tem vindo a aproximar da tecnologia tem-se sujeitado, cada vez mais, à lógica do mercado. Passou a ser entendida como propriedade de grupos sociais que controlam o Estado e que, por essa via, têm o privilégio de transformar os seus interesses em interesses nacionais. Assim, de solução para os nossos problemas socioambientais, passou a ser vista como a sua causa. Na “sociedade do risco”, por mais precauções que os cientistas tomem, a sua percepção do perigo está dependente de ideais tecnicistas. Abundam casos em que a tecnociência é usada como meio de pressão para efeitos económicos, assemelhando-se a uma mercadoria dependente de financiamentos.

A acentuada assimetria cognitiva entre a capacidade de agir e a capacidade de prever é outro obstáculo epistemológico à ciência como cultura. A ciência moderna tem vindo a aumentar de forma exponencial e sem precedentes a nossa capacidade de acção sem a acompanhar de uma correspondente capacidade de prever. Os riscos provenientes de intervenções tecnológicas multiplicaram-se em termos de escala, de frequência e de imprevisibilidade. “Os cientistas estão mais habituados a fundamentar a investigação científica em questões do saber do que a diagnosticar problemas resultantes da sua aplicabilidade. A devoção à curiosidade livre ainda ultrapassa amplamente o sentido de integridade ambiental”.¹⁹ Não obstante, estudos de impacte ambiental contrariam esta tendência.²⁰

Em síntese, as mutações consideráveis do ethos da “Ciência moderna” para o ethos da “Ciência pós-moderna” estão relacionadas com diferenças significativas entre duas formas opostas de leitura da realidade. A ciência como cultura apoia-se num paradigma emergente e situa-se na transição da “ciência moderna”, que se caracteriza por uma ruptura epistemológica da ciência com o senso comum,²⁵ para a “ciência pós-moderna” que, ao contrário, propõe um reencontro da ciência com o senso comum.¹⁹ Requer uma “nova ruptura epistemológica”²⁷ que rompa com a distância entre conhecimento científico e senso comum e que proporcione condições epistemológicas e sociais de emergência da ciência como cultura. Uma ruptura que pode ser significativamente facilitada pela educação científica escolar. A ciência como cultura apoia-se numa “aventura epistemológica”,²⁹ numa mudança de episteme capaz de vencer a resistência da racionalidade científica. O campo epistemológico da produção da ciência como cultura implica, pois, uma mudança paradigmática - do paradigma do racionalismo científico onde domina a lógica da monocultura, para a emergência do paradigma cultural onde dominam exigências de inter/multiculturalidade, de novas concepções multiculturais e de uma pluralidade de conhecimentos.^{3,19,30,31}

Do paradigma do racionalismo científico à emergência do paradigma cultural

As raras reflexões sobre a natureza da ciência têm sido reflexões epistemológicas penetradas por uma mesma filosofia. Uma filosofia ligada à ciência positivista e ao paradigma da racionalidade científica. Porém, encarar a ciência como uma parte fundamental da cultura contemporânea passa por um núcleo de ideias que questione o estatuto, propósitos, convicções, valores, compromissos metodológicos, práticas instrucionais referente ao ethos da ciência. Passa por repensar o paradigma do racionalismo científico. Um paradigma onde domina o culto da razão e a via cognitiva de construção que tem vindo a privilegiar epistemologicamente a ciência moderna e a cidadania moderna - lógica da monocultura. Sobrevaloriza a sub-cultura da ciência ocidental - sub-cultura da ciência mas também sub-cultura da cultura ocidental. Este paradigma, como mencionam Popekewitz e Bloch,³² “conduziu a que se acreditasse que a ciência seria capaz

de fornecer respostas sistemáticas às necessidades de progresso individual e social por intermédio de políticas sociais coerentes e de formas de governação racionalizadas”. Como todos sabemos, é um paradigma marcado pelo positivismo, pelo iluminismo e pelo cientismo. Ismos que se situam na linha directa do enaltecimento da ciência e que são frutos da consolidação do paradigma newtoniano, cuja aceitação generalizada se ficou a dever, em grande parte, à acção determinante de Kant.

O positivismo com a sua idolatria pelo facto e com a sua confiança cega no progresso, procurou reduzir a técnica aos utensílios, às máquinas e a um conjunto de procedimentos resultantes da aplicação de teorias científicas objectivas e rigorosamente demonstradas. Segundo Gray,³³ “o catecismo positivista tinha três dogmas principais: a história é conduzida pelo poder da ciência. O conhecimento cresce e as novas tecnologias são os determinantes fundamentais das mudanças na sociedade humana; a ciência permitirá que a escassez natural seja vencida, uma vez conseguido isso, os dois males imemorais, a pobreza e a guerra serão banidos para sempre; o progresso da ciência e o progresso da ética e da política andam de mãos dadas. À medida que o conhecimento científico avança e se vai tornando sistematicamente organizado, os valores humanos convergirão cada vez mais”. Catecismo vaticinador que, como todos sabemos, está muito longe de se concretizar.

O positivismo levou ao “vício pela ciência” ou cientismo que se apoia nas convicções de que há uma ciência, actual ou potencial, para tratar com todos os problemas e de que a ciência descobre e descobrirá inteiramente a verdade identificada à realidade concreta do mundo em que vivemos. Foi a ideologia do cientismo que nos habituou a dividir todo o pensamento em duas categorias, a do conhecimento científico - radicalização de propostas marcadas pela positividade e a do outro; e de um conhecimento marcado pela negatividade.

Por sua vez, o iluminismo, apreciação apenas da verdade própria da ciência, reduzindo a pluralidade de interpretações a uma uniformidade triunfalista - “ideal das luzes” - articula-se directamente com o “culto da razão”. Na defesa deste culto, Kant³⁴ define o iluminismo (aufklärung) como a “saída do homem da menoridade - saída da sua incapacidade para se servir do entendimento a não ser que guiado por outrem”. Note-se que a “divisa das luzes” é precisamente: “tem coragem de te servir do teu próprio entendimento”. De facto, Kant defende que, uma vez que a sensibilidade só por si não basta, o entendimento - “poder de produzir conceitos” - é fundamental para que haja conhecimento. Assim, a ideologia do iluminismo, pretendendo afastar a autoridade institucional e o seu código de valores, endeusa outros valores; pretendendo afastar os dogmas, dogmatiza a razão; pretendendo afastar o Deus providência, elege o Deus arquitecto, o Deus que propicia um universo semelhante a um mecanismo de relojoaria; pretendendo afastar o obscurantismo, de uma vez por todas, oferece as luzes resplandecentes da ciência que irão “iluminar” para todo o sempre o olhar sobre o mundo. É a partir do paradigma newtoniano que os valores da ciência são pensados de forma imperialista - “Ideal das luzes”. “Este ideal parte da convicção de que a luz aberta por Newton jamais se apagaria, de que iria iluminar a realidade para todo o sempre. Elege como lema da ciência o domínio do Universo - conhecendo-o, agindo sobre ele, transformando-o, subjugando-o. O símbolo do ‘iluminismo racionalista’ traduz bem a consagração da ciência: um sol com rosto humano (razão) sorri prazenteiramente (felicidade decorrente do progresso do conhecimento), enquanto derrama sobre a terra a sua luz benéfica (radiação luminosa da ciência) e dissipa uma massa de nuvens negras (trevas do erro e da ignorância)”.³

Numa atitude de defesa contra o positivismo, o cientismo e o iluminismo, o tratamento da ciência como cultura passa por mudanças do campo epistemológico para a produção do conhecimento científico. Passa por reflexões sobre o paradigma cultural onde se insere.

O paradigma cultural pretende reflectir uma época de aprofundamento da “sabedoria prática”, de reencontro com a cultura e o saber prático, de alargamento do contexto em que a ciência opera e de estreitamento das ligações da ciência à técnica e à sociedade. É deste reencontro que surge uma nova relação entre ciência e sociedade, entre saber científico e senso comum entre ciência cidadã e cidadania. É um paradigma que desperta o cidadão para diálogos de saberes distanciados de posturas empiristas e para princípios epistemológicos que questionam a racionalidade da ciência moderna de raiz iluminista, pondo em causa o “velho” modelo epistemológico que ainda nos domina, vulgarmente designado por projecto positivista. Anima-nos a fertilizar o saber científico com outros saberes e com “novas” racionalidades que não expulsam a razoabilidade e que fazem ressaltar a importância da contextualidade.

Segundo este paradigma, uma identificação estreita da ciência à própria realidade “desumaniza” a ciência. Ao apontar para uma civilização de diferenças faz perder força ao mito da universalidade da ciência, bem como a outras imagens míticas de ciência. Nesta mudança de paradigmas a cultura áudio visual tende a sobrepor-se à cultura letrada, a cultura da argumentação à cultura da evidência, o particularismo e relativismo ao universalismo, a insegurança e o caos à segurança da certeza, a crise de valores à organização maniqueísta de valores.

O paradigma cultural tem pontos de contacto com uma teoria com grandes repercussões sociais na actualidade – a teoria multicultural.^{3,10,19} Esta teoria, com base em argumentos culturais, éticos e políticos, defende a coexistência harmoniosa entre a visão do mundo da ciência ocidental e outras visões do mundo marcadas pelo contexto ou pela tradição. É uma teoria que tem em conta as grandes dificuldades sociais implicadas em “navegar” entre sub-culturas do quotidiano, entre sub-culturas do mundo da ciência mas, sobretudo, entre sub-culturas do quotidiano e sub-culturas do mundo da ciência.

Quanto a nós, embora a chave e a força dos encontros culturais esteja na multiplicidade de pertenças culturais segundo um princípio de complementaridade e de enriquecimento mútuo, a hipervalorização do que distingue, esquecendo o que une, tem levado ao desenvolvimento paternalista de uma lógica de complacência em relação ao universalismo iluminista da cultura científica ocidental. Afasta o tão necessário diálogo de culturas. O recurso a áreas diferentes pode desmistificar “o mito do cientismo” ajuda-nos a assumir o que nos diferencia para que possamos encontrar o que nos une. Na origem da ideologia do multiculturalismo está a progressão de uma cultura mundializada (fruto da globalização) e reacções a injustiças procedentes de processos de aculturação de que foram alvo grupos de cidadãos marginalizados.

IMPLICAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS DA CIÊNCIA COMO CULTURA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA ESCOLAR

No ensino científico da escola retêm-se os factos, esquecem-se as razões e é assim que a “cultura geral” fica entregue ao empirismo da memória.¹

A ciência como cultura valoriza a dimensão formativa e cultural da educação científica. O reconhecimento do valor cultural e ético da ciência, nas suas interacções com a tecnologia e com a sociedade, não é apenas dos dias de hoje. Pelo contrário, tem já uma longa tradição. Por exemplo, filósofos e educadores como Dewey, Whithead e Snow apontaram, como um notório erro da educação, a separação da ciência da tecnologia.

A Educação Científica Escolar (ECE) tem virtualidades relevantes para a vida dos cidadãos, se se fizer um esforço explícito no sentido do aproveitamento dessas virtualidades. Um esforço que

implica uma viragem no entendimento de educação³⁰ e mudanças no entendimento disciplinar da ciência.^{3,10} De facto, se a maior parte do tempo vivido pelos alunos na escola é dedicado às disciplinas curriculares é principalmente nestas que a educação científica escolar deve investir. Pode fazê-lo através dos saberes e competências que essas disciplinas veiculam, dos processos de aprender e de pensar que promovem e dos valores sociais, culturais, humanistas e cívicos que lhes estão associados. Um esforço para que a imagem escolar de ciência corresponda, cada vez menos, à imagem escolar canónica de uma disciplina neutral e objectiva, transmitida de geração em geração - imagem que ignora aspectos funcionais e pragmáticos do saber e que surge desligada de questões sociais, filosóficas, políticas, económicas e éticas. Um esforço para que a ciência e a sua outra face a tecnologia penetrem, cada vez mais intensamente, no nosso quotidiano social, constituindo parte integrante dos debates culturais que preocupam a sociedade actual dominada pela ideia de globalização. Debates em que o entendimento de cultura inclui, para além de conhecimentos básicos e de manifestações em áreas tradicionais (literatura, cinema, música, arte, etc.) conhecimentos básicos em ciência e sobre a ciência e manifestações de algo que marca a nossa realidade social – “a cultura do fazer”. Debates em que se recorra à cultura mediática para comparar e confrontar ciência, não ciência e pseudo-ciência.

Os tratamentos tradicionais da ECE têm-se ocupado muito pouco de questões relacionadas com cidadania. De igual forma, os tratamentos tradicionais de cidadania ocuparam-se muito pouco de questões relacionadas com o saber científico.¹⁹ Construir ambientes educativos que sejam eles próprios ambientes de cidadania, e permear o ensino substantivo da disciplina de princípios e valores que penetrem em questões relacionadas com alguns conteúdos da ciência, com a sua natureza e estatuto e com o lugar da história da ciência no ensino da ciência, não é subestimar a dimensão conceptual da disciplina mas complementá-la com a dimensão formativa.^{19,20,23}

A ECE é frequentemente vista como uma subcultura da ciência apostada em dar da natureza da ciência uma imagem mítica. Reforça mitos sobre ciência há muito instalados.^{3,10} De facto, mesmo quando não se pretende dar uma imagem de ciência como cultura, ao apresentá-la como um conjunto de “verdades” aculturais, transmite-se ao aluno, em geral de forma implícita, um conjunto de aspectos estereotipados, através dos quais se impõe, consciente ou inconscientemente, uma visão do que caracteriza, ortodoxamente, aquela cultura.

Ao contrário, quando um projecto de ECE radica conscientemente na ciência como cultura, presta particular atenção às novidades epistémicas da tecnociência. São elas que abrem novas vias na forma de ensinar. Vias que se afastam da matriz disciplinar tradicional - ensino de ciência pura, de tendência demarcacionista, e se aproximam de um ensino CTS. Um ensino atento a laços sociais entre a ciência e a tecnologia sejam eles de natureza idealista, materialista ou interacionista.^{3,10,11,31}

Assim, uma análise mais profunda mostra que a actual reconcepção no ensino das ciências - mudança da concepção de ciência pura para a concepção de ciência como cultura depende, para além de razões económicas, sociais, culturais e humanistas, do entendimento da nova matriz social e tecnológica da ciência resultante de profundas mudanças no ethos da ciência e da tecnologia.

A ciência pura na educação científica escolar

O conhecimento sobre a ciência, sobre a tecnologia e sobre o mundo que uma ECE, demasiado “agarrada” à ideia de “ciência pura”, proporciona não prepara o cidadão para lidar com as realidades tecnocientíficas da vida actual. Ao contrário, adensando o mistério à volta de desenvolvimentos científicos actuais e de mudanças técnicas contribui para que vivamos numa incerteza crescente no que se refere

às técnicas. Não só no que diz respeito à sua origem e mecanismos mas, sobretudo, no que respeita aos seus efeitos. O analfabetismo científico e técnico, a consciência do saber do não saber, os mitos, as utopias e os rituais que se jogam na sociedade, o *bluff* do discurso tecnológico⁹ e o poder de que hoje se arroga o técnico, têm um efeito redutor a nível da sociedade. Não ajudam o cidadão a defender-se dos monopólios de interpretação, nem da renúncia à interpretação. Não problematizando os paradigmas estabelecidos e não demandando novas metodologias capazes de orientar um processo de reconstrução do saber, não permite realizar uma análise integrada da realidade inerente a uma educação cidadã.^{19,24} Ao ignorar situações sociais de conflito, vividas por cidadãos comuns em situação, bem como testemunhos académicos recentes que depõem contra uma ciência pouco credível, fiável e sustentável, afasta-se de uma cidadania crítica. Ao centrar-se em vitórias reais da ciência moderna e ao omitir as suas limitações éticas incute uma confiança cega na ciência e na tecnologia para resolver qualquer problema, seja presente seja futuro, servindo mais para excluir e marginalizar do que para autorizar os cidadãos. Ao ignorar que a ciência assumiu o privilégio epistemológico positivista de ser a única forma de conhecimento válido, contribui para reforçar a “epistemologia do lixo”.²⁸

A ciência como cultura na educação científica escolar

A ECE, que tem como matriz a ciência como cultura, está atenta ao ethos da tecnociência e em particular aos saltos epistemológicos provocados pela tecnologia. Reconhece que a ciência e a tecnologia são interdependentes na medida em que são entidades que: conjugam a sanção de verdade com a sanção de eficácia; são condição e consequência uma da outra - a ciência cria novos seres técnicos e a técnica cria novas linhas de objectos científicos; servem-se dos recursos uma da outra - criam instrumentos uma à outra; os avanços e o poder de uma tornam-se os avanços e o poder da outra - reforçam-se mutuamente.³ Reconhece, também que, à medida que se vão estreitando as ligações da ciência à tecnologia, vão aumentando as ambivalências éticas de tais ligações²⁰ e vão oscilando as leituras da tecnociência. Estas dependem do peso dos discursos que exaltam os seus benefícios ou dos que acentuam os seus malefícios: não facilitar reflexões informadas para decisões dos cidadãos, influência negativa na configuração da sociedade nos planos económico, político, simbólico-cultural e na forma de exercer a cidadania, implicações em “actividades impuras” como as do mercado, da política e da guerra, dependência de *lobbies* e de governos, condicionamento por interesses económicos e políticos, reforço do poder daqueles que o possuem em detrimento dos mais desfavorecidos...

A ECE entrecruza as culturas científica e humanista com a cultura técnica ou seja com a “cultura do fazer”. Chama a atenção para os laços sociais que unem as sociedades à técnica e estas à ciência. Implica-se na promoção da consciência tecnológica (consciência das implicações pessoais, sociais, morais, económicas e sobretudo ambientais do desenvolvimento tecnológico) e alerta para os perigos da ideologia tecnocrática que leva a pretender resolver questões humanas através da ciência e da tecnologia sem questionamentos sociopolíticos ou éticos, a deixar-nos conduzir, sem reflexão nem debate, pela ciência e pela técnica, a aceitar como um evangelho os critérios implícitos no trabalho dos tecnocratas – “homens, que pretendem dirigir a nação apenas em função da sua competência técnica e em que tudo o que é poder depende deles”.¹⁹

Com a ciência como cultura pretende-se que a ECE contribua para diluir o império do “conhecimento regulação” em prol do “conhecimento emancipação”²⁸ atenuando o domínio da racionalidade instrumental da ciência com racionalidades sociais, levando a reflectir sobre o seu estatuto e propósitos. Sair do círculo fechado da

racionalidade das ciências, denunciar metas e valores que a ligam à ideologia do positivismo iluminista, ao pragmatismo comercial e ao consumismo, contribui para um questionamento sobre o uso técnico e político da ciência e sobre a complexidade dos problemas socio-ambientais. Debater o que entendemos actualmente por ciência, por cultura, por cidadania e por tecnologia, favorece a “cientificação” da cidadania (forma de aproximar o cidadão da ciência) e a “civilização” da ciência (forma de aproximar a ciência do cidadão)¹⁹. Não obstante, como já referimos, questionar o valor, limites e contradições da ciência, não implica impedir o reconhecimento do valor e especificidade das diferentes ciências.

A educação científica que tem como requisito e instrumento gerador de cidadania a ciência como cultura ao propor-se ensinar a cada potencial cidadão o indispensável para se tornar cidadão de facto torna-se numa educação cidadã^{19,24} que ajuda a redefinir o ser através do saber, a dar sentido à participação informada do cidadão no processo de tomada de decisões e a estimular “o aprender a aprender – um conhecimento estratégico para continuar a aprender”³⁰ que não se confina à conceptualização. São também seus requisitos: aprender a pensar, a protestar, a negociar, a conviver, a argumentar, a decidir, a desconfiar dos nossos preconceitos, a ouvir os outros, a protelar juízos, a harmonizar o nosso interesse com o interesse colectivo, a gerir dificuldades, a apreciar o valor da democracia, a empenhar-nos na construção colectiva de um mundo melhor. São ainda requisitos de uma educação cidadã saber do que se fala quando se fala cidadania. Na realidade, é muito diferente centrar os seus objectivos na cidadania civil (instigada pela Revolução Francesa), na cidadania social (instigada pelo rescaldo das grandes guerras mundiais), na cidadania liberal (a cidadania individualista que se tornou mais universal na idade moderna) ou em formas emergentes de cidadania pós-liberal mais sintonizadas com a ciência como cultura.¹⁹

CONSIDERAÇÕES FINAIS

*O princípio de uma cultura continuada é a base da cultura científica moderna (...). Uma cultura bloqueada por um tempo escolar é a própria negação da cultura científica. Não há ciência a não ser para uma escola permanente. É esta escola que a ciência deve fundar.*²⁷

As implicações epistemológicas que temos vindo a referir, apesar da sua índole generalista, não podem deixar de ter em conta as “diferentes regiões do saber”.¹ Cada região do conhecimento tem as suas problemáticas específicas e as suas soluções próprias. Como diz Bachelard,¹ “a racionalidade de um domínio não pode ser posta em total coincidência com a racionalidade de outro domínio”. Neste sentido, o racionalismo bachelardiano ressalta que é ao nível de cada ciência e de cada noção que se devem pensar tais implicações. “A dualidade do racionalismo integral e do racionalismo regional é uma dialéctica muito cerrada”.¹ Assim, voltando-nos agora para os espantosos desenvolvimentos científicos e tecnológicos da Química na actualidade, com impactos sociais e culturais positivos e negativos, é nossa intenção contribuir para desestabilizar, na Didáctica da Química, o que mereça ser desestabilizado, diminuindo assim a probabilidade da sua permanência.

Do nosso ponto de vista, há perdas educativas significativas quando o ensino da Química:

- Confina o estatuto académico da Química ao ensino de conteúdos ortodoxos e menospreza conteúdos, materiais, técnicas, questionamentos e debates relacionados com acontecimentos que estão a ocorrer no ciclo de vida dos alunos e que são propícios a reflexões e acções que ajudem a restituir aos jovens o interesse pela Química e pelo seu valor científico, técnico, cívico, cultural e ético. Aconteci-

mentos, capazes de despertar a sua consciência para problemas actuais relacionados com estereótipos, responsabilidade social, ambiente, efeitos benéficos e tóxicos de químicos no organismo e no ambiente, consumo, publicidade, espaços públicos e para o desvanecer das divisões culturais tradicionais entre ciência e tecnologia;

- Limita os aspectos socioculturais da Química a apologias ou hostilizações relacionadas com efeitos sociais de processos e produtos tecnológicos sem chamar a atenção para o carácter ambivalente de sistemas sociotécnicos de manufacturação e de uso e adensando a ideologia tecnocrática radicada na crença de que existe um laço linear e automático entre técnicas químicas e soluções eticamente “boas” ou, ao contrário, entre técnicas químicas e soluções eticamente “más”. Patentear a ambivalência de processos e produtos químicos não é impeditivo de implicar os alunos na apreciação do mundo feito pelo homem, no vigor das transformações, no demonstrar que o conhecimento tecnológico se relaciona com o empenhamento humano e com o poder que o homem tem de criar e usar produtos, utensílios, técnicas, recursos e sistemas, manejando ambientes naturais e artificiais. Ao não alargar o interesse pela “cultura do fazer” a um universo de valores e de limites técnicos, estéticos, sociais e éticos prolonga a alienação que determinados objectos técnicos provocam nos seus utilizadores, sem ter em conta que, como diz Simondon,¹² “quanto mais ignorantes forem os utilizadores maior é a alienação produzida pelos objectos técnicos”.

- Endeusa o cientismo e, consequentemente, ignora encontros entre o saber químico e outros saberes organizados pela cultura, Abstrai de que nem todos os saberes incorporados nos artefactos químicos são conhecimentos científicos e do potencial tecnológico humano nas suas relações com processos civilizacionais e com desigualdades sociais. Por exemplo, não evidencia como diferentes realidades tecnológicas mudam a forma como as pessoas vivem e sentem e, reciprocamente, como essas mudanças estão na origem de outras realidades técnicas. Não mostra, designadamente, que, para além de resolução de problemas práticos, o imaginário social tem funcionado como motor de técnicas químicas e de que o modo de produção de muitos químicos incorpora escolhas da sociedade e opera nela grandes mudanças sociais e culturais. Ao não patentear a que ponto o conhecimento comum pode constituir um obstáculo epistemológico à construção do conhecimento químico, um obstáculo que é necessário ultrapassar sem destruir o próprio obstáculo (só é obstáculo na constituição do saber científico e não noutras configurações do saber), não o desoculta para que se dê o “salto” do obstáculo. Na verdade, há palavras bloqueadoras, falsamente explicativas, que Bachelard²⁷ designa de “obstáculos verbais” - “falsas explicação à custa de uma palavra explicativa”. Por exemplo, as palavras alquimia, química e ar ao longo da história têm funcionado como palavras obstáculo. A este propósito, o papa João XXII, no século XIV, disse contra os alquimistas: “quando não encontram a verdade inventam-na, atribuem-se um poder que não têm, escondem as mentiras com discursos e finalmente, graças a acordos enganosos, fazem passar por ouro ou prata o que o não é”. Estas e outras opiniões levaram à proibição dos estudos relacionados com a ciência a que hoje chamamos química, embora na base dessa proibição estivessem principalmente razões de ordem económica: receava-se mais a obtenção do ouro por processos artificiais do que a assim chamada “charlatanice” dos alquimistas. Em 1661 Boyle, num livro que então publicou, retirou a primeira sílaba às palavras alquimia e alquimista. A partir de então a ciência passou a ser a química e os que trabalham nesse campo os químicos.

- Não capacita o aluno, para lidar efectiva e funcionalmente com produtos e processos químicos tendo em atenção estratégias, competências, atitudes, e valores relacionados com contextos de acção e com problemas práticos. Ao não alargar a cultura tecnocientífica a competências de resolução de problemas práticos, tende a omitir,

sistematicamente, casos que ilustram semelhanças e diferenças entre empreendimentos científicos e tecnológicos e que mostrem, designadamente, que nem sempre os empreendimentos científicos precedem e preparam as contribuições tecnológicas. Há casos em que, como ressalta Mumford,³⁵ são estas que antecedem e preparam aqueles. Por exemplo, a extração de metais precedeu em milénios o desenvolvimento da química dos metais. Dado que a Química é uma ciência muito virada para contextos sociais e tecnológicos, a sua compreensão é facilitada por contextos específicos, por situações do dia a dia com dimensão científica que estruturam conhecimentos científicos e actividades - cognição situada.²⁶ Falar de química na cozinha não é apenas falar na tipologia de alimentos que temos à nossa disposição mas também da fome no mundo e nas desigualdades sociais relacionadas com a obtenção de alimentos. Falar de química na farmácia; química nos produtos de limpeza; química agrícola (fertilizantes, herbicidas, amadurecedores, pesticidas...); química orgânica (silicones, vernizes, corantes) é falar também de situações que reclamam a resolução de problemas práticos e dos reflexos de saberes e práticas químicas nos planos físico, biológico, cultural e humano.

- Revive a história da Química sem ter em conta episódios históricos de valor cultural, controvérsias históricas, tradições científicas de pesquisa que ilustram movimentos de investigação que implicam comunidades científicas que, de época para época, trabalham em determinadas direcções influenciadas por uma determinada matriz disciplinar embebida num contexto cultural. Bachelard¹ ressalta formas de reviver o passado demasiado esquemáticas, mecanicistas e simplistas que levam a conceber, sistematicamente, o progresso como uma progressão linear do pior ao melhor - uma sucessão de acontecimentos com sucesso, que não mostram como tal ou tal modelo teórico foi surgindo historicamente, em que quadro de objectivos, que controvérsias levantou, que contextos sociais o influenciaram, que obstáculos epistemológicos teve de ultrapassar e como se tornou fequendo em termos práticos. Refere-se, designadamente, a experiências escolares sobre o carácter elementar do oxigénio que desvanecem por completo a história da sua descoberta. Uma descoberta muito complexa e muito empenhada numa problemática multiforme.

Em suma, o campo do ensino de Química quando apostado em reposicionar o ser através do saber é um campo em aberto e multidireccionado que, para além de desafios à “Química tal qual se faz”, no sentido de encontrar novas formas de operar na sociedade do conhecimento, desafia a “Química tal qual se diz” a dar “voz” ao cidadão, inserindo a construção da cidadania na construção do saber. Um desafio que não pode ignorar as profundas transformações na matriz social e tecnológica da ciência no seu todo, e as da Química em particular, e que requer posturas cidadãs críticas face a tal matriz.

REFERÊNCIAS

1. Bachelard, G.; *Le rationalisme appliqué*, 5ª ed.; PUF: Paris, 1975, p. 12, 114, 123, 135.
2. Patrício, M.; *Revista de Educação* **1995**, V, 11.
3. Santos, M-E.; *Desafios pedagógicos para o século XXI. Suas raízes em fontes de mudança de natureza científica, tecnológica e social*, Livros Horizonte: Lisboa, 1999, p. 112, 114, 114/5, 89, 95, 141, 119, 49, 52.
4. Morin, E.; *Sociologia*, Europa-América: Lisboa, s/d, p. 263, 295.
5. Horkheimer, M.; Adorno, T.; *Dialectica dell'illuminismo*, Einaudi: Turim, 1996.
6. Sartre, J.; *Les mots*, Gallimard: Paris, 1963.
7. Foucault, M.; *Remarks on Marx. Conversations with Duccio Trombadori*, Semiotext(e): New York, 1991, p. 30.
8. Santos, M-E.; *Área Escola/Escola. Desafios interdisciplinares*, Livros Horizonte: Lisboa, 1994, p.118.
9. Ellul, J.; *Le bluff technologic*, Hachette: Paris, 1988.

10. Santos, M-E.; *A cidadania na "voz" dos manuais escolares. O que temos? O que queremos?*, Livros Horizonte: Lisboa, 2001, p. 107.
11. Santos, M-E. Em *La enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*; Membiela, P., ed.; Narcea: Madrid, 2001, p. 61-75.
12. Simondon, G.; *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier: Paris, 1989, p. 93 e 63.
13. Layton, D.; *Technology's challenge to science education*, Open University Press: Buntingford, 1993.
14. Hottois, G. Em *La technoscience Les fractures des discours*; Prades, J., ed.; L'Harmattan: Paris, 1992, p. 175-197.
15. Ladrière, J.; *Les enjeux de la rationalité: Le défi de la science et de la technology aux cultures*, Aubier/Unesco: Paris, 1977.
16. Latour, B.; *La science en action*, La Découverte: Paris, 1989.
17. Roqueplo, P.; *Penser la technique, pour une démocratie concrète*, Seuil: Paris, 1983.
18. Soares, M.; *A ciência como cultura*, Imprensa Nacional/Casa da Moeda: Lisboa, 1992.
19. Santos, M-E.; *Que Educação? Para que Cidadania? Em que Escola?*, Santos-Edu: Lisboa, 2005, vol. 2, p. 32, 42, 66, 157/8.
20. Santos, M-E.; *Pesquisa em Educação ambiental* **2007**, 2, 1.
21. Santos, M-E.; *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **2004**, 4, 76.
22. Irwin, A.; *Ciência cidadã: Um estudo das pessoas, especialização e desenvolvimento sustentável*, Piaget: Lisboa, 1998.
23. Santos, M-E.; *Revista Iberoamericana de Ciência, Tecnología y Sociedad* **2005**, 6, 137.
24. Santos, M-E.; *Educação: Temas e Problemas – Educação, Ética e Sustentabilidade* **2007**, 3, 169.
25. Santos, M-E.; *Mudança conceptual na sala de aula – Um desafio pedagógico*, Livros Horizonte: Lisboa, 1991.
26. Lave, J.; *Cognition in practice. Mind, mathematics and culture in everyday life*, University Press: Cambridge, 1988.
27. Bachelard, G.; *La formation de l'esprit scientifique*, 13ª ed.; PUF: Paris; 1986, p. 79, 56.
28. Santos, B.; *A crítica da razão indolente*, Afrontamento: Porto: 2000.
29. Leff, E.; *Aventuras da epistemologia ambiental*, Garamond: Rio de Janeiro, 2004.
30. Santos, M-E.; *Que Educação? Para que Cidadania? Em que Escola?*, Santos-Edu: Lisboa, 2005, vol. 1, p. 100.
31. Santos, M-E. Em *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del signo XXI*; Membiela, P.; Padilla, Y., eds.; Educación Editora: Vigo, p. 23-26; <http://webs.uvigo.es/educacion.editora/Libro01.htm> acessada em Agosto 2008.
32. Popkewitz, T.; Bloch, M. Em *A difusão mundial da escola*; Nóvoa, A.; Schriewer, J., eds.; Educa: Lisboa, 2000, p. 41.
33. Gray, J.; *Al-Qaeda e o significado de ser moderno*, Relógio d'água: Lisboa, 2004, p. 45.
34. Kant, I.; *Crítica da razão pura*, Fundação Gulbenkian: Lisboa, 1985.
35. Mumford, L.; *Technique et civilization*, Seuil: Paris, 1950.