



Perspectivas para a educação científica: o que dizem especialistas da área de ensino de ciências

Perspectives for science education: what experts say in science education

Luciana Maria Lunardi Campos

Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP - Brasil
Programa de Pós-Graduação em Educação Para a Ciência,
Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP - Brasil
luciana.lunardi-campos@unesp.br
<https://orcid.org/0000-0003-3258-0444>

Elisangela Matias Miranda

Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS – Brasil
elisangelamiranda@ufgd.edu.br

Alessandra Miguel Kapp

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP, Barretos, SP - Brasil
Doutoranda no programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE)
na Universidade Federal de São Carlos – UFSCar
alessandra.kapp@ifsp.edu.br
le.m.kapp@gmail.com

Renato Eugênio da Silva Diniz

Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP - Brasil
Programa de Pós-Graduação em Educação Para a Ciência,
Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP- Brasil
renato.es.diniz@unesp.br

Resumo:

A educação científica e crítica, utilizada como perspectiva teórica do presente trabalho, pauta-se na inserção de uma abordagem de ensino de ciências mais reflexiva e contextualizada. Essa abordagem integra os principais impactos da ciência bem como a resolução de problemas socioambientais e a tomada de decisão responsável. Desta forma, a educação científica voltada para a formação cidadã contribui para que o sujeito atue de modo significativo dentro e fora dos espaços escolares. Nesse sentido, este artigo tem como objetivo analisar a concepção de educação científica de um grupo de especialistas, que trabalham com a temática estudada neste trabalho. O painel de especialistas selecionados participou do estudo Delphi. O método Delphi, utilizado como recurso metodológico, foi constituído por sequências de questionários enviadas por e-mail a todos os participantes do estudo. A cada rodada do questionário, as respostas dos especialistas foram sistematizadas e analisadas. Posteriormente, essas respostas foram reformuladas e enviadas novamente aos participantes, buscando assim, encontrar elementos consensuais entre eles. A partir da análise de conteúdo, identificou-se três categorias referentes a educação científica e crítica. São elas: I) função



da educação científica crítica; II) natureza da ciência e III) aspectos metodológicos. Dentre categorias destacadas a mais recorrente foi a função da educação científica e crítica. Assim, os elementos identificados, pelos especialistas, abrem espaços para o desenvolvimento de ações transformadoras no espaço escolar que buscam integrar efetivamente as ciências da natureza com as ciências sociais, reconhecendo assim, a influência de aspectos sociológicos e filosóficos na própria compreensão da natureza da ciência.

Palavras-chave: Educação Crítica; Concepção; Especialistas; Metodologia Delphi

Resumen:

La educación científica y crítica, utilizada como perspectiva teórica de este trabajo, se fundamenta en la inserción de un enfoque de enseñanza de la ciencia más reflexivo y contextualizado. Considerando los principales impactos de la ciencia, así como la resolución de los problemas socioambientales y la toma de decisiones responsables. En ese sentido, la educación científica centrada en la formación ciudadana contribuye para que el sujeto actúe de modo significativo dentro y fuera de los espacios escolares. De este modo, este artículo pretende analizar la concepción de la educación científica de un grupo de especialistas, que trabajan con la temática estudiada en este trabajo. El panel de expertos seleccionado participó en el estudio Delphi. El método Delphi, utilizado como recurso metodológico, fue constituido por secuencias de cuestionarios enviadas por correo electrónico a todos los participantes del estudio. En cada ronda del cuestionario, las respuestas de los especialistas fueron sistematizadas y analizadas. Posteriormente, las respuestas fueron reformuladas y enviadas nuevamente a los participantes, buscando así, encontrar elementos consensuados entre ellos. A partir del análisis de contenido, se identificaron tres categorías referentes a la educación científica y crítica. Son ellas: I) función de la educación científica crítica; II) naturaleza de la ciencia y III) aspectos metodológicos. Entre las categorías destacadas la más recurrente fue la función de la educación científica y crítica. Así, los elementos identificados por los especialistas abren espacios para el desarrollo de acciones transformadoras en el espacio escolar que buscan integrar efectivamente las ciencias de la naturaleza a las ciencias sociales, reconociendo así la influencia de la aspectos sociológicos y filosóficos en la comprensión misma de la naturaleza de la ciencia.

Palabras clave: Educación crítica; Concepción; Expertos; Metodología Delphi

Abstract:

The critical scientific education, used in the present work, is guided by a science teaching more reflective and contextualized. This approach gathers together the main impacts of science as well as the resolution of socio-environmental problems and conscious decision-making. In this way, the scientific education focused on the citizen education contributes



so that each one acts in a significant way inside and outside the school spaces. In this sense, we analyzed in this article the conception of scientific education of a group of specialists, who work with the theme studied in this work. The panel of selected experts participated in the Delphi study. The Delphi method, used as a methodological resource, consisted of sequences of questionnaires sent by e-mail to all participants. For each turn of the questionnaire, the specialists' answers were systematized and analyzed. Subsequently, these answers were reformulated and sent back again to the participants, seeking to find consensual elements among them. From the content analysis, three categories of critical and scientific education were identified. They are: I) function of critical scientific education; II) nature of science and III) methodological aspects. The most recurrent category was the function of critical scientific education. Thus, the elements identified by the specialists develop transformative actions in the school to integrate the natural sciences with social sciences and recognize the influence of the sociological and philosophical aspects in the understanding of the nature of science.

Keywords: Critical Education; Concept; Specialists; Delphi Methodology

Introdução

Frente aos problemas ambientais e sociais intensificados no século XXI emergem discussões importantes no campo educacional, dentre elas a relevância da formação científica, sobretudo envolvendo as relações entre ciência-tecnologia-sociedade (CTS) (Oliveira, 2013). A educação, alfabetização e letramento científicos, conceitos que são objeto de inúmeros debates, são compreendidos como elementos essenciais ao desenvolvimento humano, pois "possibilitam que o sujeito compreenda fatores relativos ao avanço científico e tome posições, a partir do conhecimento do conteúdo, do método e da cultura científicas; além de possibilitar a construção de uma imagem mais realista da ciência" (Vieira, Tenreiro-Vieira & Martins, 2011, p.46). Nesta perspectiva, o sujeito, ao compreender melhor as relações CTS, pode estar preparado para encontrar soluções para os problemas, em qualquer área científica e/ou tecnológica, que exijam tomada de decisões, levando em conta os motivos encontrados, rejeitando a parcialidade e a arbitrariedade na avaliação dos argumentos. Deste modo, segundo Tenreiro-Vieira & Martins (2011, p.46):

"o uso de habilidades de CT também permite que os indivíduos tomem decisões sobre questões científicas, racionalizando logicamente a questão em discussão, a fim de detectar falácias em argumentos, ou para suspender a tomada de uma decisão quando não houver provas suficientes para argumentar para rastrear e sustentar uma conclusão."

Para Amorin (2014, p. 13) "uma defesa por uma perspectiva crítica dessa educação, que requer o desenvolvimento de ações no sentido de que eles possam compreender as implicações sociais e ambientais decorrentes do avanço científico e tomar decisões responsáveis".

O presente trabalho está inserido em um projeto de pesquisa mais amplo, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e pelo Conselho



Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ). Conta com a participação de pesquisadores, alunos de iniciação científica e pós-graduação de várias universidades públicas do Brasil, foi iniciado no segundo semestre de 2016 e terá seu término no segundo semestre de 2018. Tem o intuito de construir uma ferramenta avaliativa que permite analisar práticas, materiais didáticos e processos educativos na educação básica e na formação de professores das ciências. Para isso, o projeto possui em cinco momentos: I) levantamento bibliográfico sobre a educação científica na perspectiva CTSA e da Teoria da Complexidade; II) aplicação do questionário Delphi com o grupo de especialistas; III) elaboração dos indicadores que irão compor a ferramenta avaliativa; IV) aplicação da ferramenta e V) sistematização dos resultados.

Diante do exposto, o presente trabalho corresponde a um recorte da análise de uma pergunta do questionário Delphi, aplicado a especialistas, na segunda etapa do projeto. Portanto, o presente artigo tem como objetivo analisar a concepção de educação científica de um grupo de especialistas, que trabalham como a Educação Científica e CTS, participantes do estudo DELPHI, inserido em um contexto maior do projeto de pesquisa mencionado acima.

Contextualização teórica

A educação científica é um processo formativo, frequentemente associado ao exercício da cidadania, no qual com maior frequência possibilitam a discussão:

"de questões relacionadas às interações dos campos disciplinares da tecnociência com o seu entorno sociocultural, notadamente ausente na formação profissional, bem como de aspectos da complexidade das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, a que se acrescenta necessariamente a natureza, transformada pelo conjunto das atividades científico-tecnológicas." (Linsingen, 2007, p.6).

Segundo Pinheiro, Silveira & Bazzo (2007), ela poderia proporcionar aos estudantes situações teóricas e práticas que os possibilitassem observar, analisar, refletir, questionar e explicar os fenômenos naturais, a fim de construir os conhecimentos necessários à interpretação, ao entendimento e à crítica do desenvolvimento científico e tecnológico.

Dessa forma, torna-se fundamental garantir o direito do acesso à informação e ao conhecimento, considerados meios para participação de discussões públicas sobre questões geradas pelas produções da Ciência e da Tecnologia (Pinheiro, Silveira & Bazzo, 2007).

Diferentes movimentos de alfabetização/letramento científico, enfatizam aspectos diferenciados: alguns focalizam a relevância do papel social na tomada de decisões acerca dos avanços científicos e tecnológicos; outros ressaltam a importância de se privilegiar os conteúdos específicos da ciência, e ainda outros enfatizam a importância de se compreender a natureza do conhecimento científico, relacionando-os à linguagem e à argumentação científica (Santos, 2007). Complementando essas questões, Teixeira (2013), destaca que:



"[...] a expressão scientific literacy estabelece vínculos entre ciência, leitura e escrita, colocando as três em um mesmo patamar de imprescindibilidade. [...] aprender ciências deveria ser algo tão imprescindível quanto aprender a leitura e a escrita, uma apropriação desejável para todos os seres humanos, a ser estabelecida como um fenômeno de massa". (Teixeira, 2013, p.801)

Para Ziman (1980) a implementação dos pressupostos da educação CTS no ensino de ciências, não visa subverter os cientistas e as instituições tecnológicas, tampouco, desviar as correntes tradicionais do ensino de Ciências, mas sim entender que:

"a saúde do empreendimento científico depende das pessoas terem uma visão muito mais precisa da Ciência e da Tecnologia, do que elas obtêm dos currículos já existentes. As pessoas precisam ter acesso à caixa preta que contém a ciência, entendida como um instrumento para a ação social. Este deve ser o objetivo fundamental do movimento para a educação CTS - não o de substituir a educação tradicional em Ciências, nem de modificá-la a ponto de não ser mais possível reconhecê-la, mas de corrigir seus desvios inconscientes com temas complementares." (Ziman, 1980, p.53).

Neste contexto, a educação CTS tem como objetivo desenvolver o interesse e o conhecimento sobre a Ciência, as capacidades de pensamento criativo dos alunos por meio de metodologias interativas de aprendizagem: resolução de problemas, tomada de decisões, discussão em grupo, representação de papéis, análise de estudos de casos históricos, debate, discussões de questões controversas, ação cívica na comunidade, utilizando os meios de comunicação e outros recursos da comunidade (Aikenhead, 2000). Corroborando com isso Garritz (1994, p. 218) relata que o:

"enfoque CTS não é uma forma especial de educação (como a educação ambiental, a educação para saúde, etc.), não é tampouco uma maneira de ordenar conteúdo em um currículo ou de selecioná-los, são outras as vias que caracterizam esta corrente: CTS é uma reforma educativa que implica uma mudança de grande alcance em que os conteúdos perdem sua importância relativa e o meio de instrução resulta em ser o mais relevante".

Discussões sobre as relações CTS são centrais, mas em muitos encaminhamentos há uma forte tendência em focalizar os impactos pós-produção da CT na sociedade. Feenberg (2010, p.82), criticando o reducionismo presente em tais encaminhamentos, destaca que "há uma tendência de desviar a crítica dos processos tecnológicos para os produtos e as pessoas, de uma prevenção a priori, para uma limpeza a posteriori". Em síntese, para esse autor, fazer uma avaliação apenas dos impactos pós-produção significa manter intocável, fora do alcance de uma análise crítica, o pano de fundo. Significa abster-se do essencial, focalizando o periférico. Auler (2011, p.1) identifica, na educação em ciências, em particular no movimento CTS, "a tensão entre postulações democráticas e tecnocráticas".

Em oposição às tendências reducionistas e tecnocráticas, a perspectiva crítica propõe uma abordagem da educação científica atrelada aos aspectos sociais, de forma a possibilitar questionamentos de modelos do desenvolvimento científico e tecnológico, numa proposta educacional problematizadora e reflexiva.



Destaca-se a importância da educação científica crítica apresentar não só “[...] conhecimentos em ciência e tecnologia, mas também sobre ciência e tecnologia.” Tal fato se justifica, pois, contribui decisivamente para a construção de uma sociedade atenta às situações decorrentes da relação entre a Ciência e a Tecnologia nas práticas sociais, reconhecendo, por exemplo, riscos decorrentes do desenvolvimento técnico-científico (Martins & Paixão, 2011, p. 144).

Metodologia

Buscando compreender quais seriam os conhecimentos, saberes, práticas e competências fundamentais para especialistas do campo da educação científica crítica utilizou-se o método Delphi como instrumento metodológico.

O método em questão pode ser considerado uma ferramenta de comunicação que inclui “várias áreas na esfera educacional (planejamento de programas, avaliação de necessidades, definição de políticas, uso de recursos, etc.) e com diferentes fins” (Blanco-López et al, 2015, p. 171). Essa ferramenta comunicacional é composta por blocos de questionários a serem enviados por e-mail a todos os participantes do estudo. Em cada rodada do questionário são sistematizadas, analisadas e reformuladas as respostas para serem enviadas novamente aos participantes.

Desta forma, as rodadas dos questionários construídas a partir dos elementos destacados pelos próprios participantes permite que eles possam se posicionar frente a opinião do grupo ao longo de todo o processo de pesquisa (OSBORNE et al., 2003). Com isso, pode-se perceber, que o Delphi abre espaços para criação de novas propostas, bem como para a reconstrução de posicionamentos que são colocados pelos membros do grupo.

O método Delphi foi composto por um painel de especialistas que são convidados a responder etapas de questionários, com o intuito de identificar elementos consensuais entre os especialistas selecionados para a pesquisa (Cohen, Manion e Morrison, 2010 e Osborne, Collins, Ratcliffe & Duschl, 2003).

Embora as respostas a todas as questões possam conter indícios do conceito de educação científica, o presente artigo propõe analisar a primeira questão referente à primeira rodada do questionário Delphi. Pelo fato da utilização das respostas da primeira rodada do questionário, o presente trabalho refere-se a uma etapa da metodologia Delphi.

A análise de conteúdo (Bardin, 2014) foi utilizada como procedimento metodológico. A partir dessa proposta foi definida como unidade de registro, o tema, compreendido como:

“uma unidade de significação complexa, de comprimento variável; a sua validade não é de ordem linguística, mas antes de ordem psicológica :podem constituir um tema tanto uma afirmação como uma alusão; inversamente, um tema pode ser desenvolvido em várias afirmações (ou proposições).” (M.C.dÚnruq apud Bardin, 2014, p. 131).

A partir dos temas, a análise seguiu o processo de categorização, com as categorias sendo resultado da “classificação analógica e progressiva dos elementos (Bardin, 2014, p. 147). Os



dados sofreram um processo de codificação, ou seja, foram transformados e reunidos em unidades, depois numerados e reunidos em categorias.

Na perspectiva de analisar as concepções de educação científica de um grupo de especialistas, os processos de codificação e categorização foram realizados tendo como finalidade a identificação das diferentes ideias manifestadas pelos participantes a respeito do tema. Sendo assim, as categorias encontradas resultaram do agrupamento dessas ideias, razão pela qual se observa a ocorrência de repetições dos participantes nas diferentes categorias e temas apresentados nos resultados. Ao final do processo de categorização foi também possível identificar o número total de participantes reunidos em cada um dos agrupamentos feitos.

O enunciado da questão analisada (questão um da primeira rodada) foi "A partir de sua concepção e sua atuação, elenque os pressupostos centrais de uma educação científica crítica." Em sua análise foram definidas três categorias: I) função da educação científica crítica; II) natureza da ciência e III) aspectos metodológicos.

A categoria "Função da educação científica crítica" reuniu as respostas que tinham por tema o papel, os objetivos e ou as finalidades da educação científica. As respostas foram diversificadas e referiram-se aos seguintes temas: 1- desenvolvimento dos sujeitos, envolvendo aquisição e domínio de conhecimentos; desenvolvimento de pensamento crítico e de habilidades gerais e atuação e participação social e 2- relação com sociedade: Articulação ciência, escola e sociedade e transformações sociais.

Já a categoria "Natureza da ciência" reuniu respostas que tinham por temas: 1- modos de construção do conhecimento científico e 2- aspectos relacionados a diferentes compreensões da natureza da ciência (ciência vinculada à prática social, à história, política e economia; vinculada à tecnologia e sociedade; ciência não verdade absoluta; natureza interdisciplinar e articulada à fenômenos reais) e 3 - Bases teóricas críticas da educação científica.

A última categoria "Aspectos metodológicos" articulou respostas que tinham por tema as ações práticas relacionadas à educação científica crítica. Elas se relacionam às ações de sujeitos ao lidarem com o mundo (conhecer, interpretar e entender ciência e o mundo, participar, dar respostas e resolver problemas) e às ações para ensinar.

Resultados

Na primeira etapa de desenvolvimento do questionário Delphi, a equipe participante do projeto, desenvolveu oito questões discursivas que foram enviadas por e-mail a duzentos e vinte e nove (229) especialistas da área de educação científica e crítica, fundamentada na perspectiva CTS e teoria da complexidade. Desses especialistas, cem (100) eram do Brasil, quarenta e seis (46) de outros países da América Latina, vinte e sete (27) de Portugal e cinquenta e seis (56) da Espanha Contudo, obtivemos respostas de apenas trinta e sete especialistas, sendo que um não respondeu a primeira questão. Portanto, neste trabalho apresentamos resposta de trinta e seis (36) participantes, sendo vinte e quatro (24) do Brasil, cinco (5) de outros países da América Latina, quatro (4) de Portugal e quatro (4) da Espanha. $24 + 5 + 4 + 4 = 37$



As respostas enquadradas na primeira categoria revelam que a maior parte dos participantes (64%) apresentou resposta relacionada à função da educação científica crítica, em sua maioria voltada para aquisição e domínio de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais da ciência.

A natureza da ciência (segunda categoria) esteve presente em respostas de 61% participantes, que em sua maior parte se referem à relação da ciência com aspectos sociais, históricos, políticos e econômicos. Aspectos metodológicos (terceira categoria), envolvendo o desenvolvimento de ações como pressuposto central de uma educação científica crítica, foram indicados nas respostas 44% dos participantes, com ênfase nas ações que deveriam ser realizadas pelo professor.

Em alguns casos, a resposta de um participante continha elementos de duas ou três categorias e, dentro da categoria continha elementos de um ou mais temas. Como exemplo, transcreve-se a resposta do pesquisador especialista 24, que se encontra presente na categoria "natureza da ciência" e "aspectos metodológicos".

P.24 "Uma educação científica crítica compreende: a) a contextualização visando a aproximação entre os conhecimentos científicos e a realidade do aluno, além do contexto social; b) a interdisciplinaridade, pois os problemas reais não estão compartimentados em disciplinas, assim a contextualização depende da interdisciplinaridade. c) a problematização, já que não se pode ensinar aos alunos às respostas para as perguntas que eles nunca se fizeram e essa desperta o interesse e motivação dos alunos, é parte de um ensino com sentido. d) debates acerca da natureza da Ciência, uma vez que para uma educação científica crítica é fundamental que os alunos compreendam como a Ciência é produzida, quais são seus condicionantes históricos e sociais. Desse modo, o conhecimento sobre História da Ciência também é importante à medida que ele possibilita uma maior compreensão da natureza da Ciência".

Verifica-se, na tabela a seguir, as categorias e os seus temas correspondentes, bem como a quantificação do total de participantes em cada uma, buscando assim, sistematizar elementos consensuais entre os especialistas participantes.

Tabela 1 – Categorias, temas e número de participantes.

Categorias	Temas	Total participantes
Função da educação científica crítica	Aquisição e domínio de Conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais das ciências. Desenvolver o pensamento crítico. Articular ciência, escola e sociedade. Atuação/participação social. Crítica e mudanças /transformações sociais. Habilidades gerais	23



Natureza da Ciência	Relação com prática social e aspectos históricos, políticos e econômicos. Relação com tecnologia e sociedade (CTS). Modos de construção do conhecimento científico. Ciência não como verdade absoluta. Interdisciplinar. Relação com fenômenos reais. Bases teóricas críticas da educação científica.	22
Aspectos metodológicos	Conhecer, interpretar e entender ciência e o mundo. Participar. Ações para ensinar. Dar respostas e resolver problemas.	16

A primeira categoria “Função da Educação científica crítica” foi constituída por seis temas, indicados na tabela abaixo.

Tabela 2- Temas da categoria “Função da Educação científica crítica”.

Temas	Participantes	Total de participantes
Aquisição e domínio de Conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais das ciências	P4, P9, P10, P12, P16, P19, P21, P23, P29, P30, P34 e P37	12
Desenvolvimento de pensamento crítico	P3, P4, P6, P16, P21, P23, P26, P33	8
Articulação entre ciência, escola e sociedade	P2, P9, P5, P15, P19, P21, P23, P27, P33	9
Atuação /participação social	P6, P7, P10, P16, P19, P23, P36	7
Crítica e mudanças /transformações sociais	P4, P5, P12, P35	4
Habilidades gerais	P4, P5 e P9	3

Buscando ilustrar a análise dos temas, são apresentados alguns trechos das respostas dos pesquisadores especialistas. Em relação ao primeiro tema - “Aquisição e domínio de Conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais das ciências”, identifica-se o trecho do pesquisador:

P10: “Deve ser feita a abordagem dos modos de construção do conhecimento científico, situando a Ciência como uma forma de ver e explicar o mundo, entre outras que emergem de diferentes contextos, nos quais são produzidos saberes do senso comum, saberes populares e culturais, e outros).”



Conforme destacado por Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins (2011, p. 45) “[...] a educação em si exige, por sua definição, o pensamento crítico”. Tal fato se justifica, na medida em que se destaca a necessidade de o sujeito ser capaz de atuar e tomar decisões responsáveis em uma sociedade plural, exercendo assim, o pleno exercício da cidadania. Nas palavras dos autores desenvolver o pensamento crítico é fazer com que os aprendentes pensem “criticamente sobre suas crenças, fornecendo razões racionais que sustentam e justificá-los”. (p. 45)

Desta forma, conceitos como de alfabetização e pensamento crítico podem ser considerados elementos articuladores da implementação da educação científica crítica. Especificamente, no contexto brasileiro, essas discussões estão inseridas no currículo há várias décadas, como pode ser evidenciado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) quando propõem que seja levado para a sala de aula o debate sobre as relações existentes entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e ao considerarem que o ensino tem como meta:

“mostrar a ciência como elaboração humana para uma compreensão do mundo e como meio para promover transformações (...). Seus conceitos e procedimentos podem contribuir para o questionamento do que se vê e se ouve, para interpretar os fenômenos da natureza, para compreender como a sociedade nela intervém utilizando seus recursos e criando um novo meio social e tecnológico. É importante que se supere a postura que apresenta o ensino de ciências como sinônimo da mera descrição de suas teorias e experiências, sem refletir sobre seus aspectos éticos, culturais e de suas relações com o mundo do trabalho (...). Na educação contemporânea, o ensino de Ciências Naturais é uma das áreas em que se pode contribuir para uma reconstrução da relação ser humano/Natureza em outros termos. A ideia de que o aprendizado deva estar centrado no fazer e no pensar ativo e crítico do aluno tem também essa dimensão de desenvolver uma consciência social e planetária.” (Brasil, 1997, p. 6).

Nesse sentido, para compreensão efetiva da educação científica crítica, se faz necessário identificar elementos da natureza da ciência - segunda categoria destacada neste trabalho.

A importância de se compreender a natureza da ciência, segundo Driver et al. (1996, apud Lederman, 2007, p. 831), também está pautada em cinco argumentos:

“utilitário: é necessário para se compreender a ciência e saber administrar os objetos tecnológicos presentes nos processos cotidianos;

democrático: é necessário para a tomada de decisão consciente sobre assuntos sociocientíficos;

cultural: é necessário para se conhecer o valor da ciência como parte da cultura contemporânea;

moral: é necessário para se desenvolver a compreensão das normas da comunidade científica que se relacionam com compromissos morais da sociedade;

educativo: compreender a natureza da ciência facilita a aprendizagem de assuntos científicos”.



Nesse sentido, Moura (2014, p.31 e 32) destaca que “a natureza da Ciência é entendida como um conjunto de elementos que tratam da construção, estabelecimento e organização do conhecimento científico”, abrangendo questões internas, por exemplo relativas ao método científico, e externas - influência de elementos sociais, culturais, religiosos e políticos na aceitação ou rejeição de ideias científicas e envolve, ainda “um arcabouço de saberes sobre as bases epistemológicas, filosóficas, históricas e culturais da ciência”. Assim, as respostas que traziam elementos relativos à compreensão da ciência como mutável e dinâmica, não sendo verdade absoluta, que visa construir modelos explicativos, tendo métodos específicos, que podem ser variados; relacionada a outros conhecimentos; interdisciplinar e influenciada pelo contexto histórico, político e social foram analisadas e possibilitaram a elaboração de oito temas, como indicado na Tabela 3.

Tabela 3 – Temas da Categoria: “Natureza da Ciência”.

Temas	Participantes	Total de participantes
Relação com prática social e aspectos históricos, políticos e econômicos	P3, P5,P6, P8, P12, P15, P17,P24, P37	9
Relação com tecnologia e sociedade (CTS)	P6, P9,P11,P13,P20,P26,P28	7
Modos de construção do conhecimento científico	P1,P10, P16, P17 e P24	5
Ciência não como verdade absoluta	P1, P10 e P14	3
Interdisciplinar	P10 e P24	2
Relação com fenômenos reais	P3 e P10	2
Bases teóricas críticas da educação científica	P7, P26, P31 e P33	4

Na literatura, é frequente a defesa da compreensão da natureza da ciência como elemento central para uma educação científica. No discurso dos participantes constata-se que a relação da ciência com a sociedade, com determinantes políticos, econômicos e históricos, assim como com a tecnologia foi indicada na fala de 15 participantes. A educação científica crítica foi aproximada da Educação CTS. A articulação CTS em uma perspectiva crítica pauta-se na inserção de:

“temas CTS no ensino de ciências com uma perspectiva crítica significa ampliar o olhar sobre o papel da ciência e da tecnologia na sociedade e discutir em sala de aula questões econômicas, políticas, sociais, culturais, éticas e ambientais. Essas discussões envolvem valores e atitudes, mas precisam estar associadas à compreensão conceitual dos temas relativos a esses aspectos sociocientíficos, pois a tomada de decisão implica a compreensão de conceitos científicos relativos à temática em discussão.” (Santos, 2007, p. 10)

No tema “Bases teóricas críticas”, quatro respostas indicaram: “Educação cidadã e participativa”; “Educação cidadã e emancipatória”, “Propuesta de una Educación emancipatória”:



P31: "educação científica crítica que eu trabalho é baseada na pedagogia histórico-crítica de Demerval Saviani e na pedagogia da práxis de Moacyr Gadotti, ambas com raízes na pedagogia libertadora de Paulo Freire. Os pressupostos da pedagogia histórico-crítica que nos baseamos parte do princípio de temáticas sociocientíficas locais e regionais, com intuito de externar os conflitos acerca do tema, que são sempre balizados por momentos teóricos e práticos (...)."

Desta forma, identificou-se, a partir das respostas, que a maioria dos especialistas destacam que a forma de ver e explicar o mundo são reflexos da maneira com que os sujeitos interpretam e buscam as informações científicas. Nesse sentido, para a compreensão da natureza da ciência, torna-se inaceitável o entendimento da ciência pela ciência, em seu grau de objetividade e neutralidade.

Foi consensual para os especialistas a crítica em relação à objetividade e à neutralidade científica, que se justificou pelo fato de que esta precisa ser considerada como um processo aberto em contínua construção, caracterizando-a como um empreendimento humano de caráter subjetivo e humanístico. Argumentos a favor disso destacam que:

"embora possa ser um fato que as escolhas dos cientistas refletem valores, a subjetividade dos valores torna provável que, no âmbito da comunidade dos cientistas, serão feitas escolhas que representam uma diversidade de valores, garantindo, assim, que a agenda da investigação não venha a ser dominada por valores específicos". (Lacey, 2003, p. 474)

Essa crítica pode contribuir com a formação dos estudantes, no sentido de propiciar elementos para que eles possam compreender os principais efeitos e aplicações da ciência, a partir de uma visão crítica e investigativa, marcada por aspectos sociológicos e filosóficos da própria compreensão da natureza da ciência. Ziman (2000) assinala que a ciência é uma instituição imersa na sociedade, na qual os cientistas são cidadãos consumidores, produtores, empregados, professores, crédulos, além de que é possível supor que estes trazem junto às comunidades científicas a produção de conhecimento com influências de interesses coletivos e valores culturais.

Já a categoria "Aspectos metodológicos" foi constituída por respostas que se referiram ao desenvolvimento de ações como pressuposto central de uma educação científica crítica, envolvendo ações cognitivas (conhecer, interpretar) e práticas (por exemplo, participar) por parte dos estudantes e dos professores. Os dados obtidos foram reunidos em quatro temas, indicadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Temas da Categoria "Aspectos metodológicos".

Temas	Participantes	Total de participantes
Conhecer, interpretar e entender a ciência e o mundo	P1, P19, P2, P6, P37	5
Participar	P7, P9, P11, P26	4
Ações para ensinar	P7,P16, P24, P25,P,28, P31, P32, P36, P37	9
Dar respostas e resolver problemas	P1, P19	2



Especificamente em relação ao tema "Ações para ensinar" o pesquisador (32) destaca elementos fundamentais, como: I) investigar por meio de pesquisa-ação; II) desenvolver a argumentação científica; III) avaliar diferentes fontes de informações; IV) comunicar-se com a sociedade; V) trabalhar de maneira coletiva; VI) desenvolver temáticas significativas e VII) analisar as informações de maneira crítica e responsável.

Segundo os especialistas participantes da pesquisa, a ação metodológica a ser desenvolvida nesta perspectiva educacional articula-se às ações coletivas e cooperativas, em caráter interdisciplinar, uma vez que estas podem propiciar intervenções que contribuam para a participação esclarecida e a tomada de decisões responsáveis e para a constituição de espaços de debates marcados por diferentes pontos de vista.

As abordagens epistêmicas e ações metodológicas identificadas pelos especialistas podem apresentar como função da educação científica crítica a necessidade de alfabetizar cientificamente os cidadãos no mundo contemporâneo. Um cidadão alfabetizado cientificamente constrói elementos que o possibilita agir de maneira responsável e crítica no sentido de compreender os discursos da mídia, reconhecendo os diferentes âmbitos do conhecimento científico, como: sociais, ambientais, políticas, econômicas, éticas etc.

Discussões dessa temática estão expostas nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCME):

"alfabetização científica e tecnológica aponta para um dos mais importantes objetivos do ensino das ciências no nível médio, o de fazer com que os alunos compreendam a predominância de aspectos técnicos e científicos na tomada de decisões sociais significativas e sobre os conflitos gerados pela negociação política. Uma formação crítica exige por parte dos sujeitos a capacidade de discutir abertamente questões resolvidas em instâncias tecnocráticas, que devem estar amparadas em sólida formação científica e tecnológica. Implica que seja possível discriminar o domínio da ciência e da Tecnologia do debate ético e político."(Brasil, 2006, p. 47).

Em suma, os pesquisadores participantes deste estudo consideram que a educação científica crítica deve possibilitar a aquisição e o domínio de conhecimentos, procedimentos, atitudinais e conceituais da ciência, contribuindo assim, com a tomada de decisão responsável. Desta forma, a educação científica crítica busca desenvolver autonomia dos estudantes, no sentido de que eles possam atuar na sociedade, discutindo problemas socioambientais, com embasamento científico.

Para que isso efetivamente aconteça, Bonil (2010) destaca a necessidade de a educação científica crítica ser considerada uma ferramenta de ensino que abra possibilidades de criação de oportunidades em contextos de crise. Assim, o questionamento, a criatividade, a responsabilidade são fundamentos de um conhecimento científico compreendido como empreendimento humano.

Conclusões

Considerando a análise realizada, indica-se a importância em desenvolver a articulação das ciências humanas e sociais com as ciências da natureza de maneira interdisciplinar e



contextualizada. Essa articulação contribui com a construção de um olhar mais crítico sobre os avanços científicos e tecnológicos, uma vez que a ciência e a tecnologia são construídas pela sociedade.

A participação, intervenção e avaliação responsável da sociedade nessas decisões são elementos que resultam de uma perspectiva educação científica crítica. Assim, considera-se que para que ocorra a implementação da educação científica crítica a formação deficitária dos professores do ensino básico deve ser superada, visto que:

“via de regra, não abrange conteúdos e procedimentos sobre a natureza da ciência e da tecnologia, e a ausência de uma abordagem contextualizada dos conhecimentos produzidos pela ciência na sua relação com a Tecnologia e a Sociedade. Por não conhecerem nem estarem aptos ou receptivos a essa mudança, os professores encontram dificuldades para investir em práticas de ensino nessa perspectiva, e quando o fazem, os resultados são pouco satisfatórios.” (Miranda & Freitas, 2008, p.80)

A compreensão sobre o conhecimento científico de maneira articulada, a compreensão da natureza da ciência e a forma de se ensinar os objetos de maneira contextualizada e inseridos em uma rede sistêmica podem ser considerados elementos necessários à educação científica do século XXI (Morin, 2002). Dentre os desafios nesta educação, (Charlot, 2005), apresenta princípios que se articulam a uma educação democrática, enfatizando que a mesma se embasa

“na perspectiva do desenvolvimento sustentável e solidário, portanto também uma educação voltada ao meio ambiente, ao conhecimento e ao respeito do patrimônio (...) voltada ao pensamento crítico e racional (...) que leve em conta as evoluções científicas e tecnológicas” (Charlot, 2005, p. 147-148).

Desta forma, foi consensual que a concepção de educação científica crítica do grupo de especialistas participantes do presente trabalho, não pode ser marcada por um currículo restrito a conceitos científicos isolados e desconexos das instâncias da sociedade, como: aspectos políticos, econômicos, éticos, culturais e ambientais. Para além da compreensão dos conceitos científicos, há necessidade de uma formação voltada para a cidadania.

Referências

- Aikenhead, G. S. (2000) STS science in Canada: from policy to student evaluation. In: Kumar, D. D.; Chubin, D. E. (Eds.), Science, technology, and society: a sourcebook on research and practice. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 49-89.
- Amorin, A. C. R.; Gonçalves, M.L. C. M. R. (2014) Naturezas artificiais e a diferença paradoxal entre ciências e culturas. *Interacções*. 31, 71-94.
- Auler, D. (2011). Novos caminhos para a educação CTS: ampliando a participação. In Santos, W. L. P. and Auler, D, orgs. *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas*. Brasília: Universidade de Brasília.
- Bardin, L. (2014). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.



- Blanco-López, Á.; España-Ramos, Enrique; González-García, Francisco José; Franco-Mariscal, A. J. (2015). key Aspects of Scientific Competence for Citizenship: A Delphi Study of the Expert Community in Spain. *Journal of Research in Science Teaching*, 52 (2), 164-198.
- Bonil, J. (2010) Educació científica en temps de crisi. *Guix*, 369, .15-20, nov.
- Brasil (1997). Ministério da Educação e do Desporto. Conselho Nacional de Educação. Câmara da Educação Básica. Exposição de motivos ao encaminhamento das diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: CNE.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (Secretaria de Educação Média e Tecnológica). Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2006.
- Charlot, B. (2005) *Relação com o Saber, Formação dos Professores e Globalização*. Questões para a educação de hoje. Porto Alegre: Artmed.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2010). *Research methonds in education*. 6. ed. London: Routledge.
- Cunha, R. B. (2017). Alfabetização científica ou letramento científico?: interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. *Revista Brasileira de Educação*, 22(68), 169-186. Retrieved from <https://dx.doi.org/10.1590/s1413-24782017226809>
- Driver, R.; Asoko, H.; Leach, J., Mortimer, E.; Scott, P. (1999). Construindo conhecimento científico em sala de aula. *Química Nova na Escola*. 9, 31- 40.
- Driver, R.; Leach, J.; Millar, R.; Scott, P. *Young people's images of science*. Buckingham, UK: Open University Press. 1996. 172 p.
- Feenberg, A. (2010). *Between reason and experience: essays in technology and modernity*. Cambridge: MIT Press.
- Garriz, A., (1994). Ciencia–Tecnología–Sociedad en la enseñanza. A diez años de iniciada la corriente. *Educ. Quím*, 5(4), 217-223.
- Lacey, H (2003). A ciência e o bem-estar humano: para uma nova maneira de estruturar a actividade científica. In: SANTOS, B. S. (Org.). *Conhecimento prudente para uma vida decente: um discurso sobre as ciências*. São Paulo: Cortez.
- Lacey, H. (2003). A ciência e o bem-estar humano: para uma nova maneira de estruturar a actividade científica. In: SANTOS, B. S. (Org.). *Conhecimento prudente para uma vida decente: um discurso sobre as ciências*. São Paulo: Cortez, 2003.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In: Abell, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Ed.). *Handbook of research on science education*. Mahwah – NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers. 831– 880.
- Martins, I. P.; Paixão, M. de F. (2011). Perspectivas atuais ciência-tecnologia-sociedade no ensino e na investigação em educação em ciência. In: Santos, W. L. P. dos; Auler, D. (Orgs.). *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas*. Brasília: Editora Universidade de Brasília.
- Miranda, E. M., Freitas, D.de. (2008) A compreensão dos professores sobre as interações CTS evidenciadas pelo questionário VOSTS e entrevista. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(3),.79-99.



- Morin, E. (2002). Os sete saberes necessários à educação do futuro. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO.
- Moura, B. A. (2014) O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? *Revista Brasileira de História da Ciência*. Rio de Janeiro, 7(1), 32-46.
- Oliveira, Carmen Irene Correia de. (2013). A educação científica como elemento de desenvolvimento humano: uma perspectiva de construção discursiva. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), 15(2), 105-122. Retrieved from <https://dx.doi.org/10.1590/1983-21172013150207>
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., & Duschl, R. (2003). What "Ideas-about-Science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community, *Journal of Research in science teaching*, 40 (7), 692-720.
- Pinheiro, N. A. M., Silveira, R. M. C. F., & Bazzo, W. A. (2007). Ciência, tecnologia e sociedade: A relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. *Ciência & Educação*, Bauru, 13(1), 71-84.
- Santos, W. L. P. dos (2007) Contextualização no ensino de ciências por meio de temas cts em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, vol. 1, número especial, novembro.
- Santos, W. L. P. dos, & Mortimer, E. F. (2002). Humanistic science education from Paulo Freire's: 'education as the practice of freedom' perspective. In: *10th Symposium – The International Organization For Science And Technology Education*, 10, 2002, Foz do Iguaçu-PR, Brazil. Proceedings. Foz do Iguaçu, 2, 641-649.
- Santos, W. P. (2008). Educação Científica e Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino CTS. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*. 1 (1), 109-131.
- Santos, W.L.P. (2007). Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, 1 (número especial), novembro.
- Teixeira, F.M. (2013). Alfabetização científica: questões para reflexão. *Ciência & Educação*, Bauru, 19(4), 795-809.
- Vieira, R. M.; Tenreiro-Vieira, C.; Martins, I. P. (2011) Critical Thinking: Conceptual Clarification and Its Importance in Science Education. *Science Education International*, 22(1), 43-54.
- Von Linsingen, I. (2007) Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. *Ciência & Ensino*, 1 (número especial), novembro.
- von Linsingen, I. (2007). Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. *Ciência & Ensino*, 1 (número especial).
- Ziman, J. (2000) *Real Science: what it is, and what it means*. Cambridge: Cambridge University Press.