

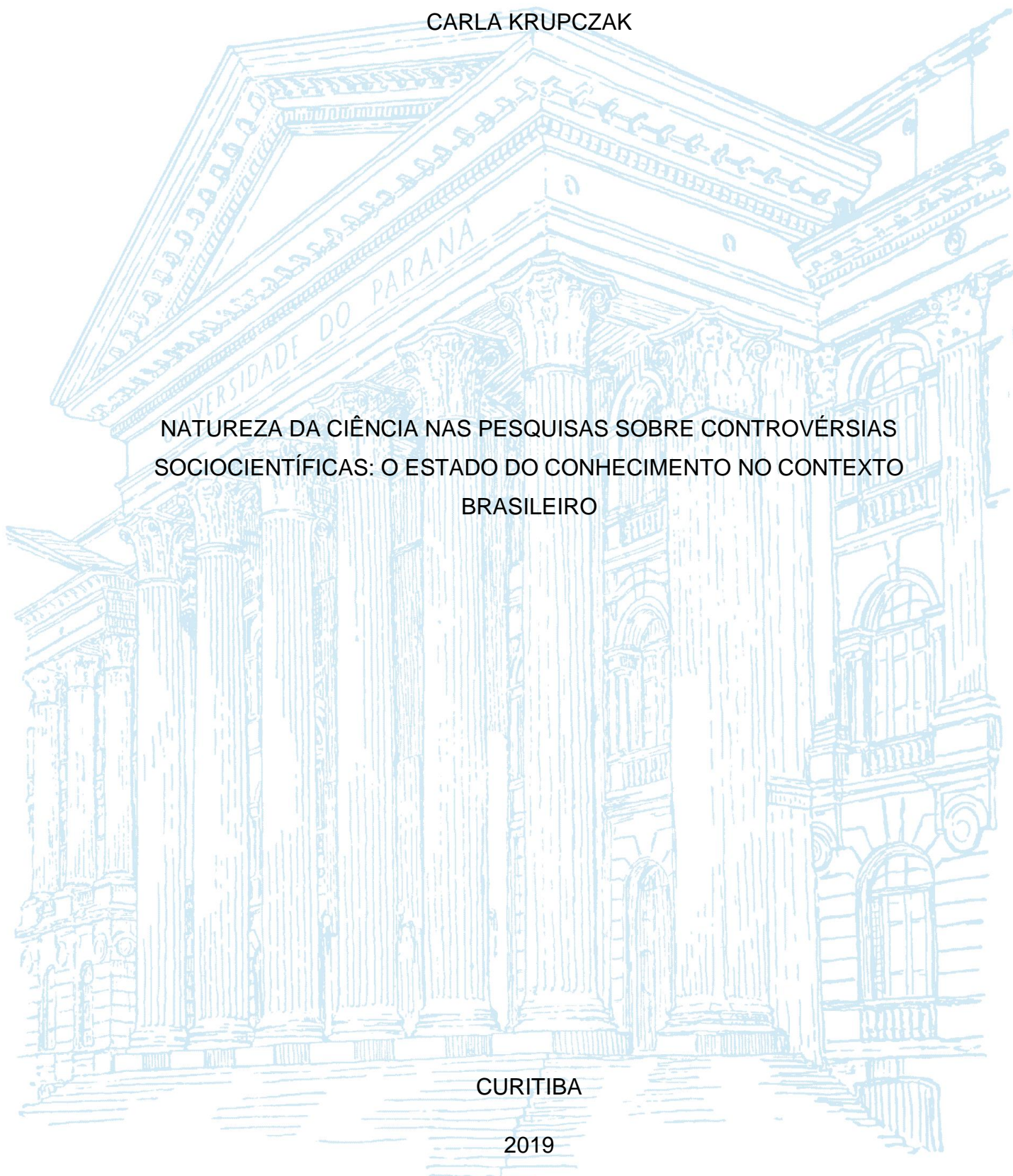
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARLA KRUPCZAK

NATUREZA DA CIÊNCIA NAS PESQUISAS SOBRE CONTROVÉRSIAS
SOCIOCIENTÍFICAS: O ESTADO DO CONHECIMENTO NO CONTEXTO
BRASILEIRO

CURITIBA

2019



CARLA KRUPCZAK

NATUREZA DA CIÊNCIA NAS PESQUISAS SOBRE CONTROVÉRSIAS
SOCIOCIENTÍFICAS: O ESTADO DO CONHECIMENTO NO CONTEXTO
BRASILEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção de título de mestre em Educação em Ciências e em Matemática.

Orientadora: Prof^a Dr^a Joanez Aparecida Aires

CURITIBA

2019

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

K94n

Krupczak, Carla

Natureza da ciência nas pesquisas sobre controvérsias sociocientíficas: o estado do conhecimento no contexto brasileiro [recurso eletrônico] / Carla Krupczak. – Curitiba, 2019.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, 2019.

Orientador: Joanez Aparecida Aires .

1. Ciência – Estudo e ensino. 2. Ciências – Formação de professores. 3. Professores – formação. 4. Controvérsias sociocientíficas. I. Universidade Federal do Paraná. II. Aires, Joanez Aparecida. III. Título.

CDD: 507

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA - 40001016068P7

TERMO DE APROVAÇÃO


Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **CARLA KRUPCZAK** intitulada: **NATUREZA DA CIÊNCIA NAS PESQUISAS SOBRE CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS: O ESTADO DO CONHECIMENTO NO CONTEXTO BRASILEIRO**, sob orientação da Profa. Dra. JOANEZ APARECIDA AIRES, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa. A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 29 de Novembro de 2019.


JOANEZ APARECIDA AIRES

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)


PEDRO GUILHERME ROCHA DOS REIS
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE LISBOA)


NOELA INVERNIZZI CASTILLO
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Dedico esta dissertação à minha mãe e irmã, que me ajudaram durante toda a minha vida. Também dedico às pessoas que lutam pela Educação Pública de qualidade.

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo à minha mãe e irmã, que são a minha família e as duas pessoas mais importantes da minha vida. Obrigada por todo o suporte, atenção, cuidado e compreensão que tiveram comigo. Foram vocês que sonharam junto comigo e me ajudaram a tornar tudo realidade.

Agradeço imensamente à minha orientadora Profa. Dra. Joanez Aparecida Aires por todo o cuidado, respeito e orientação que dedicou a mim. Aprendi muito e acredito que conseguimos realizar um bom trabalho dentro de nossas limitações. É uma honra ter sido sua aluna.

Meu muito obrigada ao Prof. Dr. Pedro Guilherme Rocha dos Reis e à Profa. Dra. Noela Invernizzi Castillo pelas contribuições dadas na banca de qualificação. Também agradeço por aceitarem novamente ser a banca desta defesa, sinto-me agraciada por contar com a presença dos senhores. Agradeço o tempo despendido em ler esta pesquisa e todas as contribuições e sugestões.

Agradeço também à Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e em Matemática por terem aberto as portas para mim. A UFPR tem um lugar especial em meu coração, foi a universidade onde me formei e onde evolui muito com as oportunidades que recebi. Sou muito grata a todos os professores com quem tive aula no PPGECEM, as aulas eram muito boas e estimulantes.

Minha gratidão aos colegas de turma e de grupo, com quem dividi momentos de aprendizado e amizade. Agradeço também aos meus amigos de todos os lugares e ocasiões, os quais foram determinantes em muitas situações me estimulando a continuar e me apoiando.

Por fim, agradeço à Deus por olhar por mim sempre que precisei. Obrigada!

RESUMO

Um dos objetivos do Ensino de Ciências é formar cidadãos cientificamente alfabetizados e preparados para tomar decisões em assuntos envolvendo a ciência e a tecnologia. Para alcançá-lo, os estudantes precisam, além de entender os conceitos científicos, compreender as relações existentes entre a ciência, tecnologia e sociedade, bem como sobre a construção do conhecimento científico, ou seja, sobre Natureza da Ciência (NdC). Existem na literatura diversas propostas didáticas e abordagens específicas que visam esses objetivos de formação cidadã e, uma dessas, envolve a discussão de Controvérsias Sociocientíficas (CSC). Atividades envolvendo CSC têm potencial para facilitar o entendimento da NdC em sala de aula. Em função disso, o objetivo desta pesquisa é analisar se e como a NdC está sendo discutida nas pesquisas brasileiras sobre CSC. Para tanto, foi realizado um estudo de natureza quantitativa, do tipo estado do conhecimento. Os dados foram constituídos a partir do Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. Buscaram-se as teses e dissertações que versavam sobre CSC defendidas até 2017 em programas de pós-graduação das áreas de Educação e Ensino, sendo encontradas 69 pesquisas, entre teses e dissertações, as quais foram interpretadas por meio da Análise Textual Discursiva. Os resultados indicaram que a produção acadêmica sobre as CSC ainda é recente no Brasil e está concentrada na região sudeste. Além disso, foram constatadas três principais lacunas: existem pouquíssimas propostas e estudos relativos ao Ensino Fundamental e EJA, de cunho teórico e de realização de projetos que envolvam a comunidade externa à escola. Em relação à NdC, percebeu-se que essa é pouco explorada nas teses e dissertações sobre CSC. Além disso, quando a NdC aparece nos trabalhos, isso é feito de forma simplificada e abordando apenas alguns aspectos da ciência. Os dois aspectos mais presentes relativos à NdC, são a não neutralidade da ciência frente aos conflitos sociais, políticos, econômicos e morais e o caráter histórico e dinâmico do conhecimento. Apenas quatro teses e dissertações tinham como objetivo principal discutir e/ou analisar e/ou estimular o entendimento sobre a NdC no contexto das CSC. Dessas, apenas uma se constituía em sequência didática para o Ensino Médio.

Palavras-chave: Controvérsias Sociocientíficas. Natureza da Ciência. Estado do Conhecimento.

ABSTRACT

One of the goals of science education is to educate citizens who are scientifically literate and prepared to make decisions in matters involving science and technology. For this, students need, in addition to understanding the scientific concepts, to understand the existing relationships between Science, Technology and Society and the construction of scientific knowledge, ie the Nature of Science (NOS). There are several didactic proposals and specific approaches in the literature aimed at these objectives of citizen formation and one of these involves the discussion of Socioscientific Issues (SSI). Activities involving SSI have the potential to facilitate understanding of NOS in the classroom. Because of this, the objective of this research is to analyze if and how NOS is being discussed in Brazilian research on SSI. Thus, a quantiquitative study of the state of knowledge type was performed. The data was constituted in the CAPES Catalog of Theses and Dissertations. We sought the theses and dissertations that dealt with SSI defended until 2017 in postgraduate programs in the areas of Education and Teaching, and found 69 theses and dissertations, which were interpreted through Discursive Textual Analysis. The analyzes indicated that the academic production about the SSI is still recent in Brazil and is concentrated in the southeast region of the country. In addition, several gaps were found: there are very few proposals and studies related to elementary school and Youth and Adult Education, with a theoretical nature and projects involving the community outside the school. Regarding the NOS it was noticed that it is little explored in the theses and dissertations about SSI. In addition, when NOS appears in work, it is done in a simplified way and covering only some aspects of science. The two most common aspects are the non-neutrality of science in the face of social, political, economic and moral conflicts and the historical and dynamic character of knowledge. Only four theses and dissertations had as main objective to discuss and/or analyze and/or stimulate the understanding about the NOS in the context of the SSI. Of these, only one was a didactic sequence for high school.

Keywords: Socioscientific Issues. Nature of Science. State of Knowledge.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADRO 1	- DIMENSÕES DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA DE DIFERENTES AUTORES	21
FIGURA 1	- PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA	21
QUADRO 2	- HABILIDADES DOS ALFABETIZADOS CIENTIFICAMENTE.....	23
QUADRO 3	- ASPECTOS DAS RELAÇÕES CTS	37
QUADRO 4	- HABILIDADES ESTIMULADAS PELA DISCUSSÃO DE CSC.....	71
QUADRO 5	- DIFICULDADES PARA O USO DE CSC EM AULA.....	78
FIGURA 2	- PLANOS DE INTEGRAÇÃO ENTRE PESQUISA QUALITATIVA E QUANTITATIVA	90
QUADRO 6	- TESES E DISSERTAÇÕES UTILIZADAS NESTE ESTADO DO CONHECIMENTO	99
FIGURA 3	- DISTRIBUIÇÃO DAS TESES E DISSERTAÇÕES SOBRE CSC CONFORME O ANO DE DEFESA	109
FIGURA 4	- DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS TESES E DISSERTAÇÕES SOBRE CSC POR REGIÃO DO BRASIL	110
FIGURA 5	- CRESCIMENTO ANUAL DO NÚMERO DE MATRÍCULAS DE MESTRADO (SOMADAS AS DE MESTRADO ACADÊMICO E PROFISSIONAL) E DE DOUTORADO, OFERECIDAS PELOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DA ÁREA DE ENSINO POR REGIÃO BRASILEIRA	111
FIGURA 6	- NÍVEIS DE ENSINO ABORDADOS NAS TESES E DISSERTAÇÕES SOBRE CSC	112
QUADRO 7	- TIPOS DE CSC PRESENTES NAS TESES E DISSERTAÇÕES	114
QUADRO 8	- DESCRIÇÃO E QUANTIDADE DOS FOCOS TEMÁTICOS DAS TESES E DISSERTAÇÕES SOBRE CSC	115
FIGURA 7	- DISTRIBUIÇÃO POR ANO DE DEFESA DAS TESES E DISSERTAÇÕES SOBRE CSC COM FOCO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES	116
QUADRO 9	- DESCRIÇÃO E QUANTIDADE DAS CATEGORIAS DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NAS TESES E DISSERTAÇÕES SOBRE FORMAÇÃO DE PROFESSORES.....	116
FIGURA 8	- DISTRIBUIÇÃO POR ANO DE DEFESA DAS TESES E DISSERTAÇÕES QUE ABORDAM ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS PARA O ENSINO BÁSICO.....	119

FIGURA 9	- DISTRIBUIÇÃO DAS TESES E DISSERTAÇÕES EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE AULAS UTILIZADAS NA SD ...	120
QUADRO 10	- CONTEÚDOS ENSINADOS NAS SD ENVOLVENDO CSC.	121
QUADRO 11	- OBJETIVOS DE ANÁLISE DAS TESES E DISSERTAÇÕES DO FOCO TEMÁTICO ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS NO ENSINO BÁSICO	122
QUADRO 12	- OS DEZ AUTORES, QUE PESQUISAM AS CSC, MAIS CITADOS NAS TESES E DISSERTAÇÕES	125
QUADRO 13	- DESCRITORES ESPECÍFICOS	132
QUADRO 14	- CLASSIFICAÇÃO DAS TESES E DISSERTAÇÕES ENTRE OS DESCRITORES ESPECÍFICOS DE VISÕES DEFORMADAS DE CIÊNCIA E DE ENFRENTAMENTO DESCRITAS NO QUADRO 13	133
QUADRO 15	- REUNIÕES DO PEQUENO GRUPO DE PESQUISA.....	144
QUADRO 16	- ABORDAGEM DA NDC UTILIZADA EM D10.....	145
QUADRO 17	- ABORDAGEM DA NDC UTILIZADA EM D10.....	145
QUADRO 18	- ABORDAGEM DA NDC UTILIZADA EM D10.....	146
QUADRO 19	- ABORDAGEM DA NDC UTILIZADA EM D10.....	147
QUADRO 20	- ASPECTOS DA NDC DE CADA AULA.....	150
QUADRO 21	- ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NAS AULAS DA DISCIPLINA OPTATIVA DE T11.....	153

LISTA DE SIGLAS

AC	- Alfabetização Científica
ACT	- Alfabetização Científica e Tecnológica
ATD	- Análise Textual Discursiva
CAPES	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CSC	- Controvérsias Sociocientíficas
CTS	- Ciência-Tecnologia-Sociedade
CTSA	- Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente
DDT	- Diclorodifeniltricloroetano
EJA	- Educação de Jovens e Adultos
Enem	- Exame Nacional do Ensino Médio
ENPEC	- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
NdC	- Natureza da Ciência
PNLD	- Plano Nacional do Livro Didático
PPG	- Programa de Pós-graduação
SD	- Sequência didática
UFABC	- Universidade Federal do ABC
Unesp	- Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
VNOS	- Views of Nature of Science Questionnaire

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 POR QUE APRENDER/ENSINAR CIÊNCIAS?	15
2. 1 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA	18
2. 1. 1 Características do desenvolvimento da Alfabetização Científica	22
2. 1. 2 A Alfabetização Científica nos Currículos de Ciências	24
2. 2 EDUCAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE	28
2. 2. 1 Currículo CTS	30
2. 2. 2 A Ciência, a Tecnologia e a Sociedade e suas relações na Educação CTS	33
3 A COMPREENSÃO DA NATUREZA DA CIÊNCIA.....	39
3. 1 COMPREENSÕES POUCO ELABORADAS SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS	44
3. 2 VISÕES CONTEXTUALIZADAS SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS	47
3. 3 A ABORDAGEM DA NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS	56
4 DISCUSSÃO SOBRE CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS: O ENSINO DE CIÊNCIAS E A CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA	65
4. 1 A EXPERIÊNCIA EDUCATIVA DA DISCUSSÃO	65
4. 2 O QUE SÃO CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS	68
4. 3 VANTAGENS EDUCATIVAS DA DISCUSSÃO SOBRE CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS	71
4. 4 DESAFIOS DA DISCUSSÃO DE CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS	76
4. 5 A ABORDAGEM DE CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS	79
5 CAMINHO METODOLÓGICO DA PESQUISA.....	89
5. 1 NATUREZA DA PESQUISA: QUANTITATIVA.....	89
5. 2 METODOLOGIA DA PESQUISA: ESTADO DO CONHECIMENTO.....	92
5. 3 CONSTITUIÇÃO DOS DADOS.....	97
5. 4 ANÁLISE DOS DADOS: A ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA.....	105
6 AS PESQUISAS BRASILEIRAS QUE ABORDAM AS CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS	109
6. 1 ANÁLISE DOS DESCRITORES GERAIS	109
6. 2 ANÁLISE DOS DESCRITORES ESPECÍFICOS.....	115
6. 2. 1 Formação de Professores.....	115
6. 2. 2 Estratégias Didáticas no Ensino Básico	119

6. 2. 3 Projetos de Relação Escola/Comunidade.....	123
6. 2. 4 Pesquisas Teóricas.....	125
6. 2. 5 Análise de Material.....	126
6. 3 CONSIDERAÇÕES GERAIS DO CAPÍTULO.....	128
7 A NATUREZA DA CIÊNCIA NAS PESQUISAS SOBRE CONTROVÉRSIAS	
SOCIOCIENTÍFICAS	130
7. 1 AS VISÕES DE CIÊNCIA PRESENTES NAS TESES E DISSERTAÇÕES.....	132
7.2 AS TESES E DISSERTAÇÕES COM ENFOQUE NA NATUREZA DA CIÊNCIA	142
7. 2. 1 Dissertação 10.....	143
7. 2. 2 Dissertação 23.....	148
7. 2. 3 Tese 9.....	150
7. 2. 4 Tese 11.....	152
7. 3 CONSIDERAÇÕES GERAIS DO CAPÍTULO.....	154
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	155
8.1 RESPOSTAS ÀS QUESTÕES ORIENTADORAS DESTA INVESTIGAÇÃO.....	155
8.2 REFLEXÕES PESSOAIS E DESAFIOS.....	157
8.3 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	158
REFERÊNCIAS.....	159

1 INTRODUÇÃO

O período entre os séculos XVIII e XX foi de grande avanço científico e tecnológico. Podemos citar a Teoria da Relatividade, a Teoria Quântica, o entendimento do DNA, a Teoria da Evolução Darwinista, a Teoria Atômica, o desenvolvimento da internet e dos meios de comunicação, as vacinas e antibióticos, a fabricação dos aviões, os computadores e celulares, a viagem do ser humano à lua, a criação do rádio e da televisão, a elaboração de tecidos sintéticos, a clonagem de seres vivos, entre muitos outros. Com isso, as pessoas desenvolveram imagens sobre a ciência e a tecnologia.

Pesquisa realizada pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos revela que 73% dos brasileiros defendem que a ciência e tecnologia trazem só benefícios ou mais benefícios do que malefícios (CGEE, 2019). A pesquisa foi realizada com duas mil e duzentas pessoas entre 16 e 75 anos de todo o país e, 90% deles defendem que o governo deve aumentar ou manter os investimentos na área, mesmo em tempos de crise econômica. Além disso, 41% dos entrevistados descrevem os cientistas como pessoas inteligentes que fazem coisas úteis para a humanidade. Entretanto, apenas um em cada dez entrevistados soube citar o nome de algum cientista ou instituição brasileira que faz pesquisa. Adicionalmente, a investigação mostrou que, apesar da população ter interesse na ciência e tecnologia, a maioria não entende conceitos considerados básicos. Por exemplo, boa parte dos entrevistados disse que a saúde é um tema relevante e que tem interesse nela. Mas, 78% acredita que a função dos antibióticos é matar vírus. Ademais, as principais fontes de informação sobre ciência e tecnologia são a televisão e as redes sociais. No entanto, 83,3% das pessoas concordam (total ou parcialmente) que a população deve ser ouvida nas grandes decisões sobre o rumo da ciência e tecnologia.

Esses dados permitem perceber que, em função da melhora na qualidade de vida gerada pela ciência e tecnologia, pelo menos para parte da população, criou-se uma imagem positiva da ciência. No entanto nem sempre a população entende como a ciência e a tecnologia se desenvolvem e quais são seus efeitos e consequências. Essa compreensão mais restrita acaba contribuindo, algumas vezes, para que grupos poderosos consigam ‘fabricar’ controvérsias públicas com o intuito de proteger interesses particulares, técnica conhecida como *junk science*. Essa

técnica consiste na tentativa deliberada de desqualificar pesquisas científicas para tentar evitar que sejam provados danos causados por um produto (MICHAELS; MONFORTON, 2005).

Michaels e Monforton (2005) trazem como um exemplo de *junk science* o caso da indústria do tabaco. Diversos cientistas realizaram estudos sérios que mostraram que o fumo estava relacionado com o câncer de pulmão e doenças cardiovasculares em fumantes ativos e passivos. Na década de 1950 existia um consenso científico sobre esse tema. No entanto, as empresas produtoras de cigarros contrataram cientistas para mostrar o contrário. Esses cientistas indicavam que os dados em humanos não eram representativos, que pesquisas em animais não eram relevantes ou confiáveis e que os métodos eram falhos e contraditórios. Ou seja, buscavam formas de desqualificar as pesquisas já realizadas. Assim, criou-se um clima de dúvida em relação aos efeitos do tabaco e adiou-se por décadas regulamentações, campanhas de conscientização e indenização de vítimas. Outros casos parecidos ocorreram com o amianto e o uso de chumbo em tintas e gasolina, acontecendo atualmente com o uso de agrotóxicos, por exemplo. Inclusive, na pesquisa supracitada realizada pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2019), 87% dos brasileiros se declararam preocupados ou muito preocupados com o uso de agrotóxicos na agricultura.

No entanto, apesar dos brasileiros dizerem-se preocupados com o uso de agrotóxicos, poucos são os que participam das discussões públicas. Por exemplo, em 2019 a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) abriu uma consulta pública sobre o uso de glifosato, o agrotóxico mais usado no Brasil. De todos os milhões de habitantes do país, apenas 4591 brasileiros responderam a pesquisa (ANVISA, 2019).

O tema supra citado é um exemplo de Controvérsia Sociocientífica (CSC). Segundo, Kolsto (2001) essas são questões que envolvem a ciência e a tecnologia e suas relações com a sociedade, incluem disputas entre grupos e aparecem frequentemente nos meios de comunicação. Reis (2006) acrescenta que as CSC dividem a sociedade, podem ser analisadas por diferentes perspectivas e podem ser resolvidas de diversas formas. Outros exemplos de CSC, que também foram citadas pelos brasileiros como assuntos preocupantes na pesquisa do CGEE (2019), são as mudanças climáticas, danos ao ambiente causados pela mineração, alimentos

geneticamente modificados e uso de energia nuclear. É importante que a população participe da discussão e tomada de decisão desses assuntos.

Diante desse cenário, a Educação em Ciências revela-se importante como potencial formadora de cidadãos mais conscientes e preparados para entender como a ciência e a tecnologia se relacionam e afetam a sociedade e problematizar situações como as mencionadas acima. Por isso, uma das finalidades da Educação Científica atualmente é a Alfabetização Científica, a qual visa que os estudantes: (i) entendam os conceitos científicos mais gerais, (ii) como se dá a construção desses conhecimentos e (iii) os efeitos da ciência e da tecnologia na sociedade (SASSERON; CARVALHO, 2011). Com isso, espera-se formar cidadãos capazes de tomar decisões fundamentadas e conscientes nos assuntos que envolvem ciência e tecnologia, sem se deixarem enganar por técnicas como o *junk science*.

Pensando nisso, o Ensino de Ciências teria, dentro do objetivo mais amplo relacionado à Alfabetização Científica, um objetivo específico relacionado à compreensão da Natureza da Ciência (NdC). A NdC diz respeito à epistemologia da ciência, ou seja, entender como ocorre a construção do conhecimento científico, seu estabelecimento e organização. Isso pode abranger aspectos internos, como os métodos experimentais e de observação adotados, e externos, como questões sociais, culturais, políticas ou econômicas (MOURA, 2014).

Uma das maneiras de estimular a discussão sobre a NdC nas aulas de ciências é utilizar as CSC. Pois, elas podem servir de contexto para discutir os aspectos da construção do conhecimento científico. Pensando nisso, o problema desta pesquisa corresponde a seguinte questão: Como a NdC está sendo discutida nas pesquisas brasileiras sobre CSC?

Esta pesquisa é importante porque a discussão sobre CSC e sobre a NdC contribui para a prática profissional de professores e também minha, enquanto autora desta pesquisa, que leciona a disciplina Química. Afinal, durante toda a minha formação na educação básica sempre tive aulas tradicionais, nas quais o docente expõe o conteúdo, os alunos copiam, decoram e fazem a prova escrita, na qual são cobrados os assuntos decorados. Nunca tive atividades de discussão, aulas experimentais ou avaliações que não fossem provas ou trabalhos escritos, no máximo uma vez ou outra fazíamos apresentações orais.

Durante minha graduação em Química as metodologias não mudaram muito e isso me preocupava como futura professora que gostaria de ser. Mas, pelo fim do

curso, fiz uma disciplina onde tomei contato com a discussão sobre a NdC e quando comecei a trabalhar como professora percebi que os alunos tinham visões pouco elaboradas a respeito de como ocorre o desenvolvimento científico, quem são, como são e como trabalham os cientistas. Essas observações deram início às minhas reflexões sobre a necessidade de abordar a NdC durante as aulas e como abordá-la. Em outra disciplina da graduação e, por indicação da orientação, li um artigo do pesquisador português Pedro Reis e conheci as CSC. Estas se mostraram opções para discutir a NdC na qual eu já estava pensando. Todos esses aspectos impulsionaram meu interesse na realização desta pesquisa.

O objetivo geral desta investigação consiste em analisar como a NdC está sendo discutida nas pesquisas brasileiras sobre CSC. Para tanto, os objetivos específicos são:

- a) Caracterizar as discussões teóricas acerca das CSC e da NdC na área de Educação em Ciências.
- b) Mapear as teses e dissertações cujo escopo são as CSC no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) desde sua criação em 1987 até 2017.
- c) Entender como as CSC estão sendo abordadas nas teses e dissertações.
- d) Analisar as tendências e abordagens da NdC nas pesquisas sobre CSC.
- e) Discutir a relevância da NdC e das CSC para a Educação em Ciências.

Para responder ao problema de pesquisa foi realizada uma pesquisa de natureza quantitativa, do tipo estado do conhecimento. Os dados foram constituídos a partir do Banco de Teses e Dissertações da CAPES, desde sua criação em 1987 até 2017. A análise dos dados foi realizada usando a Análise Textual Discursiva.

De modo a alcançar os objetivos anteriormente descritos, o presente trabalho está organizado em seis capítulos, fora este de introdução.

No Capítulo Dois apresentamos uma discussão sobre um dos objetivos da Educação em Ciências: a Alfabetização Científica. Neste trazemos as definições de AC presentes na literatura, suas etapas e as formas de identificar se um indivíduo está sendo alfabetizado cientificamente. Também discutimos as relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), pois essa é também um dos objetivos específicos da Alfabetização Científica.

No Capítulo Três discorreremos sobre NdC, uma vez que essa corresponde ao terceiro aspecto da AC. Também discutimos a presença da NdC nos currículos de ciências e algumas das propostas existentes para abordá-la em sala de aula.

No Capítulo Quatro trazemos as CSC, abordando conceitos, vantagens e dificuldades de seu uso didático, tendo em vista que correspondem a uma das formas de discutir a NdC nas aulas de ciências. Trazemos também um olhar para sua presença ou não nos currículos e, algumas formas de discuti-las nas aulas de ciências.

O quinto capítulo trata do caminho metodológico da pesquisa, no qual explicamos, justificamos e referenciamos os métodos usados para constituir e analisar os dados.

No Capítulo Seis trazemos a análise das teses e dissertações sobre CSC, onde são discutidas as tendências e abordagens relacionadas com as CSC nas pesquisas e a relevância dessas para a Educação em Ciências.

No Capítulo Sete discutimos a abordagem da NdC nas pesquisas sobre CSC. Por fim apresentamos as conclusões.

2 POR QUE APRENDER/ENSINAR CIÊNCIAS?

No contexto mundial atual a influência e popularidade da ciência vem aumentando significativamente, o desenvolvimento científico e tecnológico trouxe inúmeras melhorias à vida das pessoas nas últimas décadas, assim como problemas ao ambiente, o investimento em educação e divulgação científica também vem aumentando (REIS, 2009). Conseqüentemente, as pessoas encontram diariamente situações em que é necessário ter algum conhecimento científico (LINHARES; REIS, 2009). Estudos mostram que a maioria da população se interessa e tem uma visão positiva e otimista em relação à ciência (EUROPEAN COMMISSION, 2005).

Todavia, a maioria dos cidadãos tem poucos conhecimentos sobre o funcionamento da ciência e os meios de comunicação a apresentam de forma sensacionalista. Além disso, os cidadãos não participam de forma democrática na tomada de decisões dentro da ciência, onde se dá muita importância aos especialistas. Do mesmo modo, falta o controle da população sobre certos ramos das pesquisas. Todos estes fatores, somados a alguns efeitos indesejados e negativos da ciência e da tecnologia, tem feito com que uma parte da população venha perdendo a confiança na ciência, o que fortalece crenças pseudocientíficas (REIS, 2009).

De acordo com Linhares e Reis (2009) para um indivíduo participar de forma plena da sociedade ele precisa compreender a ciência e a tecnologia. Reis (2006) coloca que isto torna-se visível nos currículos escolares e em outras iniciativas de popularização da ciência, como revitalização de museus, organização de feiras de exposições e a maior recorrência do tema nos meios de comunicação. Assim, as sociedades têm buscado a ampliação da educação científica. As razões para tal busca são as mais variadas, dependendo dos setores da sociedade, contexto social, econômico e político da época.

Reis (2006) defende que existem cinco principais argumentos para justificar o ensino e a educação científica, que são: econômicos, morais, utilitários, culturais e democráticos. Segundo o autor, o argumento econômico afirma que o Ensino de Ciências deve garantir a formação constante de engenheiros e cientistas, que realizam o desenvolvimento tecnológico do país. Nessa perspectiva devem-se selecionar os alunos mais aptos a seguir a carreira científica, fazendo uma pré-formação profissional. Esta justificativa é considerada pouco adequada, pois é

bastante capitalista, a qual vê a ciência apenas como forma de lucrar e o aluno como 'mini cientista' que precisa ser formado para trabalhar nesta mesma lógica. No entanto, a educação científica não pode ser realizada apenas pensando nisto, afinal nem todos os alunos tem interesse em tornarem-se cientistas e para estes estudantes as aulas de ciências se tornariam inúteis. Paralelamente, apenas os conhecimentos específicos não são garantia suficiente de que os alunos vão querer ser cientistas.

Reis (2006) afirma que a justificativa moral diz que a educação científica aproxima o aluno de normas, obrigações morais e princípios éticos que existem na ciência e que são úteis à sociedade. Este argumento também não é considerado uma motivação apropriada, porque julga que a ciência é sempre correta, moral e ética.

A justificativa utilitária, de acordo com Reis (2006), defende que as aulas de ciências devem preparar as pessoas para ter experiências informadas no mundo natural e no uso de tecnologias (por exemplo, sobre eletricidade e corpo humano), estar preparadas para resolver problemas da vida diária (como pensar e analisar dados) e ter atitudes úteis na vida e no trabalho (nomeadamente curiosidade e ceticismo). No entanto, este argumento também recebe algumas críticas, pois os artefatos tecnológicos hoje são muito simples de usar. A maioria deles requer capacidades mínimas, as pessoas não necessitam de conhecimentos científicos para usar uma máquina de lavar, celular ou gravadora de vídeo, por exemplo. Ademais, Reis (2004) coloca que as capacidades úteis ao mercado de trabalho estão sempre mudando, não sendo possível que os alunos desenvolvam todas as habilidades necessárias.

Ainda segundo Reis (2006) a justificativa cultural é a de que a ciência faz parte da cultura mundial e todo indivíduo bem informado precisa conhecer um pouco sobre sua história, o funcionamento do mundo natural e das tecnologias e de como os conhecimentos científicos se desenvolvem e agem sobre a sociedade. Porém, Reis (2004) afirma que o problema deste argumento é que por vezes a ciência é mostrada como um empreendimento que conduz inevitavelmente ao progresso e ao bem estar da população. Esta e outras visões estereotipadas da ciência serão discutidas em detalhes mais a frente, no capítulo 3 deste trabalho.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 2000) e em sua publicação complementar (PCN+) (BRASIL, 2002) existe uma mistura entre a

justificativa utilitária e a cultural. O que pode ser percebido, por exemplo, neste trecho:

Ao se denominar a área como sendo não só de Ciências e Matemática, mas também de suas Tecnologias, sinaliza-se claramente que, em cada uma de suas disciplinas, pretende-se promover competências e habilidades que sirvam para o **exercício de intervenções e julgamentos práticos**. Isto significa, por exemplo, **o entendimento de equipamentos e de procedimentos técnicos**, a obtenção e análise de informações, a avaliação de riscos e benefícios em processos tecnológicos, de um significado amplo para a cidadania e também para a vida profissional. Com esta compreensão, o aprendizado deve contribuir não só para o conhecimento técnico, mas também para uma **cultura mais ampla**, desenvolvendo meios para a **interpretação de fatos naturais, a compreensão de procedimentos e equipamentos do cotidiano social e profissional**, assim como para a articulação de uma visão do mundo natural e social (BRASIL, 2000, p. 6-7, grifo nosso).

Esses documentos consideram a ciência como uma construção humana, que forma uma cultura científica e tecnológica, resultado da evolução social.

A última justificativa, proposta por Reis (2006), é a democrática, a qual considera que a sociedade só será verdadeiramente democrática quando todos os cidadãos forem capazes de participar de forma crítica e reflexiva das discussões e tomadas de decisão sobre os assuntos científicos que afetem a sociedade. Sendo essa a função do ensino de ciências. Nesta dissertação, defendemos que esta é uma das principais razões pelas quais se deve ensinar ciências. Ou seja, defendemos que esse ensino deve ter sentido e utilidade para os alunos. Assim, concordamos com Fourez (2003, p. 110) que coloca:

Os alunos teriam a impressão de que se quer obrigá-los a ver o mundo com os olhos de cientistas. Enquanto o que teria sentido para eles seria um ensino de Ciências que ajudasse a compreender o mundo deles. Isto não quer dizer, absolutamente, que gostariam de permanecer em seu pequeno universo; mas, para que tenham sentido para eles os modelos científicos cujo estudo lhes é imposto, estes modelos deveriam permitir-lhes compreender a 'sua' história e o 'seu' mundo.

A sociedade só será verdadeiramente democrática quando os cidadãos sentirem-se preparados para tomar decisões relacionadas à ciência e tecnologia. A falta de compreensão pode levar as pessoas a se tornarem dependentes da opinião de especialistas. Os indivíduos devem estar conscientes das implicações de determinadas ações e usos, por exemplo, de alimentos geneticamente modificados, de hormônios em animais, construção de barragens, entre outros. De acordo com

esta justificativa, o Ensino de Ciências deve promover o entendimento básico dos conceitos específicos, de como os cientistas trabalham e desenvolver criticidade para reconhecer potencialidades e limites do empreendimento científico (REIS, 2004). Assim, a principal função da Educação em Ciências é a formação cidadã do aluno para a ação e atuação em sociedade. Este objetivo tem sido buscado em todo o mundo e no Brasil e vem sendo chamado de Alfabetização Científica e Tecnológica, a qual será detalhada a seguir.

2. 1 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

O termo Alfabetização Científica (AC) surgiu oficialmente em 1958 no artigo de Paul Hurd intitulado 'Scientific literacy: its meaning for American schools'. Desde então, o termo vem sendo usado para designar o objetivo do Ensino de Ciências e seu significado para os alunos. No entanto, o termo está em constante discussão e não existe uma definição exata do que é a AC, esta "[...] abarca um espectro bastante amplo de significados traduzidos através de expressões como popularização da ciência, divulgação científica, entendimento público da ciência e democratização da ciência." (AULER; DELIZOICOV, 2001, p. 123).

Quanto à definição de AC, para Hurd (1998) "a alfabetização científica é vista como uma competência cívica exigida para o pensamento racional sobre a ciência em relação a problemas pessoais, sociais, políticos, econômicos e questões que provavelmente ocorrerão ao longo da vida."¹ (p. 410, tradução nossa). Na busca por explicar a AC Auler e Delizoicov (2001, p. 131) concebem-na como "a busca da compreensão sobre as interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade. [...] Por sua vez, tal aspecto remete à discussão sobre a dinâmica de produção e apropriação do conhecimento científico-tecnológico." Já Sasseron e Carvalho afirmam que as ideias de AC:

[...] convergem para a cultura científica e suas especificidades. E assim como em qualquer outra cultura, entender quais suas regras e características para poder se comunicar com seus membros, exige que se tenha consciência de seus temas de interesse, de como tais temas foram trabalhados dentro da cultura, das relações existentes entre diferentes conhecimentos de seu escopo, além de perceber e reconhecer a estrutura por meio da qual se produz tais conhecimentos e que permite o

¹ Scientific literacy is seen as a civic competency required for rational thinking about science in relation to personal, social, political, economic problems, and issues that one is likely to meet throughout life.

reconhecimento dos mesmos como próprios desta cultura (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 63).

Lorenzetti e Delizoicov (2001) entendem que a AC é uma atividade vitalícia, ou seja, que acontece do nascimento até a morte de uma pessoa, pois é “compreendida como o processo pelo qual a linguagem das Ciências Naturais adquire significados, constituindo-se um meio para o indivíduo ampliar o seu universo de conhecimento, a sua cultura, como cidadão inserido na sociedade.” (p. 52-53). Shen (1975) afirma que a AC está em tudo, desde conhecer os nutrientes presentes nos alimentos para manter uma alimentação saudável até perceber beleza nas leis da física. Chassot, em um pensar muito próximo de Shen coloca que:

[...] poderíamos pensar que alfabetização científica signifique possibilidades de que a grande maioria da população disponha de conhecimentos científicos e tecnológicos necessários para se desenvolver na vida diária, ajudar a resolver os problemas e as necessidades de saúde e sobrevivência básica, tomar consciência das complexas relações entre ciência e sociedade (CHASSOT, 2003, p. 97).

Existem diferenças até na forma de se referir à AC. Como já mencionado, o conceito surgiu inicialmente com Paul Hurd na forma em inglês *Scientific Literacy*. Posteriormente, surgiram as versões em espanhol *Alfabetización Científica* e francês *Alphabétisation Scientifique*. Na tradução para o português surgiram três formas diferentes de designar o ensino cujo objetivo seja o desenvolvimento de capacidades e competências que permitam a participação e entendimento de decisões da sociedade: ‘Letramento Científico’, ‘Alfabetização Científica’ e ‘Enculturação Científica’. Assim, entre os autores brasileiros pode-se encontrar qualquer uma das designações (SASSERON; CARVALHO, 2011). Ademais, no Brasil o termo foi ampliado para ‘Alfabetização Científica e Tecnológica’ (ACT), para englobar a tecnologia de forma mais explícita, esta é a expressão utilizada por autores como Auler e Delizoicov no conhecido artigo ‘Alfabetização científico-tecnológica pra quê?’ publicado em 2001 na Revista Ensaio.

Neste trabalho adotam-se as palavras ‘Alfabetização Científica’ porque os referenciais que estudamos utilizam esta expressão (como Sasseron e Carvalho, Shen, Hurd, Lorenzetti, Chassot, Miller...). Além disso, concordamos com a ideia de Sasseron e Carvalho (2011) de que “a alfabetização deve desenvolver em uma pessoa qualquer a capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica,

além de auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao mundo que a cerca” (p. 61). Além disso, destacamos que neste trabalho a AC é entendida em sua perspectiva ampliada (AULER; DELIZOICOV, 2001), ou seja, entendemos que a AC leva a uma leitura crítica do mundo, em consonância com o ensino libertador de Paulo Freire. Ou seja, “[...] corporifica-se a ideia da democratização da ciência e tecnologia como pré-requisito para o exercício da cidadania, da democracia.” (AULER; DELIZOICOV, 2001, p. 132).

Como vimos, apesar da falta de consenso restrito quanto a definição do que é a AC, esta ocorre em diversos vieses. Para Shen (1975) a AC existe em três formas: (i) **prática**: é a forma de AC que relaciona-se com os conhecimentos que podem ser aplicados rapidamente para resolver as necessidades humanas básicas, como comer; (ii) **cívica**: é a AC que forma cidadãos preparados para a tomada de decisão em assuntos relacionados com a ciência e a tecnologia numa sociedade democrática e (iii) **cultural**: ocorre quando o indivíduo adquire o desejo e a curiosidade de aprender mais sobre assuntos que tem cunho científico e/ou tecnológico.

Outro autor que coloca que a AC tem diferentes vieses é Miller (1983), que define três dimensões para a AC: (i) **normas e métodos da ciência**: está relacionada com o entendimento do processo de construção do conhecimento científico, ou seja, das regras que norteiam a ciência; (ii) **conhecimento cognitivo da ciência**: refere-se à compreensão dos termos e conceitos científicos, do conhecimento já estabelecido e (iii) **atitudes em relação à ciência**: é a dimensão relacionada ao entendimento do impacto e das consequências da ciência e da tecnologia na sociedade.

Bybee (1995) também coloca três formas para a AC: (i) **funcional**: é o tipo de AC em que o indivíduo adquire conhecimento do conteúdo científico e suas expressões, conseguindo ler e escrever textos técnicos; (ii) **conceitual e procedimental**: é a compreensão de como ocorre a construção do conhecimento científico e (iii) **multidimensional**: é o entendimento das relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade.

Podemos ver pelo resumo do Quadro 1, que as diferentes dimensões da AC dos diferentes autores se relacionam em torno de três pontos em comum. Sasseron e Carvalho (2011) perceberam estes três pontos comuns e os organizaram e chamaram de Eixos Estruturantes: (i) **compreensão básica de termos**,

conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; (ii) compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática e (iii) entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente.

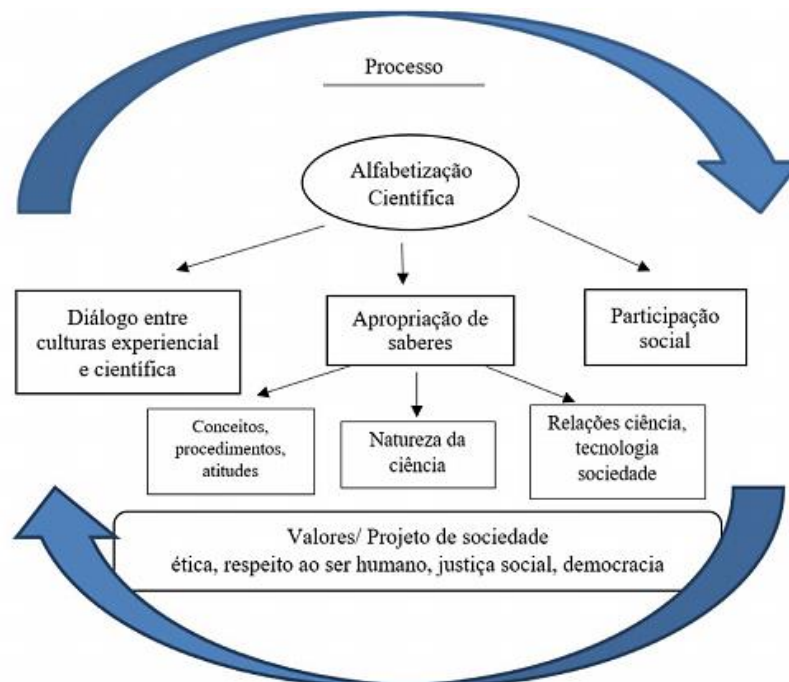
QUADRO 1 – DIMENSÕES DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA DE DIFERENTES AUTORES.

Autor	Dimensões da AC		
	Relacionadas com a aquisição de conhecimentos científicos	Relacionadas com o entendimento das relações Ciência, Tecnologia e Sociedade e tomada de decisão	Relacionadas com o entendimento da Natureza da Ciência
Shen (1975)	Prática	Cívica	Cultural
Miller (1983)	Conhecimento cognitivo da ciência	Atitudes em relação à ciência	Normas e métodos da ciência
Bybee (1995)	Funcional	Multidimensional	Conceitual e procedimental

FONTE: a autora (2019).

Marques e Marandino (2018, p. 7) colocam que “[...] a AC deve promover não apenas a apropriação de conhecimentos, mas também a construção do que Freire chama de consciência epistemológica, potencializando a participação social”. Assim, pode-se resumir o processo de desenvolvimento da AC na Figura 1.

FIGURA 1 – PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.



FONTE: MARQUES; MARANDINO, 2018, p. 7.

Este trabalho tem como foco principal o item ii da AC, portanto tal eixo será discutido em detalhes no capítulo 3. No entanto, no tópico 2.2 deste capítulo faremos uma breve explanação do que é o item iii, pois todos os eixos da AC estão intimamente relacionados, sendo importante compreendê-los e todos estão relacionados com as controvérsias sociocientíficas, que serão discutidas no capítulo 4. Nos próximos tópicos, antes de falarmos sobre as relações Ciência-Tecnologia-Sociedade, veremos as características das pessoas alfabetizadas cientificamente e a presença desta nos currículos.

2. 1. 1 Características do desenvolvimento da Alfabetização Científica

Na perspectiva da AC “o alfabetizado cientificamente não precisa saber tudo sobre as ciências (mesmo aos cientistas isso não é possível!), mas que deve ter conhecimentos suficientes de vários campos delas e saber sobre como esses estudos se transformam em adventos para a sociedade” (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 65). Ou seja, o objetivo da AC não é formar cientistas, mas cidadãos informados e conscientes. Contudo, é “impossível existir um modelo universal para a execução prática da AC em salas de aulas, visto que os objetivos mais específicos variam de acordo com o contexto sociocultural em que os estudantes estão imersos” (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 65).

Um dos requisitos para identificar que uma pessoa é alfabetizada cientificamente, segundo Sasseron e Carvalho (2011), é a habilidade de ler e escrever sobre ciência, pois o aprender científico está ligado a esses conhecimentos. Na leitura de um texto a pessoa procura relacionar o que já sabe com o que está sendo apresentado ali. No entanto, defendemos, como Lorenzetti e Delizoicov (2001), que a AC é um processo vitalício e que começa a ser desenvolvido antes mesmo da aquisição do código escrito. A criança pequena que ainda não lê e escreve também interage com o mundo e aprende sobre ele, o que significa que esta está se alfabetizando cientificamente. Neste sentido, Lorenzetti e Delizoicov colocam que:

A definição de alfabetização científica como a capacidade do indivíduo ler, compreender e expressar opinião sobre assuntos que envolvam a ciência, parte do pressuposto de que o indivíduo já tenha interagido com a educação formal, dominando, desta forma, o código escrito. Entretanto, complementarmente a esta definição, e num certo sentido a ela se

contrapondo, partimos da premissa de que é possível desenvolver uma alfabetização científica nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental, mesmo antes do aluno dominar o código escrito. Por outro lado, esta alfabetização científica poderá auxiliar significativamente o processo de aquisição do código escrito, propiciando condições para que os alunos possam ampliar a sua cultura (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001, p. 47-48).

Além disso, o processo de AC não termina, ou seja, uma pessoa nunca está totalmente alfabetizada cientificamente, esta apenas vai se desenvolvendo cada vez mais (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001).

QUADRO 2 – HABILIDADES DOS ALFABETIZADOS CIENTIFICAMENTE.

<p>Habilidades relacionadas com conceitos e procedimentos</p>	<p>Entender os principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e saber usá-los;</p> <p>Gostar dos assuntos científicos e tecnológicos pela estimulação intelectual que suscitam (SASSERON; CARVALHO, 2011);</p> <p>Apreciar o valor da pesquisa por si só como produto da curiosidade humana;</p> <p>Utilizar os conceitos científicos e relacioná-los com os valores para tomar decisões responsáveis no seu cotidiano (SASSERON; CARVALHO, 2011; HURD, 1998);</p> <p>Saber analisar e processar as informações para entender além dos fatos (HURD, 1998).</p>
<p>Habilidades relacionadas com a NdC</p>	<p>Reconhecer que os problemas científicos e sociais são geralmente resolvidos pela colaboração de diversas pessoas e não de forma individual;</p> <p>Identificar quando não existem dados suficientes para formar um julgamento confiável;</p> <p>Perceber a ciência como síntese de conhecimentos de diversos campos, como relações entre ciências naturais e sociais;</p> <p>Detectar como a pesquisa é feita e sua validade (HURD, 1998);</p> <p>Entender os fatores políticos, econômicos e sociais que controlam o desenvolvimento científico;</p> <p>Reconhecer os limites, riscos e lacunas da ciência e das tecnologias;</p> <p>Distinguir resultados científicos de opiniões;</p> <p>Entender que o saber científico é provisório e sujeito a mudanças (SASSERON; CARVALHO, 2011; HURD, 1998);</p> <p>Conhecer fontes de informação válidas;</p> <p>Compreender a construção histórica da ciência;</p> <p>Compreender que as atividades experimentais e os conceitos teóricos são igualmente fundamentais na construção da ciência (SASSERON; CARVALHO, 2011).</p>
<p>Habilidades relacionadas com CTS</p>	<p>Compreender as relações entre a ciência, tecnologia e a sociedade (SASSERON; CARVALHO, 2011; HURD, 1998);</p> <p>Captar as aplicações das tecnologias (SASSERON; CARVALHO, 2011);</p> <p>Notar que a economia é influenciada pelos avanços científicos e tecnológicos;</p> <p>Perceber que os problemas científicos em contextos sociais podem ter mais de uma resposta certa (HURD, 1998).</p>

FONTE: a autora (2019).

Outras habilidades dos alfabetizados cientificamente estão resumidas no Quadro 2, separadas em grupos.

Todas estas habilidades podem ser estimuladas desde os anos iniciais do ensino fundamental. Nessa etapa deve-se incentivar a curiosidade pelo mundo natural. Nos anos finais do ensino fundamental podem-se desenvolver curiosidades mais específicas sobre como funcionam e como desenvolver tecnologias e o mundo natural, além de conhecimentos sobre a saúde humana. No ensino médio proporciona-se um potencial caminho para carreiras científicas e comunica-se o papel da ciência na vida em sociedade, desenvolvendo o raciocínio lógico (SASSERON; CARVALHO, 2011).

No entanto, percebemos que a AC é extremamente ampla e dificilmente a escola vai conseguir, de forma isolada, que os alunos sejam alfabetizados cientificamente. Segundo Lorenzetti e Delizoicov (2001), a escola não pode fornecer todas as informações que os estudantes vão precisar em suas vidas para compreender seus mundos e resolver seus problemas. Mas, a escola pode propiciar aos educandos o conhecimento de onde procurar informação, o que inclui ir a espaços não formais, como museus, feiras, fábricas, zoológicos, bibliotecas. Atividades como estas podem elevar a aprendizagem e a independência dos alunos, para que estes saibam relacionar o que aprendem com o mundo em que vivem.

Assim, o grande desafio hoje está em pensar em formas de desenvolver a AC. A literatura mostra exemplos bem sucedidos de atividades de todos os tipos: sequências didáticas investigativas para o ensino fundamental (SASSERON; CARVALHO, 2008), ensino mediado por tecnologias da informação e comunicação (RANGEL; SANTOS; RIBEIRO, 2012), projetos de incentivo a pesquisa (OLIVEIRA ET AL., 2016; RODRIGUES ET AL., 2015), ensino dentro do espaço não formal (COSTANTIN, 2001; MARQUES; MARANDINO, 2018), entre outras propostas.

2. 1. 2 A Alfabetização Científica nos Currículos de Ciências

Com relação à discussão acerca da inserção da AC no currículo, pode-se começar com o artigo de 1998 de Paul Hurd, em que o autor critica os currículos de ciências das escolas dos Estados Unidos afirmando que esses não desenvolviam a observação e o pensamento independente. Hurd (1998) cita as ideias de James

Wilkinson de que os cientistas consideram o conhecimento privado, querendo ser avaliados apenas por seus iguais e não pela influência de suas descobertas na sociedade. Isso exclui a população da ciência e gera um modo de ensinar que fomenta a ignorância.

Durante o período da Guerra Fria os países buscavam o desenvolvimento científico e tecnológico como forma de conquistar poder. Assim, os currículos de ciências visavam a formação de cientistas e engenheiros para o país. Os currículos enfatizavam os conteúdos clássicos e o modo de investigação científico, baseado na ideia de método científico (HURD, 1998). Essa valorização do científico também acaba funcionando como forma de legitimar a dominação. Isso ocorre porque o controle dos conhecimentos e das técnicas leva ao controle da natureza e, por consequência, do homem (SANTOS; MORTIMER, 2000).

É importante lembrar que o Ensino de Ciências não deve somente almejar a formação de futuros cientistas, mas de cidadãos que saibam discutir e aplicar os conhecimentos em sua vida (SASSERON; CARVALHO, 2011). Para Hurd (1998) o currículo de ciências deve acompanhar as mudanças históricas e sociais e pensar na formação pessoal do aluno. Assim:

[...] o ensino de Ciências em todos os níveis escolares deva fazer uso de atividades e propostas instigantes. E com o uso do termo 'instigantes' referimo-nos tanto à resolução de problemas e à exploração de fenômenos naturais, que, por si só, atingem a curiosidade e o interesse dos alunos devido à forma fantástica e ao caráter incrível que se possa mostrar, como também às discussões instigantes devido a sua própria temática. Por sua vez, estas discussões podem despertar o interesse dos alunos por fazerem parte de situações de seu dia a dia ou por indicarem que pensar sobre as Ciências, suas tecnologias e as influências permitem-nos acreditar na possibilidade de um futuro sustentável (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 73).

Por muito tempo melhorar o currículo foi simplesmente atualizar os assuntos das disciplinas, não reconhecendo mudanças nas práticas das ciências e na cultura. É preciso pensar em formas de resolver os problemas da humanidade, como problemas ambientais, novos modos de comunicação seguros, envelhecimento humano e saúde, novas fontes de energia, melhoria sustentável da produção de alimentos. Para enfrentar esses desafios é necessária uma nova visão de educação científica e de AC. Nesse sentido o Ensino de Ciências assume novas dimensões. A capacidade de adaptação e sobrevivência do ser humano depende do seu aprendizado, da capacidade cognitiva de usar a informação para o desenvolvimento

social e progresso econômico. O currículo que se procura é aquele que prepara os alunos para lidar com mudanças (HURD, 1998).

Segundo Hurd (1998) os conhecimentos cognitivos, sociais e pessoais que os alunos precisam desenvolver são sobre:

- Saúde (biológica, comportamental, social, ambiental).
- Bem-estar (boa forma física e segurança, otimização de sistemas biológicos).
- Conhecimento de si mesmo (natureza humana, identidade humana).
- Meio Ambiente (proteção ecológica e ambiental).
- Sistemas de comunicação (fontes, processamento e utilização de informações).
- Ciência (interações tecnológicas, sociais e culturais).
- Crescimento e desenvolvimento (desde o nascimento até a velhice).
- Fatores do aprender e como aprender (aprendizagem autodirigida, construção de capital humano, conhecer processos).
- Interações sociais humanas e colaboração na resolução de problemas cívicos.
- Diversidade humana (sistemas individuais, culturais e de valores).
- Qualidade de vida (critérios, elementos sociais, biológicos, estéticos, físicos).
- Resolução de problemas da vida real (tomada de decisão, raciocínio prático, tomada de decisões, tomada de ação).
- Imagens alteradas da ciência (perspectivas histórica, atual e futura).
- Problemas não resolvidos em ciência / tecnologia ('a infundável fronteira').
- Ciência contemporânea e políticas públicas.
- Alimentação e agricultura (biotecnologia, engenharia genética).
- Habilidades para a vida (adaptação pessoal e social).
- Saúde pública (drogas ilícitas, controle de pandemias, guerra contra o câncer, doenças sexualmente transmissíveis).
- Dinâmica do crescimento da população humana (explosão populacional).
- Diversidade nos ecossistemas (extinção de espécies).
- Energia (recursos e controles).
- Questões éticas, de valor, morais e judiciais em ciência / tecnologia.
- Participação em atividades relacionadas à comunidade científica (reciclagem, transporte urbano, saneamento).
- Continuidade genética em humanos, plantas e animais (biotecnologia).
- Exploração dos mundos biológico e físico (consciência, vivência da natureza, sistema terrestre e mudanças globais).
- Pesquisa estratégica em ciência / tecnologia em relação aos assuntos humanos e sociais e à qualidade de vida.
- Início de programas de ação relacionados ao bem-estar humano e social (HURD, 1998, p. 412, tradução nossa)².

² Health (biological, behavioral, social, environmental).

- Wellness (fitness and safety, optimizing biological systems).
- Knowledge of oneself (human nature, human identity).
- Environment (ecological and environmental protection).
- Communication systems (sources, processing, and utilization of information).
- Science (technology, social, and cultural interactions).
- Growth and development (from birth through old age).

Percebe-se por essa lista de conteúdos, que o Ensino de Ciências precisa tornar-se interdisciplinar. Nesse caso, para atingir a AC, precisa-se de uma interdisciplinaridade que seja “fundamentada em pressupostos que indiquem uma orientação epistemológica ao processo, de forma a permitir um delineamento quanto aos objetivos educacionais e outros aspectos formativos que se pretende que os educandos venham a desenvolver” (LAVAQUI; BATISTA, 2007, p. 408). Por exemplo, energia é um dos temas da lista de Hurd (1998). Para trabalhar esse assunto poderia ser construída uma unidade didática que integrasse diversas disciplinas, cada qual contribuindo com saberes variados.

Portanto, o Ensino de Ciências deve atender as demandas da sociedade, deve ser importante na resolução dos seus problemas (HILÁRIO; REIS, 2009). Com base em uma justificativa democrática é preciso desenvolver o pensamento crítico e a criatividade para que o aluno possa refletir sobre os desenvolvimentos científicos e tecnológicos cada vez mais presentes na vida em sociedade (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; REIS, 2006). Uma iniciativa importante foi a realização da ‘Conferência Internacional Ensino de Ciências para o Século XXI: ACT – Alfabetização em Ciência e Tecnologia’ no Brasil em 1990 para discutir as formas de estimular a AC nas escolas (SANTOS; MORTIMER, 2000).

Segundo Sasseron e Carvalho (2011, p. 66) “vislumbrar as ciências sem esquecer das relações existentes entre seus conhecimentos, os adventos

-
- Factors in learning how to learn (self-directed learning, building human capital, knowing processes).
 - Human social interactions and collaboration in resolving civic problems.
 - Human diversity (individual, cultural, and value systems).
 - Quality of life (criteria, social, biological, aesthetic, physical elements).
 - Real-life problem solving (decisionmaking, practical thinking, making judgments, taking action).
 - Changed images of science (historical, current, and future perspectives).
 - Unsolved problems in science/technology (“the endless frontier”).
 - Contemporary science and public policy.
 - Food and agriculture (biotechnology, genetic engineering).
 - Life skills (personal and social adjustment).
 - Public health (illegal drugs, control of pandemics, war on cancer, sexually transmitted diseases).
 - Dynamics of human population growth (population explosion).
 - Diversity in ecosystems (species extinction).
 - Energy (resources and controls).
 - Ethical, value, moral, and judicial issues in science/technology.
 - Participation in community-science-related activities (recycling, urban transportation, sanitation).
 - Genetic continuity in humans, plants, and animals (biotechnology).
 - Exploration of the biological and physical worlds (awareness, experiencing nature, earth system and global changes).
 - Strategic research in science/technology in relation to human and social affairs and the quality of life.
 - Initiation of action programs related to human and social welfare.

tecnológicos e seus efeitos para a sociedade e o meio-ambiente é o objetivo que os currículos de ciências parecem almejar quando se têm em mente a AC”. A educação deve levar os estudantes a terem uma perspectiva realista da ciência, não aceitarem a opinião das pessoas de forma automática e sem questionamentos, desenvolver o senso crítico e a argumentação e desenvolver a vontade de sempre procurar mais e melhores informações (ESPÍRITO SANTO; REIS, 2013).

Como já mencionado os três Eixos Estruturantes da AC são: (i) aprender os conceitos e termos científicos já consolidados; (ii) entender como ocorre a construção da ciência; (iii) desenvolver a cidadania por meio de capacidades e atitudes responsáveis e ativas nas questões envolvendo relações entre ciência, tecnologia e sociedade, entendendo os impactos destas (SASSERON; CARVALHO, 2011). Na próxima seção esclareceremos sobre o tópico iii, evidenciando o que são as relações Ciência-Tecnologia-Sociedade que devem ser compreendidas para o desenvolvimento da AC.

2. 2 EDUCAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE

Durante o século XX cresceu a ideia de que o avanço científico e tecnológico levava necessariamente ao desenvolvimento econômico e social. As pessoas passaram a acreditar que a ciência fosse capaz de resolver os problemas humanos e salvar a humanidade de todos os males (SANTOS; MORTIMER, 2000). Porém, durante as décadas de 1960 e 1970 a ciência e a tecnologia começaram a ser vinculadas à degradação ambiental e à guerra, como as bombas atômicas e armas químicas. Paralelamente, debates começaram a surgir e dois importantes livros foram publicados: ‘A estrutura das revoluções científicas’ de Thomas Kuhn e ‘Primavera silenciosa’ de Rachel Carson, ambos em 1962, intensificando os debates acerca das relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). O livro de Kuhn discute sobre como ocorre o desenvolvimento científico e a não neutralidade deste processo. Já o livro de Carson discute os efeitos ao ambiente do uso de agrotóxicos. Neste contexto, nos EUA e em países da Europa, emerge o movimento CTS, que se tornou assunto de discussão política (AULER; BAZZO, 2001).

Adicionalmente, segundo Auler e Bazzo (2001) e Roso e Auler (2016), movimentos sociais organizados, como ambientalistas, estavam questionando a ideia de que mais ciência e tecnologia conduzia necessariamente a resolução dos

problemas sociais e ambientais. Assim, a sociedade passou a exigir algum controle da produção científica e tecnológica. O objetivo central do movimento CTS tornou-se a democratização das decisões, com a participação de todos os grupos sociais. Este processo de politização da ciência e tecnologia causou mudanças na forma de enxergar a Educação Científica, em nível básico e superior, surgindo o que se chama de Educação CTS.

Posteriormente surgiu a denominação Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA), visando destacar as questões ambientais. Segundo Santos:

Em tese, pode-se dizer que, pela sua origem, todo movimento CTS incorpora a vertente ambiental à tríade CTS. Ocorre que discussões sobre CTS podem tomar um rumo que não, necessariamente, questões ambientais sejam consideradas ou priorizadas e, nesse sentido, o movimento CTSA vem resgatar o papel da educação ambiental (EA) do movimento inicial de CTS (Santos, 2007, p. 1).

A ideia de que a questão ambiental já está presente na tríade CTS é defendida por diversos autores e é a sigla mais utilizada. Nesta dissertação utilizaremos a sigla CTS em função dos referenciais que utilizamos e porque defendemos que o ambiente já está nas relações CTS.

Santos (2007) considera que o objetivo da Educação CTS “[...] é promover a educação científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões.” (p. 2).

Santos e Mortimer (2000) identificam três objetivos gerais da Educação CTS: “(1) aquisição de conhecimentos, (2) utilização de habilidades e (3) desenvolvimento de valores.” (p. 114). Os valores e habilidades podem ser: escrita, fala, autoestima, solidariedade, pensamento lógico, respeito ao próximo, responsabilidade social, entre outros. A discussão e construção destes valores forma cidadãos críticos e comprometidos. Por exemplo, na hora de comprar um produto a maioria das pessoas escolhe apenas em função da qualidade, aparência ou preço. Cidadãos conscientes tomam a decisão de comprar alguma coisa pensando também nos impactos ambientais dele, desde o processo de produção até o descarte, nos efeitos sobre a saúde, nas questões éticas relacionadas à sua produção, uso ou comercialização. Assim, este cidadão não compraria um produto que é feito com uso

de mão-de-obra infantil ou que explora os trabalhadores, nem um que é fruto de contrabando ou que agride o ambiente. Isso poderia, com o passar do tempo, diminuir o consumo de algumas coisas ou obrigar mudanças nos processos de produção (SANTOS; MORTIMER, 2000).

De todo modo o enfoque não é repassar os conceitos técnicos e mostrar somente as coisas boas da ciência, mas formar um cidadão capaz de entender de forma crítica o que está em jogo em alguns assuntos (SANTOS; MORTIMER, 2000). Assim, numa abordagem CTS é preciso que os conteúdos sejam contextualizados. No entanto, é necessário tomar cuidado, pois:

Muitos professores consideram o princípio da contextualização como sinônimo de abordagem de situações do cotidiano, no sentido de descrever, nominalmente, o fenômeno com a linguagem científica. Essa abordagem é desenvolvida, em geral, sem explorar as dimensões sociais nas quais os fenômenos estão inseridos. Assim, se ensina nomes científicos de agentes infecciosos e processos de desenvolvimento das doenças, mas não se reflete sobre as condições sociais que determinam a existência de muitos desses agentes em determinadas comunidades. Da mesma forma, se ilustra exemplos do cotidiano de processos de separação de materiais como catação, mas não se discute os determinantes e as conseqüências do trabalho desumano de catadores em lixões do Brasil (SANTOS, 2007, p. 4).

Ou seja, contextualizar não é apenas mencionar alguma situação do cotidiano. Isto é apenas uma forma de encobrir a extrema abstração dos conteúdos. Santos (2007) coloca que a contextualização das relações CTS implica o pensar sobre a realidade, leva o aluno a relacionar a ciência que aprende na escola com as situações que acontecem no seu cotidiano e desenvolve atitudes e valores humanos em relação às questões CTS. Assim, a perspectiva CTS problematiza as relações sociais de modo a desenvolver o compromisso social dos alunos.

2. 2. 1 Currículo CTS

De acordo com Auler e Bazzo (2001) a tradução do movimento CTS em uma Educação CTS encontra alguns desafios:

[...] formação disciplinar dos professores incompatível com a perspectiva interdisciplinar presente no movimento CTS; compreensão dos professores sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade; não contemplação do enfoque CTS nos exames de seleção; formas e modalidades de implementação; produção de material didático-pedagógico; e redefinição de conteúdos programáticos (AULER; BAZZO, 2001, p. 2).

Por outro lado, os autores destacam que não há um discurso consensual que designe os conteúdos, a abrangência e as formas de inserção das relações CTS no ensino. Existem propostas que vão desde usar o enfoque CTS para atrair a atenção do aluno e motivá-lo a estudar até outras que sugerem a compreensão das relações CTS como mais importante que os próprios conhecimentos científicos. Assim, os objetivos podem ser: o entendimento dos fenômenos do cotidiano, entender o funcionamento das tecnologias, compreensão das implicações sociais da ciência e tecnologia, percepção da construção do conhecimento científico, desenvolvimento da criticidade e independência intelectual, estimulação da AC (AULER; BAZZO, 2001).

A inserção das relações CTS nos currículos pode ocorrer de diversas formas. Aikenhead (1994) estabelece oito graus de apropriação destas relações com o ensino, em que a categoria 1 tem 0% de conteúdos CTS e a categoria 8 tem 100%. São:

- 1) Conteúdo CTS para motivação: é o ensino tradicional em que o professor apenas cita das relações, mas sem discuti-las e sem avaliar o aluno sobre estas.
- 2) Acréscimo casual do conteúdo CTS: ainda é o ensino tradicional, mas o conteúdo CTS aparece alguma vez como apêndice isolado dos conteúdos, e em algumas situações memorísticas é colocado na avaliação.
- 3) Inserção intencional do conteúdo CTS: aqui os conteúdos CTS ainda são apêndices, mas ganham coesão com os conteúdos e aparecem mais vezes nas avaliações.
- 4) Disciplina por meio de conteúdo CTS: o conteúdo CTS organiza o conteúdo científico e os alunos são avaliados em relação aos dois, mas com prevalência dos aspectos científicos.
- 5) Ciência por meio do conteúdo CTS: conteúdo multidisciplinar ditado pelo conteúdo CTS e maior frequência destes nas avaliações.
- 6) Ciência ao longo do conteúdo CTS: o conteúdo científico enriquece o aprendizado dos aspectos CTS, que são o foco do ensino, e as avaliações cobram igualmente as duas vertentes.

- 7) Inserção da ciência no conteúdo CTS: o foco do ensino é o conteúdo CTS e o científico é inserido, mas não ensinado de forma sistemática e a avaliação é principalmente em relação ao CTS.
- 8) Conteúdo CTS: utiliza-se uma grande questão tecnológica e social, os conteúdos científicos são mencionados como forma de unir a questão em estudo com a ciência e a avaliação não contém conteúdo científico relevante (AIKENHEAD, 1994).

Percebe-se que até a categoria 4 a ênfase está no conteúdo científico e depois passa a ser as relações CTS, até a categoria 8, que é um modelo radical. Currículos entre as categorias 6 e 7 são considerados propostas possíveis para o Ensino de Ciências e poderiam colaborar muito com a AC (AIKENHEAD, 1994).

Entretanto, é importante destacar que o enfoque CTS surge em países cuja condição social e material estava razoavelmente satisfeita. No Brasil a cultura de participação é pequena e mudar isso é um grande desafio. Além do mais, nosso país não tem uma grande política de investimento em pesquisa e desenvolvimento. Deste modo, é preciso adaptar esses currículos à realidade brasileira (AULER; BAZZO, 2001).

Assim, os estudos sobre CTS têm recebido atenção no Brasil e no mundo e vêm influenciando a criação de currículos de ciências, cujo objetivo seja a AC. Santos e Mortimer (2000) afirmam que até a década de 1980 os currículos CTS incorporaram a perspectiva de que a ciência é produto do contexto social, político e econômico. Depois desse período passaram a focar na análise das implicações sociais da ciência e tecnologia.

Os currículos com enfoque CTS funcionam com base nas ideias de:

- (i) *ciência* como atividade humana que tenta controlar o ambiente e a nós mesmos, e que é intimamente relacionada à tecnologia e às questões sociais;
- (ii) *sociedade* que busca desenvolver, no público em geral e também nos cientistas, uma visão operacional sofisticada de como são tomadas decisões sobre problemas sociais relacionados à ciência e tecnologia;
- (iii) *aluno* como alguém que seja preparado para tomar decisões inteligentes e que compreenda a base científica da tecnologia e a base prática das decisões; e
- (iv) *professor* como aquele que desenvolve o conhecimento de e o comprometimento com as inter-relações complexas entre ciência, tecnologia e decisões (SANTOS; MORTIMER, 2000, p. 112, grifos dos autores).

Desta forma o currículo CTS seria “uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são

estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e sócio-econômicos” (SANTOS; MORTIMER, 2000, p. 112).

2. 2. 2 A Ciência, a Tecnologia e a Sociedade e suas relações na Educação CTS

Santos e Mortimer (2000) elencam as formas como ciência, tecnologia e sociedade são entendidas no currículo CTS. Os autores afirmam que a ciência é entendida de forma crítica e não como uma verdade rígida e fechada, mas como atividade aberta que está em constante transformação. O conhecimento científico não é entendido como neutro e objetivo, mas como elemento socialmente construído, questionando a natureza absoluta dos métodos e resultados da pesquisa. Deve-se apontar a provisoriedade e incerteza das teorias científicas e as opiniões controversas de especialistas.

Os currículos CTS devem abordar a ciência nos seus aspectos *filosóficos*, relacionado à ética e à responsabilidade social dos cientistas, *sociológicos*, pertinente à influência da ciência e tecnologia na sociedade e vice e versa, *históricos*, relativo à interferência dos fatos históricos na atividade científica e vice e versa, *políticos*, referente às interações dos sistemas políticos nas pesquisas científicas, *econômicos*, relacionado às contribuições ou não da ciência e tecnologia para o desenvolvimento econômico, e *humanísticos*, associados à criatividade e cultura (SANTOS; MORTIMER, 2000).

Assim, os currículos CTS devem abordar a construção do conhecimento científico e “isso remete à necessidade de que, no currículo, sejam discutidos aspectos relacionados à filosofia, história e sociologia das ciências” (SANTOS; MORTIMER, 2000, p. 116) o que também faz parte dos objetivos específicos da AC, mostrando como a AC e o enfoque CTS estão totalmente interligados. Desta forma, esse currículo contribui para os alunos que não pretendem se tornar cientistas e para os que pretendem também, por apresentar uma visão interdisciplinar da ciência. O que é diferente da forma comum de ensinar, que apenas nomeia as espécies de plantas e animais, as substâncias químicas e os processos físicos, unicamente como forma de disfarçar a abstração do ensino conceitual (SANTOS; MORTIMER, 2000).

Na definição de como a tecnologia deve ser abordada nos currículos CTS, Santos e Mortimer defendem que:

A tecnologia pode ser compreendida como o conhecimento que nos permite controlar e modificar o mundo. Atualmente a tecnologia está associada diretamente ao conhecimento científico, de forma que hoje tecnologia e ciência são termos indissociáveis. Isso tem levado a uma confusão comum que é reduzir a tecnologia à dimensão de ciência aplicada (SANTOS; MORTIMER, 2000, p. 117).

Assim, usando o conhecimento científico a tecnologia visa a construção de obras e produtos. Nesse sentido, esta tem três aspectos: técnico – são as técnicas, habilidades, ferramentas, máquinas, entre outros – organizacional – envolve toda a produção industrial e atividades econômicas – e cultural, que está relacionada com os objetivos, valores, criatividade humana, ética. Na AC visa-se que o indivíduo tenha consciência dos três aspectos, pois normalmente a tecnologia é restrita ao seu caráter técnico (SANTOS; MORTIMER, 2000). Desta forma, a educação tecnológica não se restringe a explicar as técnicas e o funcionamento dos equipamentos para que o aluno saiba usar as tecnologias existentes e absorver as novas. Pretende-se que o estudante compreenda “como a tecnologia tem influenciado o comportamento humano e desenvolver atitudes em prol de um desenvolvimento tecnológico sustentável, é essencial que haja uma discussão dos valores envolvidos nas decisões” (SANTOS; MORTIMER, 2000, p. 117).

No quesito da sociedade os currículos CTS buscam evidenciar ao aluno o seu poder de influência, estimulando a participação democrática. Isto pode ser percebido pelos estudantes quando atuam em grupos organizados e quando entendem que suas escolhas afetam a sociedade, por exemplo, quando mudam seus hábitos de consumo. (SANTOS; MORTIMER, 2000).

No entanto, muitas vezes os indivíduos não entendem a ciência e a tecnologia da forma como foram elencadas nos parágrafos anteriores e nem suas relações com a sociedade, devido ao ensino tradicional que apenas apresenta os produtos prontos da ciência. Assim, surgem compreensões simplistas que Auler e Delizoicov (2001) sintetizaram como os três mitos da neutralidade da ciência e tecnologia: mito da superioridade das decisões tecnocráticas, mito salvacionista de ciência e mito do determinismo tecnológico.

O mito da superioridade das decisões tecnocráticas baseia-se na premissa de que a ciência é neutra e que o cientista é a melhor pessoa para tomar as decisões. Afinal, sempre existe uma solução ótima e esta é ideologicamente neutra,

devido a legitimidade teórica e prática do conhecimento científico. A escolha do especialista sempre é a melhor porque evita ambiguidades, mas isto diminui a importância da democracia. A ciência torna-se uma instância maior como a Igreja era na Idade Média (AULER; DELIZOICOV, 2001).

No entanto, sabe-se que este mito não condiz com a realidade. Santos e Mortimer nos alertam que:

[...] a ciência com que as pessoas lidam na vida real raramente é objetiva, coerente, bem delimitada e não problemática. E que o conhecimento científico, longe de ser central para muitas das decisões sobre ações práticas, é irrelevante ou, quando muito, marginal em relação a essas decisões. [...] Os conceitos cotidianos continuarão a ter peso na maioria das decisões que tomamos na vida cotidiana, independente de nosso conhecimento de alternativas mais científicas, pois, muitas vezes, essas são inúteis para a solução desses problemas. O reconhecimento desses limites evita a ilusão, que no fundo é cientificista, de que a ciência poderá, num futuro, informar todas as nossas decisões (SANTOS; MORTIMER, 2000, p. 123).

Ou seja, os cientistas não são os únicos que devem tomar as decisões, estes fazem parte de um dos eixos sociais e são importantes no fornecimento de informações, mas todos na sociedade devem participar da discussão. Segundo Karisan e Zeidler (2017) “[...] tanto os indivíduos quanto a comunidade científica maior têm uma responsabilidade inerente de considerar as ramificações éticas de suas decisões e honrar os compromissos morais de criar um mundo justo.”³ (p. 144). Afinal, todos na sociedade serão afetados pelas consequências do que for decidido.

O mito salvacionista da ciência e tecnologia fundamenta-se na premissa de que estas sempre tornam a vida melhor. Existe uma concepção linear do progresso em que se acredita que o desenvolvimento científico leva ao desenvolvimento tecnológico, este ao desenvolvimento econômico que gera desenvolvimento social. Nesta perspectiva os problemas atuais e futuros serão resolvidos com mais tecnologia e ciência, a solução está apenas na técnica (AULER; DELIZOICOV, 2001).

No entanto, a técnica nem sempre é a solução e

[...] o desenvolvimento científico-tecnológico não pode ser considerado um processo neutro que deixa intactas as estruturas sociais sobre as quais atua. Nem a Ciência e nem a Tecnologia são alavancas para a mudança

³ [...] both individuals and the greater scientific community have an inherent responsibility to consider the ethical ramifications of their decisions and honor moral commitments to create a just world.

que afetam sempre, no melhor sentido, aquilo que transformam. O progresso científico e tecnológico não coincide necessariamente com o progresso social e moral (AULER; DELIZOICOV, 2001, p. 125).

Os problemas ambientais, por exemplo, não podem ser resolvidos apenas com base nos aspectos técnicos. Não basta, por exemplo, produzir sacolas plásticas que se decompõe mais rapidamente se as pessoas não pararem de descartá-las em local inadequado. Do mesmo modo não resolve produzir energia de formas mais limpas se a população continuar usando mais que o necessário, desperdiçando esta. Ou seja, a ciência e a tecnologia não podem salvar a humanidade sozinhas.

O mito do determinismo tecnológico está relacionado com a visão de que a tecnologia é independente dos fatores sociais, desenvolvida como aplicação da ciência em busca de crescente eficácia e leva ao progresso da sociedade. Nesta perspectiva o tempo é linear e o futuro é sempre melhor devido ao avanço tecnológico, não sendo possível retroceder. Críticas à este processo são mal vistos, pois apenas as sociedades tecnológicas sobrevivem. Neste sentido, a democracia acaba perdendo força, esta pressupõe escolha e no determinismo tecnológico só existe uma opção, a do progresso (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Entretanto, Auler e Delizoicov (2001) afirmam não se pode ignorar a relevância da ação humana na tecnologia e que:

Se a tecnologia avança em diversas áreas (agricultura, guerra, etc) e não em outras, isso se deve aos incentivos e recompensas oferecidas. O avanço tecnológico não opera por si mesmo. As mudanças acontecem porque favorecem grupos, sendo que outros grupos oferecem resistências. Influem, no desenvolvimento tecnológico, condições econômicas, políticas e sociais, assim como organizações estatais e privadas (AULER; DELIZOICOV, 2001, p. 127).

Roso e Auler (2016) nos alertam que a agenda de pesquisa, ou seja, o que vai receber investimento para ser pesquisado é fruto de decisões políticas. Portanto, o desenvolvimento da ciência e tecnologia não ocorre de forma autônoma, mas é definido pela sociedade.

Assim, o professor de ciências deve tomar cuidado para evitar cair em alguns destes mitos durante suas aulas. Logo, as relações CTS devem ser

evidenciadas, como as que estão representadas no Quadro 3 de Mckavanagh e Maher (1982, p. 72 apud SANTOS; MORTIMER, 2000, p. 121)⁴.

QUADRO 3 - ASPECTOS DAS RELAÇÕES CTS.

Aspectos de CTS	Esclarecimentos
1. Efeito da Ciência sobre a Tecnologia	A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas.
2. Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade	A tecnologia disponível a um grupo humano influencia sobremaneira o estilo de vida desse grupo.
3. Efeito da Sociedade sobre a Ciência	Por meio de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica.
4. Efeito da Ciência sobre a Sociedade	O desenvolvimento de teorias científicas podem influenciar a maneira como as pessoas pensam sobre si próprias e sobre problemas e soluções.
5. Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia	Pressões públicas e privadas podem influenciar a direção em que os problemas são resolvidos e, em consequência, promover mudanças tecnológicas.
6. Efeito da Tecnologia sobre a Ciência	A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos.

FONTE: MCKAVANAGH; MAHER, 1982, p. 72 apud SANTOS; MORTIMER, 2000, p. 121.

Para articular as três partes do CTS evidenciando suas relações e influências mútuas, o professor pode trabalhar com temas sociais globais, como aquecimento global ou produção de energia, ou locais, específicos da região. De acordo com pesquisa realizada por Roso e Auler (2016), a maioria dos estudos que fazem atividades pedagógicas CTS utilizam temas globais, pois estes podem ser trabalhados em qualquer contexto. Segundo Santos e Mortimer (2000), no caso do Brasil poderiam ser utilizados temas como: exploração mineral, destino do lixo, fontes de energia, qualidade de produtos comercializados, produção de alimentos e fome, ocupação humana e poluição ambiental, distribuição de terras e agroindústria, preservação ambiental, desenvolvimento industrial. Estes temas também fazem parte dos currículos de outras disciplinas, podendo ser explorados em conjunto (SANTOS; MORTIMER, 2000).

⁴ MCKAVANAGH, C.; MAHER, M. Challenges to science education and the STS response. **The Australian Science Teachers Journal**, v. 28, n. 2, p.69-73, 1982.

O ensino baseado nas relações CTS, de acordo com Santos e Mortimer (2000) deve seguir a seguinte sequência: “[...] (1) introdução de um problema social; (2) análise da tecnologia relacionada ao tema social; (3) estudo do conteúdo científico definido em função do tema social e da tecnologia introduzida; (4) estudo da tecnologia correlata em função do conteúdo apresentado e (5) discussão da questão social original.” (p. 121-122).

Santos e Mortimer (2000) apontam diversas possibilidades de atividades que podem servir de mote para as relações CTS: debates, palestras, projetos em grupo, pesquisas de campo, ações comunitárias, construção de modelos, estudos de caso, simulações, atividades de tomada de decisão. Os autores colocam que “todas essas sugestões metodológicas contribuem para que os alunos desenvolvam habilidades e atitudes necessárias à tomada de decisão.” (SANTOS; MORTIMER, 2000, p. 122). Estas decisões podem ser tomadas de acordo com três modelos: (i) tecnocrático: a decisão é exclusivamente dos especialistas, (ii) decisionista: os cidadãos podem dar opiniões, mas ainda é o especialista que tem a palavra final e (iii) pragmático-político: os cidadãos e cientistas interagem e negociam (SANTOS; MORTIMER, 2000).

Pensando em todas essas discussões acerca da Educação CTS, Santos e Mortimer levantam algumas perguntas importantes:

Que cidadãos se pretende formar por meio das propostas CTS? Será o cidadão no modelo capitalista atual, pronto a consumir cada vez mais, independente do reflexo que esse consumo tenha sobre o ambiente e sobre a qualidade de vida da maioria da população? Que modelo de tecnologia desejamos: clássica ecodesequilibradora ou de desenvolvimento sustentável? O que seria um modelo de desenvolvimento sustentável? Que modelo decisionista desenvolveremos no nosso aluno, o tecnocrático ou o pragmático-político? (SANTOS; MORTIMER, 2000, p. 126).

É importante que os educadores e responsáveis pela Educação reflitam sobre estas questões.

3 A COMPREENSÃO DA NATUREZA DA CIÊNCIA

Vimos no capítulo anterior que um dos tópicos que devem ser abordados no Ensino de Ciências de modo a alcançar a AC está relacionado com o entendimento da Natureza da Ciência (NdC), a qual é um dos focos desta dissertação e por isso, recebe destaque neste capítulo.

Kolsto (2001) argumenta que “[...] para capacitar os estudantes como cidadãos, é necessário enfatizar a ciência como uma instituição e os processos pelos quais o conhecimento científico é produzido.”⁵ (p. 292, tradução nossa). Isto nada mais é do que conhecer a NdC.

Não existe uma definição exata para a NdC, esta vem sendo discutida há séculos por diversos epistemólogos, filósofos, sociólogos e historiadores da ciência, a exemplo, de Francis Bacon, Karl Popper, Gaston Bachelard, Paul Feyerabend, Thomas Kuhn, Ludwik Fleck e outros. No entanto, a falta de consenso não é surpreendente ou desconcertante dada a natureza complexa e dinâmica da ciência (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000; LEDERMAN; ANTINK; BARTOS, 2014). “Além disso, semelhante ao conhecimento científico, as concepções de NdC são experimentais e dinâmicas. Essas concepções mudaram ao longo do desenvolvimento da ciência e do pensamento sistemático sobre sua natureza e funcionamento.”⁶ (LEDERMAN et al., 2002, p. 499, tradução nossa).

Mas, o dissenso e as mudanças na compreensão sobre NdC, não são resolvidos deixando de falar das características do desenvolvimento científico e sim os discutindo para evitar simplismos ou compreensões pouco elaboradas em relação à ciência. (PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007).

Entre as definições atuais da NdC está a de Moura:

De uma perspectiva bem ampla e geral, podemos dizer que a natureza da ciência envolve um arcabouço de saberes sobre as bases epistemológicas, filosóficas, históricas e culturais da ciência. Compreender a natureza da ciência significa saber do que ela é feita, como elaborá-la, o que e por que ela influencia e é influenciada (Moura, 2014, p. 33).

⁵ [...] that to empower the students as citizens, there is a need to emphasize science as an institution and the processes by which scientific knowledge is produced.

⁶ Moreover, similar to scientific knowledge, conceptions of NOS are tentative and dynamic. These conceptions have changed throughout the development of science and systematic thinking about its nature and workings.

Para Karisan e Zeidler (2017) “[...] ela [NdC] é comumente expressa como a epistemologia da ciência, uma maneira de conhecer a ciência, ou os valores e crenças inerentes ao desenvolvimento do conhecimento científico.”⁷ (p. 142, tradução nossa) e para Lederman (1992) a NdC “[...] geralmente se refere aos valores e suposições inerentes ao desenvolvimento do conhecimento científico”⁸ (p. 331, tradução nossa). Estes autores dão mais ênfase para a questão dos valores envolvidos na ciência.

Como já mencionado, as compreensões sobre NdC mudam. Isto ocorre com o desenvolvimento da filosofia, sociologia e das próprias ciências. De acordo com Abd-El-Khalick e Lederman (2000) as visões atuais não são necessariamente melhores que as anteriores, essas devem ser interpretadas diante do contexto histórico e social em que foram desenvolvidas. Apesar da falta de definição, o desenvolvimento das concepções da NdC pode ser dividido em duas partes separadas pelos estudos de Kuhn. A filosofia da ciência pré kuhniana foi realizada por empiristas lógicos que se concentravam em justificar como ocorriam as afirmações científicas e não em descrever como a ciência funcionava. Portanto, tentavam delinear os fundamentos epistemológicos desta, excluindo os fatores que eram considerados externos, como questões psicológicas e sociais.

Já o período pós kuhniano passou a destacar o contexto da ciência, fatores que eram externos passaram a fazer parte dos estudos. Surgiram elementos sociais, psicológicos e culturais numa tentativa de produzir relatos genuínos sobre a construção do conhecimento, de modo a situar a prática científica em seu contexto social, e cultural geral, relatando uma ciência mais real. Isso gerou críticas dos empiristas porque introduziram-se conceitos que eram considerados relativistas e irracionais (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000).

Da mesma forma, a maneira de ensinar ciência na escola mudou com o tempo, o que levou a diferentes entendimentos sobre a NdC. No começo do século XX a ênfase do ensino estava no método científico e em treinar os estudantes para usá-lo. Na década de 1960 o destaque passa a ser o processo de investigação científica, envolvendo observação, inferência e interpretação. Nos anos 1970 o conhecimento é caracterizado como empírico, público, probabilístico, humanístico e

⁷ [...] it is commonly expressed as the epistemology of science, a way of knowing science, or the values and beliefs inherent to the development of scientific knowledge.

⁸ [...] it most commonly refers to the values and assumptions inherent to the development of scientific knowledge.

único. Na década de 1980 começa o movimento que considera o estudo da NdC como parte do desenvolvimento crítico dos alunos durante a Alfabetização Científica. Também se inclui considerações sobre a criatividade humana, a estrutura social das organizações científicas e dá-se destaque às teorias na investigação. A compreensão da NdC passou a englobar três componentes: (i) a ciência busca entender a natureza, mas não pode responder todas as questões, (ii) a investigação é baseada na lógica e no empirismo, mas envolve imaginação e invenção de explicações e (iii) os aspectos sociais e políticos influenciam a ciência (LEDERMAN, 1992; ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000).

A inserção de discussões sobre esses aspectos da NdC tornou-se fundamental para construir diálogos entre os conhecimentos científicos adquiridos na escola e as habilidades necessárias a um cidadão do século XXI. No entanto, é importante destacar que isso não significa que os conteúdos técnicos devem ser deixados de lado, mas que se deve buscar uma educação em, sobre e pela ciência (FORATO; PIETROCOLA, MARTINS, 2011).

Discussões sobre a NdC tornam o ensino mais contextualizado e levam os alunos a compreender o processo de construção do conhecimento, as características do trabalho científico e suas diversas particularidades, adquirindo a capacidade de tomar decisões fundamentadas e contribuir em debates sociais, onde o grupo científico é uma das vozes da sociedade (MOURA, 2014; GALVÃO; REIS; FREIRE, 2011; REIS; GALVÃO, 2006). Desenvolver compreensões mais elaboradas sobre a ciência, tendo por base filosofia, história e sociologia, melhora a relação entre aquela e a sociedade e diminui tendências simplistas. Em uma sociedade o cidadão só consegue exercer a democracia se entender o que ocorre no meio onde vive (REIS; GALVÃO, 2006).

Assim, a Alfabetização Científica está diretamente relacionada com a compreensão sobre a NdC, ou seja, conhecer sua epistemologia e a forma como o conhecimento é construído. Esse entendimento é fundamental para o envolvimento ativo dos cidadãos e mostra aos alunos que a ciência é um empreendimento humano com normas, história, controvérsias, disputas... (REIS; GALVÃO, 2006). Por outro lado, muitas vezes os estudantes percebem a ciência de forma simplista e divergente da realidade, o que pode gerar desinteresse e por vezes até um obstáculo para a aprendizagem (PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007). As pessoas costumam imaginar é que a ciência é um caminho em linha reta, de simples

acumulação de conhecimentos, sem nenhum tipo de controvérsia ou envolvimento da sociedade. Essa visão rígida adquirida na escola se contradiz com as notícias da mídia, que são para a maioria da população a única fonte de informações sobre as inovações na ciência e tecnologia (REIS; GALVÃO, 2009). Deste modo, para as pessoas a ciência é apenas o que se vê na imprensa, uma pesquisa controversa e em discussão, muito diferente da convencional, estabelecida e não controversa da escola (REIS, 2006; REIS; GALVÃO, 2006). É apresentada pelos meios de comunicação como complicada, realizada por algumas poucas pessoas geniais e às vezes envolvida com práticas pouco éticas, reforçando o assombro e a desconfiança que a distancia os cidadãos (REIS; GALVÃO, 2006).

Segundo Reis e Galvão (2009) filmes de ficção, por exemplo, costumam reforçar estereótipos de cientistas, reforçando as divergências entre realidade, o que sai nas notícias e aquilo que as pessoas imaginam. Os tipos mais comuns de cientistas nesses filmes são: o herói salvador da humanidade; o malvado e insensível utilizador de meios e técnicas não éticas; o aventureiro, que ultrapassa limites e viaja no tempo e no espaço; o perigoso, cujo objetivo é conquistar o mundo; aquele que não consegue controlar o seu trabalho. Esses estereótipos afetam a maneira como a sociedade vê o empreendimento científico e as controvérsias envolvidas nele.

Estudos mostram que muitos professores têm visões pouco elaboradas sobre a ciência, o que contribui para perpetuar os estereótipos (MORAIS ET AL., 2018; SANTOS; ROSA; HOFFMANN, 2018; MACHADO; RAZERA; GUIMARÃES, 2017; TEIXEIRA; FREIRE JR.; EL-HANI, 2009; OKI; MORADILLO, 2008; SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2007; PÉREZ ET AL., 2001, ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000). Como durante sua formação inicial e continuada os docentes raramente têm situações de reflexão sobre a NdC, estes tendem a ignorá-las nas suas aulas (REIS; GALVÃO, 2006). Afinal, o ensino científico reduzido a apresentação de conceitos já elaborados e com poucas oportunidades de discussão também ocorre no ensino universitário. A concepção que os professores têm sobre a NdC, por vezes iguais ao estereótipo ‘popular’, acaba por influenciar sua prática pedagógica (PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007). Segundo Forato, Pietrocola e Martins (2011, p. 30) “a concepção que se tem sobre a ciência estará sempre refletida, explícita ou implicitamente, em todas as iniciativas educacionais que digam respeito

à ciência, desde a seleção e abordagem de conteúdos, até as metodologias educacionais utilizadas”. Além disso, os autores colocam que:

[...] não é possível separar essas quatro instâncias: (i) a visão que se tem da Ciência; (ii) a concepção sobre os processos históricos e sociais de sua construção; (iii) os elementos que guiam a seleção dos saberes escolares; e (iv) os pressupostos que guiam os métodos de seu ensino e aprendizagem (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 30).

Desta forma, se na escola a ciência for mostrada como lógica, objetiva e distinguível de atividades que não são científicas, os estudantes e cidadãos vão pensar que os métodos de investigação científicos geram fatos verdadeiros sobre o mundo, contribuindo para uma imagem distorcida de como ocorre o desenvolvimento científico e suas relações com a sociedade e o ambiente. Apesar de o desenvolvimento científico ser alimentado pelas controvérsias, a ciência escolar raramente recorre a elas como forma de ensino, o que poderia desenvolver aspectos importantes da cidadania (REIS, 2007). Paralelamente, a evolução rápida da ciência e da tecnologia somada ao analfabetismo científico dificulta a reflexão sobre as opções de desenvolvimento. Entretanto, em sociedades democráticas as decisões não podem ser tomadas só pelos especialistas. Assim, é preciso mudar a ideia de sociedade composta de cidadãos passivos que são governados por uma elite iluminada, para cidadãos ativos, que participam dos processos de decisão, ou seja, eliminar o mito da superioridade tecnocrática (REIS, 2009).

Os cidadãos precisam compreender que a ciência hoje é plural e divide-se em muitos ramos e campos de pesquisa. A hibridação também é comum, existe biogeoquímica, biofísica, neurobiologia, astrofísica, entre outros. Os avanços surgiram principalmente em decorrência da tecnologia, como telescópios e microscópios avançados que permitiram observar e entender fenômenos naturais. Existem projetos suspensos por falta de tecnologia apropriada. Por outro lado, hoje dá-se menos atenção às pesquisas de base, que desenvolvem teorias e leis, e mais às pesquisas aplicadas, voltadas ao desenvolvimento de tecnologias.

Segundo Hurd (1998) cada vez mais estão ocorrendo pesquisas em grupo, misturando as ciências sociais e as naturais. Na investigação sobre AIDS, por exemplo, enquanto alguns pesquisadores buscam a causa e a cura, outros investigadores sociais preocupam-se com a prevenção e o controle social da mesma. Uma parte dos cientistas trabalha em indústrias que têm por objetivo a

aplicação comercial do conhecimento. De forma contrária, aqueles que trabalham em universidades são mais preocupados com o saber por si e o disponibilizam para outras pessoas. Isso levanta a questão de quem é o dono do conhecimento. Dessa forma, o conceito de AC deve reconhecer as mudanças na ciência e na sociedade, sempre almejando a compreensão da NdC (HURD, 1998).

Se pretendemos discutir a NdC com os estudantes, primeiramente, devemos responder três perguntas: O que é considerado uma visão simplista da ciência e que deve ser evitada? O que é considerado uma visão mais realista que deve ser estimulada? E como a NdC pode ser discutida em sala de aula? Os próximos três tópicos deste capítulo vão tentar responder cada uma destas perguntas.

3. 1 COMPREENSÕES POUCO ELABORADAS SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS

A primeira pergunta a se fazer é: como saber quais são as visões da NdC que as pessoas possuem? Pensando nisso, durante décadas criaram-se formas de avaliar as concepções de NdC de alunos e professores, como forma de estudar os entendimentos prévios e posteriores, nos casos de atividades de intervenção. Estes instrumentos de avaliação, chamados de Questionários de Concepções da Natureza da Ciência (VNOS - Views of Nature of Science Questionnaire no original em inglês). Segundo Abd-El Khalick e Lederman (2000) e Lederman et al. (2002), os primeiros VNOS eram quase sempre testes de múltipla escolha do tipo concordo/discordo. Algumas críticas sobre a validade deste tipo de questionário foram feitas. Segundo os autores, os entrevistados podem não interpretar as afirmações da mesma forma que os desenvolvedores ou concordar ou discordar por motivos diferentes dos quais os criadores do questionário fariam. Ademais, as respostas aos itens foram feitas com base em posturas filosóficas e as escolhas dos participantes acabam sendo enquadradas como se correspondessem fielmente a essas posturas. Além disso, os questionários limitam-se a rotular as visões dos participantes como adequadas ou não adequadas baseado em valores numéricos. Os resultados reportam as pontuações médias sem explicar o significado delas.

Uma forma de resolver os problemas citados acima é usar questionários abertos, onde o participante pode escrever sua visão sobre aspectos da NdC. Depois, de modo a evitar interpretações erradas do que foi escrito, podem-se

realizar entrevistas com os participantes e pedir que eles expliquem e justifiquem as respostas que deram. Segundo Abd-El-Khalick e Lederman (2000) “as entrevistas permitem que os inquiridos expressem as suas próprias revisões sobre questões relacionadas com a NdC, aliviando assim as preocupações relacionadas com a imposição de uma visão particular do empreendimento científico aos inquiridos.”⁹ (p. 674, tradução nossa). Com isso, os pesquisadores podem elucidar não apenas as visões dos entrevistados, mas também os motivos para adotá-las. Além disso, é importante que os dados sejam analisados por dois ou mais pesquisadores em separado e depois as análises sejam comparadas de modo a evitar discrepâncias e estabelecer padrões (LEDERMAN et al., 2002).

A forma de VNOS descrita acima foi usada, por exemplo, por Lederman et al. (2002) para dois grupos de participantes: um de especialistas com doutorado em áreas como história, literatura e educação e outro de novatos na discussão da NdC.

Com relação às respostas dos especialistas, Lederman et al. (2002) perceberam que estes viam que a ciência é apoiada em dados empíricos, mas incapaz de provar teorias. Estes participantes entendiam que as afirmações científicas são influenciadas por observações, pela sociedade e pela cultura. Também compreendiam que os modelos são feitos pela inferência e não por observação direta. Os especialistas consideraram que as teorias são bem fundamentadas e geram perguntas para novas pesquisas. As teorias e leis eram vistas como tentativas de explicar fenômenos. Estes participantes não acreditavam na existência de um único método científico e entendiam a importância da criatividade na definição de problemas de pesquisa e experimentos.

Já os participantes iniciantes na discussão da NdC citavam que a ciência era baseada unicamente em dados empíricos que a fazem objetiva e livre de influências pessoais e sociais. E que os modelos são baseados em observações diretas e as teorias não orientam novas investigações. Estes participantes pensam que existe um método científico seguido pelos cientistas e que a criatividade não faz parte do trabalho científico (LEDERMAN et al., 2002).

Os resultados mostraram que o grupo de especialistas refletiu os entendimentos atuais de NdC a uma taxa quase três vezes maior que os iniciantes. Esses resultados serviram também para validar o instrumento de coleta de dados.

⁹ Interviews allow respondents to express their own reviews on issues related to NOS thus alleviating concerns related to imposing a particular view of the scientific enterprise on respondents.

Entretanto, é importante lembrar que um instrumento nunca pode ser completamente validado no sentido absoluto da palavra. Apenas podem-se fornecer evidências da eficácia do mesmo em medir o que ele é projetado para fazer (LEDERMAN et al., 2002).

Assim, utilizando os VNOS e outras formas de constituição de dados, surgiram muitas pesquisas que analisavam as concepções de NdC de professores e alunos. Pérez et al. (2001) realizaram uma pesquisa bibliográfica e workshops com professores espanhóis e portugueses em formação inicial e continuada para identificar quais eram as principais visões que os docentes tinham da NdC. Os autores identificaram o que chamaram de as sete principais 'visões deformadas' de ciência. A primeira é a empírico-indutivista, que considera a observação e a experimentação como neutras, desprezando as hipóteses iniciais e os conhecimentos já disponíveis, valorizando a experiência como o mais importante do trabalho científico e difundindo a ideia de 'descoberta' (PÉREZ et al., 2001). É comum os alunos relacionarem ciência com experimentação, pois quase todos os procedimentos técnicos, explorações e atividades práticas realizadas nas aulas de ciência são chamadas de experiências. Mas experiências não são a única maneira de chegar ao conhecimento (REIS; GALVÃO, 2006).

A segunda visão é a rígida ou exata, que coloca o método científico como um conjunto de passos a serem seguidos rigorosamente e que trarão resultados infalíveis e inquestionáveis. Ignora-se o caráter incerto, intuitivo e tentativo da ciência (PÉREZ et al., 2001). A terceira visão deformada é a aproblemática e ahistórica, nesse caso transmitem-se os saberes já conhecidos sem mostrar a pergunta que lhes deu origem e todas as dificuldades envolvidas no processo, omitindo também, as limitações do conhecimento e as perspectivas que ele abre para o futuro (PÉREZ et al., 2001).

A quarta visão encontrada é a exclusivamente analítica, que evidencia a divisão dos saberes em partes limitadas, esquecendo a busca por teorias mais amplas, que expliquem diversos fenômenos (PÉREZ et al., 2001). A quinta visão deformada é a acumulativa de crescimento linear dos conhecimentos, considerando que o desenvolvimento segue uma linha lógica, sem mencionar os diversos conflitos entre teorias rivais, controvérsias e remodelações realizadas (PÉREZ et al., 2001).

A sexta visão é a individualista e elitista, transmitindo que os saberes científicos são obra de um único gênio, desprezando o trabalho coletivo em um

grupo e entre grupos. Além disso, considera a ciência um espaço reservado para poucas pessoas, dotadas de grandes capacidades intelectuais e na maioria homens de classes sociais específicas (PÉREZ et al., 2001). A última visão deformada é a de ciência socialmente neutra, na qual as relações CTS são completamente esquecidas e o cientista é alheio a qualquer influência externa, sendo que o fruto de seu trabalho é puro, não causando problemas sociais (PÉREZ et al., 2001).

Frisamos que essas visões deformadas não são as únicas que existem e que nem sempre aparecem isoladas, na verdade na maioria das vezes uma leva a outra. Por exemplo, uma visão rígida que percebe o método científico como única forma de gerar conhecimento novo leva facilmente a uma visão empírico-indutivista, numa perspectiva de que o método garante a neutralidade da observação.

No próximo tópico explicitamos visões da NdC que são consideradas mais contextualizadas e que os professores deveriam estimular nas aulas de ciências.

3. 2 VISÕES CONTEXTUALIZADAS SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS

Apesar de ser difícil definir precisamente o que é NdC, existem duas grandes concepções aceitas como mais contextualizadas: uma diz respeito aos aspectos consensuais e a outra ao conceito de semelhança familiar (MOURA, 2014).

Alguns pesquisadores defendem que existem alguns aspectos da NdC que já são considerados consensuais pelos epistemólogos, filósofos, sociólogos e historiadores da ciência e que estes são essenciais para as aulas de ciências (PÉREZ et al., 2001; LEDERMAN et al., 2002; PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). Assim, Pérez et al. (2001) fizeram uma lista com cinco aspectos consensuais, as quais são corroboradas por outros pesquisadores.

O primeiro aspecto consensual é que **(i) a ciência é variável** e seu objetivo principal é explicar os fenômenos da natureza. Ou seja, o conhecimento, embora confiável e durável, não é estático, não existem verdades absolutas. A ciência está em constante transformação, tendo seus modelos sempre revistos com o passar do tempo. As alegações científicas mudam à medida que novas observações são feitas, possibilitadas, por exemplo, pelo avanço das tecnologias (PÉREZ et al., 2001; LEDERMAN et al., 2002; PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007). Estes testes

sistemáticos são usados, segundo Popper (2006), para testar a falseabilidade das teorias. Segundo o epistemólogo as teorias não podem ser provadas, apenas refutadas. Pois sempre pode existir um fato futuro desconhecido que pode demonstrar que a teoria está errada, não sendo possível garantir que algo é absolutamente verdadeiro.

Outro consenso é que **(ii) não existe um método científico universal**, as metodologias podem variar, assim como os resultados. Um mesmo evento pode ser analisado e entendido de formas distintas. O termo 'método científico', introduzido por Francis Bacon, induz a acreditar que existe uma receita de técnicas infalíveis que levam ao conhecimento científico (PÉREZ et al., 2001; LEDERMAN et al., 2002; PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007). Lederman et al. afirmam que:

É verdade que os cientistas observam, comparam, medem, testam, especulam, hipotetizam, criam idéias e ferramentas conceituais e constroem teorias e explicações. No entanto, não há uma sequência única de atividades (prescritas ou não) que as levem, infalivelmente, a soluções ou respostas funcionais ou válidas, e muito menos a conhecimentos certos ou verdadeiros (LEDERMAN ET. AL., 2002, p. 501-502, tradução nossa).¹⁰

Também se assume que **(iii) as teorias não são consequência de experimentos e nem vice-versa**. A construção do conhecimento científico não deriva de uma relação direta entre teoria e experimento, sendo esta noção muito superficial e relacionada com a ideia de método científico, acreditando que um experimento repetido um número de vezes numa certa circunstância prova uma ideia. As teorias não podem ser testadas diretamente, pois são baseadas em inferências e postulam, muitas vezes, sobre coisas não observáveis. A observação está sempre incutida de uma expectativa prévia e a criação de teorias é provisória. Os dados em si mesmos não significam nada, ganham sentido quando são interpretados com base em teorias. Inicialmente o problema científico é confuso e não está bem definido, vai construindo-se com base no conhecimento já existente. Além disso, as teorias tem papel importante em gerar problemas de pesquisa e orientar novas investigações (PÉREZ et al., 2001; LEDERMAN ET AL., 2002;

¹⁰ It is true that scientists observe, compare, measure, test, speculate, hypothesize, create ideas and conceptual tools, and construct theories and explanations. However, there is no single sequence of activities (prescribed or otherwise) that will unerringly lead them to functional or valid solutions or answers, let alone certain or true knowledge.

PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). A observação na ciência não é neutra:

Os compromissos teóricos e disciplinares, crenças, conhecimentos prévios, treinamento, experiências e expectativas dos cientistas realmente influenciam seu trabalho. Todos esses fatores de fundo formam uma mentalidade que afeta os problemas que os cientistas investigam e como eles conduzem suas investigações, o que eles observam (e não observam) e como eles interpretam suas observações. Essa individualidade ou mentalidade (às vezes coletiva) explica o papel da teoria na produção do conhecimento científico. Ao contrário da crença comum, a ciência nunca começa com observações neutras [...]. As observações (e investigações) são sempre motivadas e guiadas por, e adquirem significado em referência a questões ou problemas, que derivam de certas perspectivas teóricas (LEDERMAN ET AL., 2002, p. 501, tradução nossa).¹¹

Em algumas situações os cientistas não podem observar o fenômeno diretamente e o realizam por meio de experimentos ou instrumentos, sendo o funcionamento dos mesmos mediados por teorias e suposições já conhecidas. É importante destacar a diferença entre a observação e a inferência. As observações são as descrições dos fenômenos naturais que podem ser captadas pelos sentidos ou extensões desses. Por exemplo, dizer que uma pedra cai ao ser solta de um prédio alto é uma observação e um dado que por si só não significa nada. Já a inferência é uma afirmação sobre o fenômeno que não pode ser observada diretamente. Por exemplo, dizer que a pedra cai do prédio por causa da gravidade é uma inferência e está relacionada com uma teoria (LEDERMAN et al., 2002).

É consenso também que a ciência procura estabelecer teorias e leis gerais, que expliquem o maior número possível de fenômenos e situações, é a procura pela **(iv) coerência global**. A ideia é desenvolver generalizações aplicáveis ao maior número possível de fenômenos, alguns aparentemente sem conexão. Exemplos são a teoria atômica e a teoria eletromagnética, que tentam unificar os diferentes tipos de interações da natureza (PÉREZ ET AL., 2001; PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007). Para uma teoria ser aceita não basta um experimento, é necessário obter os

¹¹ Scientists' theoretical and disciplinary commitments, beliefs, prior knowledge, training, experiences, and expectations actually influence their work. All these background factors form a mindset that affects the problems scientists investigate and how they conduct their investigations, what they observe (and do not observe), and how they interpret their observations. This (sometimes collective) individuality or mindset accounts for the role of theory in the production of scientific knowledge. Contrary to common belief, science never starts with neutral observations [...]. Observations (and investigations) are always motivated and guided by, and acquire meaning in reference to questions or problems, which are derived from certain theoretical perspectives.

mesmos resultados em diferentes situações e a teoria precisa ter “[...] coerência global com o corpo de conhecimentos vigente.” (PÉREZ ET AL., 2001, p. 137).

O quinto aspecto consensual é que **(v) a ciência é humana e influenciada pelo seu contexto social, cultural, econômico e político**. O cientista não é neutro e suas ideias são influenciadas por suas crenças, definindo a aceitação ou não de um conceito. E a investigação responde cada vez mais a outras estruturas e instituições, em que o trabalho é feito em equipes. A pesquisa não acontece isolada do mundo e é influenciada pelos problemas daquele momento histórico, só procura-se o que se precisa. Os cientistas não estão isolados em torres. Assim, a ciência também influencia e muda a realidade social em que está (PÉREZ et al., 2001; LEDERMAN et al., 2002; PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). Um exemplo de como a ciência é influenciada pelo contexto social é a descrição da fertilização. Inicialmente, com a grande predominância masculina na ciência e esquecimento das mulheres, descrevia-se a fertilização assim:

É notável como o óvulo se comporta ‘femininamente’ e o esperma se comporta ‘masculinamente’. O óvulo é visto como grande e passivo. Ele não se move, nem viaja, mas passivamente ‘é transportado’, ‘é arrastado’, ou ‘desliza’ pelo tubo falopiano. Em contraste absoluto, os espermatozoides são pequenos, ‘dinâmicos’, e invariavelmente ativos. Eles ‘entregam’ seus genes ao óvulo, ‘ativam o programa de desenvolvimento do óvulo’, e têm uma ‘velocidade’ que é frequentemente comentada. Suas caudas são ‘fortes’ e eficientemente energizadas. Junto com as forças da ejaculação eles podem ‘propelir o sêmen nos mais profundos recessos da vagina’. Para isso eles precisam de ‘energia’, ‘combustível’, de tal forma que com um ‘movimento como o de um chicote e fortes sacudidelas’ eles podem furar a superfície do óvulo e penetrá-lo. (MARTIN, 1991, p. 489, tradução nossa)¹².

Tal descrição relega ao óvulo papel coadjuvante e era comprovada por dados experimentais. Esta visão começou a ser alterado na década de 1980 – justamente quando os movimentos feministas ganham força – quando estudos mostraram que o óvulo produzia proteínas que eram necessárias à aderência e penetração do espermatozoide e que ele era ativo no seu crescimento e

¹² It is remarkable how "femininely" the egg behaves and how "masculinely" the sperm. The egg is seen as large and passive. It does not move or journey, but passively "is transported," "is swept," or even "drifts" along the fallopian tube. In utter contrast, sperm are small, "streamlined," and invariably active. They "deliver" their genes to the egg, "activate the developmental program of the egg," and have a "velocity" that is often remarked upon. Their tails are "strong" and efficiently powered. Together with the forces of ejaculation, they can "propel the semen into the deepest recesses of the vagina." For this they need "energy," "fuel," so that with a "whiplashlike motion and strong lurches" they can "burrow through the egg coat" and "penetrate" it.

diferenciação. O interessante é que tais observações só foram encontradas quando procuradas (MARTIN, 1991).

O cientista usa de sua imaginação e é influenciado pelo meio externo. Não existe um modelo de cientista, eles são seres humanos que cometem erros e têm defeitos, cada um é diferente e produz em seu contexto. A imaginação humana é essencial para a criação de explicações e entidades teóricas. Por exemplo, é preciso imaginação para entender o modelo atômico, pois este é teórico e não uma cópia fiel da realidade (LEDERMAN et al., 2002).

Em resumo:

Podemos dizer, em síntese, que a essência da actividade científica – deixando de lado toda a ideia de ‘método’ – encontra-se na mudança de um pensamento e de uma acção baseados nas ‘evidências’ do senso comum, para um pensamento em termos de hipóteses, ao mesmo tempo mais criativo (é necessário ir mais longe do que o que parece evidente e imaginar novas possibilidades) e mais rigoroso (é necessário fundamentar as hipóteses e depois submetê-las cuidadosamente a prova, duvidar dos resultados e procurar a coerência global) (PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007, p. 149).

No entanto, vale destacar que essa lista de aspectos consensuais não é única e não significa que somente essas características são suficientes para definir a NdC. De fato, Azevedo e Scarpa (2017) realizaram uma pesquisa bibliográfica em que analisaram os artigos de revista científicas da área de Educação e Ensino e encontraram 25 aspectos consensuais diferentes, indicando a diversidade de aspectos que podem ser considerados ao abordar a NdC.

Como já mencionado, a ideia dos aspectos consensuais não é a única maneira de entender a ciência. Lederman já alertava:

O ponto crítico é que não devemos cometer o mesmo erro pelo qual criticamos nossos professores e alunos. Não tentemos impor uma visão particular da ciência aos professores e alunos como se ela fosse mais informada ou imutável. Em vez disso, as formas de comunicar tanto a natureza mutável da ciência, como suas várias formas, devem ser incluídas junto com qualquer tentativa de mudar as concepções de conhecimento científico dos professores ou alunos (LEDERMAN, 1992, p. 352, tradução nossa)¹³.

¹³ The critical point is that we must not commit the same error for which we have criticized our teachers and students. Let us not attempt to impose a particular view of science on teachers and students as if it was more informed or unchanging. Rather, ways to communicate both the changing nature of science, as well as its various forms, must be included along with any attempt to change teachers' or students' conceptions of scientific knowledge.

Outra forma de descrever a NdC é pelo conceito de semelhança familiar (originalmente *family resemblance*), descrito por Irzik e Nola (2011). Este critica a ideia dos aspectos consensuais por acreditar que ela simplifica demais a ciência. Os autores a consideram tão dinâmica e diversa que não poderia ser descrita por alguns aspectos consensuais. As áreas de estudo são múltiplas, astronomia, por exemplo, é muito diferente de química, mas as duas se enquadram como ciência da mesma maneira. As tarefas dos cientistas são também bastante diversas. Assim, tentar caracterizar de modo exato o que é ciência e como ela é feita por meio de uma lista de aspectos consensuais não faz justiça à sua riqueza e complexidade e torna-se um desafio (IRZIK; NOLA, 2011).

A ideia de aspectos consensuais, apesar de ser considerada adequada, é criticada por ser dita superficial. Pois não aborda, por exemplo, os objetivos da ciência e nem sua metodologia, apenas defini que não existe um método científico universal. Apesar de ser verdade que não existe um único procedimento mecânico que leva passo a passo a construção do conhecimento, existem algumas metodologias gerais que guiam a prática científica de modo a garantir que o conhecimento é confiável (IRZIK; NOLA, 2011). Uma pesquisa sem metodologia não é considerada válida.

Assim, segundo Irzik e Nola (2011), o processo de investigação não é contemplado nos aspectos consensuais. A constituição de dados, classificação, análise e experimentação são atividades que seguem regras e tem objetivos específicos na ciência, além de ser habilidades que os alunos devem adquirir, sendo parte da NdC. Outra consideração é que a ideia de aspectos consensuais leva o aluno a crer que a NdC não muda, quando na verdade historicamente ela está sempre evoluindo.

A lista dos aspectos consensuais levanta algumas perguntas: se a ciência é afetada pelo contexto social e cultural, como ela produz conhecimento que vale para diversas culturas e sociedades? Essa influência é boa ou ruim? Existe uma maneira de identificar as influências ruins e eliminá-las? (IRZIK; NOLA, 2011).

Assim, Irzik e Nola (2011) colocam que o conceito de semelhança familiar surge como forma de melhorar a visão da NdC. Ele se baseia na ideia de características em comum. Imaginando que existe um conjunto de atributos, por exemplo, [A, B, C]. Todos os indivíduos que tiverem essas características são membros da família. Alguns podem ter as três juntas, outros podem ter apenas duas

delas e outros apenas uma, mesmo assim são todos membros da mesma família. Pode também existir um quarto atributo que é comum a todos, por exemplo, D. Todos os membros da família tem a característica D mais alguma ou algumas das outras três.

Aplicando para a ciência seria como se existissem características que definem as ciências, sendo algumas diferentes e outras comuns a todas elas. Por exemplo, observação é comum a todas. Em algum momento será preciso observar algum fenômeno ou situação para constituir dados. Porém, apenas observar não caracteriza algo como ciência, é a soma desta característica comum com outras que a define (IRZIK; NOLA, 2011).

Deste modo a ideia é investigar como cada ciência funciona e criar grupos de características que podem ser comuns ou diferentes. Analisando par a par as ciências tem pontos comuns e diversos. Então Irzik e Nola (2011) criaram quatro categorias de semelhança familiar e as áreas podem ter algumas categorias iguais e outras diferentes.

A primeira categoria é a das **atividades**, que podem ser observacional, material ou matemática. Arqueologia e astronomia fazem observações, mas enquanto o arqueólogo deve diferenciar fósseis de rochas, o astrônomo deve saber observar planetas num telescópio. Do mesmo modo, existem diferenças nas práticas materiais, podendo ser de coleta e classificação de objetos, calibração de instrumentos e equipamentos, montagem de experimentos. A atividade matemática envolve o uso de métodos apropriados para aplicar equações a casos concretos, como a equação do movimento de um pêndulo. Ou seja, cada ciência tem seu conjunto de atividades, que podem ter pontos em comum com outras, gerando as semelhanças familiares (IRZIK; NOLA, 2011; MOURA, 2014).

A segunda categoria descrita por Irzik e Nola (2011) diz respeito aos diferentes **objetivos e valores** que cada ciência pode ter. De modo geral as ciências buscam fazer previsões e fornecer explicações, mas existem outros propósitos como consistência, simplicidade, verossimilhança, amplo escopo, viabilidade, entre outros, a depender da interpretação filosófica com a qual se está trabalhando.

A terceira categoria das **metodologias e regras metodológicas** assume que o conhecimento científico não é construído aleatoriamente, mas que os métodos são diferentes em cada área. Existem algumas regras que, em geral, são consideradas parte das metodologias, como: construir teorias, modelos e hipóteses

testáveis, entre teorias com pontos comuns escolher a mais explicativa e/ou mais simples, escolher teorias que façam previsões maiores que as já conhecidas, aceitar uma teoria apenas se ela explicar tudo que as antecessoras já explicaram, usar experimentos controlados, entre outros. Apesar de não existir um conjunto rígido e universal de regras que regem a atividade científica, existe uma lógica que torna o movimento racional e os resultados confiáveis. Sem a metodologia e as regras metodológicas a ciência deixa de ser autocorretiva. Além disso, a metodologia deve estar intimamente relacionada com os objetivos. Assim, existem pares de ciências que compartilham muitas regras metodológicas e outros que compartilham menos, sendo uma característica da ciência que está presente no conceito de semelhança familiar e não de aspectos consensuais (IRZIK; NOLA, 2011).

A última categoria é a dos **produtos**, que fala sobre o que a ciência gera, podendo ser hipóteses, teorias, dados experimentais, modelos, entre outros. Leis, por exemplo, existem na física, mas não necessariamente na biologia. Assim, cada ciência tem algumas características específicas de seus produtos que formam um conjunto de semelhança familiar (IRZIK; NOLA, 2011).

A ideia é que cada ciência gera um subconjunto de características para cada uma das quatro categorias e analisando par a par verificam-se atributos em comum e outros não. Assim:

[...] vemos que as Ciências compartilham algumas ou a maioria das características de cada categoria, mas não todas, de modo que são semelhantes em relação a algumas características, mas diferentes em relação a outras. No entanto, dadas quaisquer duas disciplinas ensinadas nos cursos de Ciências, existem semelhanças, sobreposições e cruzamentos suficientes que as tornam 'Ciências'. Em outras palavras, o que une diversas disciplinas da física às Ciências da terra, da cosmologia às Ciências ambientais e da vida é a semelhança da família entre elas com relação às características dentro de cada categoria (IRZIK; NOLA, 2011, p. 601, tradução nossa).¹⁴

Mediante o exposto, segundo Irzik e Nola (2011), a teoria da semelhança familiar aborda todos os pontos dos aspectos consensuais e vai além na explicação da NdC. Ela dá destaque para as atividades científicas, metas e valores e

¹⁴ [...] we see that sciences share some or most of the characteristics under each category but not all, so they are similar with respect to some characteristics but dissimilar with respect to others. Nevertheless, given any two disciplines taught in science courses, there are sufficient similarities, overlaps and crisscrosses that make them both "sciences". To put it differently, what unites diverse disciplines from physics to earth sciences, from cosmology to life and environmental sciences is the family resemblance between them with respect to the characteristics within each category.

metodologia científica, enquanto a teoria dos aspectos consensuais não menciona estes fatores. Assim, “[...] a ciência é um sistema cognitivo cujas atividades investigativas têm uma série de objetivos que tenta alcançar com a ajuda de suas metodologias e regras metodológicas e, quando bem-sucedida, produz uma série de resultados, em última análise, conhecimento.”¹⁵ (IRZIK; NOLA, 2011, p. 602, tradução nossa). Diante disto a teoria da semelhança familiar faz justiça a grande diversidade que existe na ciência e considera seu desenvolvimento histórico, sublinhando sua natureza dinâmica e aberta (IRZIK; NOLA, 2011).

Diante de todo o exposto percebemos que:

A definição acerca do que é natureza da Ciência não parece uma tarefa simples. Pela análise das duas concepções acima, podemos perceber similaridades e diferenças notáveis. (...) destacamos que estas são apenas duas visões, pois um olhar mais apurado para o que os filósofos e os historiadores da Ciência ou os educadores dizem, por exemplo, pode subsidiar inúmeras concepções diferentes, que não necessariamente se assemelhariam com as duas discutidas anteriormente (MOURA, 2014, p. 36).

Existem diversos epistemólogos, filósofos, sociólogos e historiadores da ciência que criaram definições para a NdC. Alguns criaram modelos restritos que demarcam o que é científico e o que não é e outros desenvolveram explicações mais abertas que fogem desta demarcação. Segundo Martins (1999) não é filosoficamente possível escolher critérios para separar os dois, pois estes critérios poderiam ser restritivos (como exemplo citamos o positivismo e o empirismo-indutivismo) ou não discriminativos (como exemplo citamos o anarquismo epistemológico de Feyerabend, em que tudo é ciência). No caso de criar restrições, ou seja, critérios para o que é ou não científico cria-se o problema de prejudicar o desenvolvimento da ciência, proibindo atividades que poderiam ser úteis. Além disso, os critérios iriam excluir do campo científico áreas que são apresentadas como científicas, o que causaria a exclusão destas. Isso não seria aceito pelas pessoas que estudam estas áreas e serviria apenas como forma de humilhá-las ao indicar que o que fazem não é científico. Ademais, como estabelecer critérios? Como saber se eles são corretos? (MARTINS, 1999). Ao mesmo tempo não estabelecer demarcações parece que diminui a importância da ciência e ignora os

¹⁵ [...] science is a cognitive system whose investigative activities have a number of aims that it tries to achieve with the help of its methodologies and methodological rules, and when successful, produces a number of outcomes, ultimately, knowledge.

esforços para construir conhecimentos fundamentados, colocando-a no mesmo patamar da religião, dos mitos e dos conhecimentos de senso comum.

Pensando nisto Martins (1999) sugere que é melhor criar comparações, dizendo que um “[...] trabalho tem maior valor científico do que um outro, sem que isso signifique que o outro não tem valor ou não é científico. Não é necessário, nesse caso, um critério de demarcação. Não é mais necessário negar o direito de chamar alguma coisa de ciência.” (MARTINS, 1999, p. 17). Nesta abordagem o foco não é dizer o que é ou não científico, mas como aumentar o valor científico de algo. Por exemplo, a astrologia pode ser chamada de ciência assim como a astronomia, mas quando comparam-se as duas percebe-se que a astronomia é mais científica por adotar metodologias controladas. A astrologia poderia ser mais aceita se realizasse, por exemplo, testes estatísticos que mostrassem que pessoas de tal signo apresentam em geral tais características. Tendo dados obtidos por meio de testes controlados ela aumentaria seu valor científico (MARTINS, 1999).

Outra forma de aumentar a aceitação de um estudo é quando a teoria ou hipótese criada pode relacionar-se com outras partes da ciência. Por exemplo, a homeopatia tem seu valor científico diminuído porque não consegue integrar o conceito de remédios em doses infinitesimais com as noções físicas e químicas. Isso não significa que a homeopatia não é científica, na abordagem de comparações, mas quer dizer que esta tem menor valor quando comparada com a medicina (MARTINS, 1999). Assim, esta visão de comparação proposta por Martins (1999) é um meio termo entre as restrições excessivas e a falta total de demarcação.

3. 3 A ABORDAGEM DA NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Depois de entender o que é a NdC e sua importância na Educação e conhecer as visões deformadas e maneiras mais contextualizadas de compreender a ciência, agora vamos conhecer o que a pesquisa da área de Educação em Ciências aponta sobre a NdC e conhecer algumas estratégias didáticas para discuti-la na sala de aula.

Lederman (1992) fez uma revisão bibliográfica onde analisou os trabalhos mais citados sobre NdC, com o objetivo de entender qual era o estado do conhecimento da temática e o que os pesquisadores estavam fazendo. O autor verificou que a maioria das pesquisas se encaixava em quatro tópicos de interesse:

(i) **avaliação das concepções de estudantes sobre a NdC**; (ii) **desenvolvimento e uso de currículos que abordam a NdC**; (iii) **as concepções de NdC de professores e a relação com a prática em sala** e (iv) **tentativas de melhorar a concepção de professores acerca da NdC**.

Percebeu-se que os trabalhos que faziam a **avaliação das concepções de estudantes sobre a NdC** mostravam que estes não tinham concepções consideradas contextualizadas. Com isto, os pesquisadores começaram a achar que o problema estava no currículo, que eram centrados apenas nos conceitos científicos, e surgiram estudos para o **desenvolvimento e uso de currículos que abordam a NdC**. Os currículos eram centrados em laboratório, no histórico da ciência e em como os dados seriam interpretados em diferentes momentos históricos. Porém, surgiram divergências: algumas pesquisas indicavam melhora na visão dos alunos sobre a NdC e outras não notaram mudanças nas visões dos estudantes que estavam inseridos nestes currículos. Assim, o fator currículo podia ou não colaborar com o entendimento sobre a natureza do empreendimento científico (LEDERMAN, 1992; ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000).

Com esses resultados divergentes passou-se a questionar qual a importância da variável professor. Surgiram então trabalhos que verificavam **as concepções de NdC de professores e a relação com a prática em sala**. Verificou-se que os professores tinham ideias inadequadas da construção do conhecimento. Constatou-se que o entendimento deles afetava a compreensão do aluno, apesar do uso de currículos especialmente programados para abordar a NdC (LEDERMAN, 1992; ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000). Para quem a ciência é uma verdade absoluta e provada, só importam os resultados finais, ou seja, os produtos da ciência. Nas concepções mostradas aqui (conceito de aspectos consensuais, semelhança familiar e comparação entre valor científico) entender como o conhecimento científico é construído é tão importante quanto conhecer os conteúdos prontos, uma vez que estes podem alterar-se com novas investigações e observações. E é por isso que transmitir uma ideia sobre o processo de construção do conhecimento é fundamental, ao invés de apenas ensinar os resultados prontos. Dessa forma, compreendem-se as limitações, impossibilidades e provisórias da ciência, mantendo-se a dúvida permanente e a mente aberta para novidades (MARTINS, 1999).

Deste modo, as pesquisas guiaram-se pela ideia de que melhorando as concepções dos professores, estas seriam automaticamente transmitidas aos alunos. Entretanto, constatou-se que outros fatores influenciam, como restrições institucionais e curriculares, experiências do professor, contexto da escola, entre outros (LEDERMAN, 1992; ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000).

Estudos mais detalhados sobre a relação entre a prática e concepção dos docentes mostrou que diversas variáveis podiam restringir as discussões da NdC na sala de aula. As quais podem ser: o excesso de conteúdos, a organização da escola, a motivação dos alunos, a experiência com o tema, a falta de recursos para avaliar os estudantes, o desconforto dos docentes. Assim, não basta que o professor entenda a NdC, é preciso pensar nas condições para levar esta discussão para a aula. Mas, só faz sentido pensar nas variáveis situacionais se os docentes realmente tiverem boas concepções sobre a ciência (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000).

As pesquisas contendo **tentativas de melhorar a concepção de professores acerca da NdC**, de acordo com Abd-El-Khalick e Lederman (2000), começaram na década de 1960 de forma tímida com o desenvolvimento de escolas de verão para os docentes. Porém, estas não se mostraram efetivas. Então os pesquisadores começaram a examinar as variáveis que poderiam estar afetando as concepções de NdC. Indicou-se que estas eram independentes do desempenho acadêmico, do currículo, de habilidades cognitivas (como aptidão verbal e raciocínio lógico), do gênero, das condições sociais, do nível de formação, da disciplina de ciências ensinada e dos anos de experiência docente. E “[...] participar de atividades científicas em cursos de graduação em ciências ou através da prática profissional parece não contribuir para o entendimento dos professores de ciências sobre a NdC.”¹⁶ (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000, p. 671, tradução nossa).

Em trabalho anterior (KRUPCZAK; AIRES, 2018) realizamos uma pesquisa como a de Lederman (1992), porém ao invés de utilizarmos artigos, analisamos as teses e dissertações brasileiras sobre NdC. O objetivo era entender qual era o estado do conhecimento desta temática no Brasil. Encontramos trabalhos que se encaixavam nas mesmas quatro categorias de Lederman (1992), porém foram construídas mais duas categorias que indicam a evolução das pesquisas. Historicamente as investigações começaram analisando as concepções dos alunos

¹⁶ [...] participating in the activities of science in undergraduate science courses or through professional practice did not seem to contribute to science teachers' understanding of NOS.

sobre a NdC, notando que estes tinham visões positivistas começaram as elaborações e testes de currículos com enfoque na NdC. Depois, os pesquisadores notaram que os currículos não estavam alterando as visões dos alunos e começaram a analisar como os professores entendiam a construção do conhecimento, perceberam que estes tinham visões positivistas iguais às dos estudantes. Por fim, surgiram estudos que visavam melhorar o entendimento dos professores sobre a ciência (LEDERMAN, 1992). De acordo com nossa investigação, todos estes quatro tipos de pesquisa continuam sendo realizados hoje. No entanto, atualmente também são realizadas investigações que buscam identificar as visões de NdC presentes em materiais diversos, como livros didáticos, revistas, vídeos, notícias, entre outros. Outro tipo de pesquisa que é feita hoje, e que representa a maior parte dos estudos atuais envolvendo a NdC, está relacionado com o desenvolvimento de estratégias didáticas para discutir a NdC (KRUPCZAK; AIRES, 2018). Deste modo:

[...] a evolução das pesquisas na área ficou evidente e hoje o tópico mais presente nas TD [Teses e Dissertações] é *Estratégias Didáticas*. Tal resultado demonstra uma sensível e positiva preocupação por parte dos pesquisadores, no sentido de prover os professores de metodologias que possam subsidiá-los em suas aulas que tenham como enfoque abordagens sobre NdC. Afinal, apenas a formação docente não é suficiente, pois mesmo que este entenda de forma adequada todos os aspectos que subjazem a construção do conhecimento científico, se sua prática em sala de aula não incorporar tais aspectos, os estudantes não serão levados e estimulados a refletir sobre a NdC (KRUPCZAK; AIRES, 2018, p. 30-31).

Assim, a preocupação atual está em desenvolver formas de discutir a NdC em sala de aula. Nesse sentido foram desenvolvidas duas principais abordagens para melhorar as visões de docentes e alunos sobre a NdC: a implícita e a explícita. A primeira concentra-se em realizar atividades de investigação científica, pois sugere que a compreensão da ciência é resultado do aprendizado e da prática dela. Neste caso pode-se realizar uma atividade estruturada ou não. Na atividade estruturada os participantes recebem procedimentos claros do que fazer, apenas como forma de verificar os princípios em questão. Na atividade não estruturada os indivíduos são livres para investigar, decidem quais dados coletar, de que forma e como interpretá-los. Já a abordagem explícita utiliza a história, filosofia e sociologia da ciência para abordar aspectos da NdC (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000).

Na abordagem implícita não aborda-se explicitamente a NdC, espera-se que o participante reflita sobre a mesma como consequência do envolvimento com a atividade experimental. O professor não realiza nenhum tipo de conscientização ou discussão sobre a NdC, acredita-se que a realização do experimento fará o indivíduo perceber de forma autônoma como o conhecimento científico é construído. Assim, a compreensão da NdC ocorre como resultado do 'fazer ciência'. Já na abordagem explícita defende-se que devem existir discussões diretas sobre a NdC, as quais devem ser planejadas de modo a explicitar os aspectos da construção do conhecimento científico (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000).

Um exemplo de trabalho que usou a abordagem explícita é a proposta de El-Hani, Tavares e Rocha (2004). Foi realizada a discussão de exemplos históricos para abordar a NdC. As atividades foram concretizadas em uma disciplina de história e filosofia da ciência, o que permitiu uma abordagem explícita direta, em uma turma de Ciências Biológicas. As visões dos estudantes foram acessadas por meio de um questionário VNOS aplicado ao início e no fim da disciplina. Os resultados indicaram que a proposta fez com que os estudantes melhorassem suas visões da NdC, em especial em diferenciar lei e teoria, relacionar modelos e evidências e em entender a demarcação entre ciência e outras formas de conhecimento. No entanto, o sucesso foi menor no entendimento da experimentação e da relação entre dados e teoria. Tal fato pode estar relacionado com a falta de atividades práticas para discussão direta destes aspectos. Outros exemplos de abordagem explícita podem ser encontrados em Oki e Moradillo (2008), Teixeira, Freire Jr. e El-Hani (2009) e Oliveira (2013).

Um exemplo de abordagem implícita pode ser encontrado em Scharmann e Harris (1992). Os autores realizaram um curso de verão de três semanas com professores em serviço. Foram realizadas atividades variadas, como palestras, discussões em grupos, aulas de campo, entre outros sobre o tema evolução. Os autores afirmam que a NdC estava presente em todas as atividades, mas esta não foi abordada de forma explícita em nenhuma delas. Scharmann e Harris (1992) concluem que o curso melhorou as visões de NdC dos participantes, porém, os dados não são conclusivos, a diferença entre a pontuação do pré-teste e pós-teste foi, em média, de apenas 1,5%. Outro exemplo de abordagem implícita pode ser encontrado em Scharmann (1990).

Abd-El-Khalick e Lederman (2000) analisaram propostas de abordagem explícita e implícita e concluíram que a segunda é considerada menos efetiva e recebe algumas críticas. Na abordagem implícita se assume que os aspectos da NdC podem ser extraídos apenas da prática e do envolvimento com a ciência. Entretanto, o entendimento do desenvolvimento científico é um processo reflexivo. As diversas imagens sobre a NdC que existiram e existem foram construídas pelo esforço coletivo de cientistas, filósofos, sociólogos e historiadores da ciência. Durante muito tempo estas pessoas esforçaram-se para tentar entender e compreender o funcionamento da ciência. Assim, entender a NdC não é uma simples questão de praticar suas atividades. Por isso, atualmente são poucos os trabalhos que utilizam a abordagem implícita.

No entanto, é importante estar atento às formas de abordar a NdC e as narrativas históricas sobre a mesma na abordagem explícita, pois:

Muitas vezes, as entrelinhas de um texto sugerem uma visão de Ciência diferente daquela que se busca defender. Algumas concepções arraigadas acabam por surgir furtivas em breves comentários ou adjetivos revelando juízos de valor que comprometem o resultado final de um trabalho, no que diz respeito às imagens de Ciência e de seu funcionamento. Desse modo, torna-se bastante relevante a preocupação voltada para as narrativas históricas, presentes no ambiente escolar, e as concepções que elas podem promover sobre os processos de construção da Ciência (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 36).

Essas preocupações estão muito mais relacionadas com a visão de NdC que explicita-se do que com o preciosismo histórico em si. Lendas como o 'Eureka de Arquimedes' e a 'Maça de Newton' fomentam estereótipos de cientistas e noções falsas da NdC. Transmitem a ideia de que 'descobertas' são feitas por gênios solitários que tem *insights*. Fatores como o contexto cultural, os erros e controvérsias, a ajuda de outros pensadores, as teorias já existentes, a política e economia da época são ignorados (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

Praia, Pérez e Vilches (2007) não são radicais e consideram que é factível e importante utilizar tanto a abordagem explícita quanto a implícita. Os autores colocam que é possível planejar aulas com base em investigações de situações problema que sejam relevantes para a construção do conhecimento científico. Mas, é preciso tomar alguns cuidados: a atividade deve ser aberta, criativa e em grupo, inspirando-se no trabalho dos cientistas, devendo incluir aspectos como:

- a) A discussão do interesse e relevância das propostas;

- b) O estudo significativo das situações à luz dos conhecimentos disponíveis;
- c) A formulação de hipóteses;
- d) A definição e implementação de estratégias de resolução dos problemas;
- e) A análise dos resultados;
- f) A conclusão e as perspectivas (PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007).

Tudo isso deve ser realizado realçando a NdC e as relações CTS que são inerentes ao trabalho científico. Ou seja, trata-se de uma abordagem que é um meio termo, pois baseia-se em investigação científica, mas explicita a NdC. Assim, as atividades práticas podem reforçar o interesse e ligar a ciência e a tecnologia. Estas orientações, que não são regras rígidas, apenas querem dizer “que devemos prestar mais atenção aos aspectos culturais, sociais, morais e emotivos (...) na educação científica” (PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007, p. 152). Martins (2015) também defende a inserção de atividades práticas como forma de aprender sobre a NdC, pois considera que esta está ligada a investigação.

Diversos aspectos da NdC podem ser usados para iniciar as discussões explícitas, podem-se abordar as questões sociais, metodológicas, ambientais, políticas, históricas, econômicas, éticas, entre outros. Dependendo do enfoque pode-se ter uma abordagem empírica, normativa ou analítica (MARTINS, 1999; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

A abordagem empírica analisa a história da ciência, investigando os registros históricos e as definições dela ao longo dos anos, baseia-se em fatos. Ela é equivalente a perguntar ‘O que tem sido a ciência?’. Trata das características da NdC como fato histórico e social. Recorre-se ao que já foi pesquisado por historiadores da ciência e, portanto, várias respostas serão encontradas, pois as práticas científicas mudam com o passar do tempo. Os documentos produzidos por cientistas são analisados com base nos conhecimentos da época, crenças vigentes, fatores culturais e políticos que podem ter influenciado no desenvolvimento daquela situação (MARTINS, 1999; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

A abordagem normativa avalia os procedimentos e resultados da pesquisa num domínio filosófico. É equivalente a perguntar ‘O que deveria ser a ciência?’. Ou seja, julgam-se os valores e o que é correto e errado na atividade científica. A resposta não baseia-se em fatos, mas em valores que podem ser externos ou internos à ciência. O enfoque externo ocorre quando procura-se entender como a

atividade científica deveria ser para favorecer a humanidade. O enfoque interno é relativo a metodologia e quer compreender como a ciência poderia fazer para entender melhor a natureza (MARTINS, 1999; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

A terceira abordagem, de acordo com Martins (1999), é a analítica, a qual explicita o que é ou não ciência no presente e no passado. É equivalente a perguntar 'O que poderia ou o que não poderia ser a ciência?'. Isso pressupõe a existência de vários tipos de ciência. Pode-se investigar quais visões de NdC já existiram em outras épocas e civilizações (análise como fato histórico), as que se pode inventar (análise de critérios de adequação) ou as que são filosoficamente possíveis diante da capacidade humana (análise como formas de conhecimento).

Outra perspectiva para analisar a NdC é que essa seja discutida na forma de questões e não de afirmações, como são os aspectos consensuais. Assim, ao invés de simplesmente colocar que o conhecimento científico é construído de forma coletiva, fazer perguntas como "Os cientistas trabalham isoladamente? O conhecimento científico é construído socialmente? Qual o papel do indivíduo? As 'descobertas' científicas são individuais ou coletivas?" (MARTINS, 2015, p. 721). Essa é uma alternativa interessante, pois ao trabalhar com a lista dos aspectos consensuais o professor não pode impô-la de forma pragmática. Por exemplo, é preciso tomar cuidado ao afirmar que o conhecimento científico é provisório e está em constante mudança, pois esta afirmação pode levar o aluno a acreditar que a ciência não é confiável e que não vale a pena aprender os conceitos científicos porque estes logo vão mudar. É importante que a discussão sobre a NdC seja contextualizada, "consideramos que a desconstrução de concepções equivocadas de ciência deve vir acompanhada de uma cuidadosa construção de visões mais atuais e adequadas. E não de visões que levem a atitudes anticientíficas." (MARTINS, 2015, p. 716).

Outro ponto importante é que as propostas didáticas sejam construídas especificamente para cada nível de ensino, levando em conta as condições intelectuais dos alunos. Também deve-se considerar as especificidades de cada disciplina científica. Neste aspecto a ideia de semelhança familiar ganha força, pois a NdC tem características diferentes em cada área científica. Essas diferenças poderiam ser exploradas em termos históricos e metodológicos, por exemplo (MARTINS, 2015).

Outra maneira de abordar a NdC é utilizar situações-problemas que envolvem a ciência e a tecnologia e aspectos sociais, políticos, culturais, éticos, entre outros. Estas questões são chamadas de controvérsias sociocientíficas (CSC), as quais são objeto desta dissertação e são discutidas no capítulo a seguir.

4 DISCUSSÃO SOBRE CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS: O ENSINO DE CIÊNCIAS E A CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA

4.1 A EXPERIÊNCIA EDUCATIVA DA DISCUSSÃO

A escola é um dos ambientes mais importantes para a formação de cidadãos, pois esta funciona como uma comunidade: existem sistemas de administração, trabalho, justiça, normas, regras, conflitos, convenções sociais. A escola é constituída por pessoas de diferentes idades, contextos sociais e culturais. Deste modo, os indivíduos participam de um ambiente de experiência comunitária que desenvolve a responsabilidade social por meio do ensino, de como ele é realizado e da estrutura da escola e da sala de aula. O desenvolvimento desta responsabilidade ocorre quando o aluno sente-se livre para expressar sua opinião abertamente e se depara, frequentemente, com debates. Estes são fundamentais para que o indivíduo entenda e experimente o processo de resolução de conflitos no sistema político e social (REIS, 2007).

Por conseguinte, a escola tem função democrática e emancipadora, devendo ser para e na cidadania, um instrumento da politização dos estudantes. Dentro de uma pedagogia crítica, como a proposta por Paulo Freire, a educação é a catalizadora da transformação social e a escola é o espaço do diálogo libertador (REIS, 2014).

Ou seja, busca-se uma Educação democrática, que forme os estudantes para tomar decisões e agir sobre os problemas sociais, não deixando as decisões apenas para os especialistas. Isto requer AC, pois é necessário compreender os problemas em seus aspectos científicos, mas também sociais, políticos, econômicos, éticos, culturais, entre outros. Consequentemente, o Ensino de Ciências deve fomentar reflexões sobre a NdC e as relações CTS. (REIS, 2007; HILÁRIO; REIS, 2009). Pois:

[...] a posse de profundos conhecimentos específicos, como os que possuem os especialistas num campo determinado de saber, não garante a adoção de decisões adequadas, mas *exigem enfoques que contemplem os problemas numa perspectiva mais ampla*, analisando as possíveis repercussões a médio e longo prazo, tanto no campo considerado como em outros campos. E isso é algo para que os não especialistas podem contribuir, com perspectivas e interesses mais amplos, sempre que possuam um mínimo de conhecimentos científicos específicos sobre a

problemática estudada, sem os quais é impossível compreender as opções em jogo e *participar* na tomada de decisões fundamentadas (PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007, p. 143, grifo do autor).

Um exemplo de como o processo de discussão pode ser importante para a população e para o desenvolvimento da AC é o uso do pesticida diclorodifeniltricloroetano (DDT). A partir da Segunda Guerra Mundial este e outros pesticidas passaram a ser largamente utilizados na agricultura, o que ajudou a aumentar a produção de alimentos, ocasionando uma verdadeira revolução agrícola. Todavia, um tempo depois surgiram alguns estudos que mostravam que estes produtos químicos eram danosos ao ambiente e aos seres vivos (PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007). Um destes trabalhos é o livro de Carson (1962), chamado 'Primavera Silenciosa'. Nele a autora apresenta diversas provas dos efeitos nocivos do DDT (principalmente em pássaros, o que estava causando o silêncio na primavera). No entanto, Carson foi duramente criticada pela indústria química, políticos e até cientistas. Estes afirmavam que sua pesquisa não tinha valor científico e que ia de encontro a um progresso que garantia a alimentação mundial. Entretanto, apenas dez anos depois a comunidade científica reconheceu que o DDT era tóxico e seu uso foi proibido em diversos países (PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007).

O interessante deste caso, para Praia, Pérez e Vilches (2007), é que muitos cidadãos defenderam os argumentos de Carson, o que estimulou a criação de grupos de ativistas de proteção ao ambiente. Se estes cidadãos não tivessem entendido os argumentos de Carson e buscado por mudanças, a proibição do DDT poderia ter demorado muito mais para ocorrer e teria causado danos bem maiores. Contudo, diversos cientistas, que possuíam conhecimentos técnicos maiores que os cidadãos comuns, não acreditaram em Carson inicialmente.

Assim:

Devemos insistir em que esta participação de cidadania na tomada de decisões, que se traduz, em geral, em evitar a aplicação apressada de inovações de que se desconhecem as consequências a médio e longo prazo, não supõe nenhum entrave à investigação, nem à introdução de inovações, desde que existam razoáveis garantias de segurança. De facto, a opinião pública não se opõe, por exemplo, à *investigação* com células-mãe embrionárias. Pelo contrário, vem apoiando a maioria da comunidade científica que reclama que se levante a proibição introduzida em alguns países devido à pressão de grupos ideológicos fundamentalistas. [...] A referida participação, temos de insistir, reclama um mínimo de formação científica que torne possível a compreensão dos problemas e das opções -

que se podem e se devem expressar numa linguagem acessível - para não se ver recusada com o argumento de que problemas como a mudança climática ou a manipulação genética são de uma grande complexidade (PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007, p. 144-145).

Apesar disso, em muitas aulas de ciências apenas o produto final da ciência é ensinado, ou seja, os conhecimentos já estabelecidos, o que suprime a vontade dos alunos de investigar e conduz a uma visão de ciência como empreendimento terminado e composto de verdades absolutas (REIS, 2014). Se os estudantes devem ser cidadãos responsáveis é preciso criar espaços para que os problemas globais e/ou locais possam ser discutidos (PRAIA; PÉREZ; VILCHES, 2007). Para que os indivíduos se tornem agentes de mudança de situações e comportamentos, estes devem estar conscientes do seu processo de aprendizagem. A qual pode estruturar-se na pesquisa e discussão em grupo de situações reais, estimulando a participação em ações coletivas (SCHEID; REIS, 2016; REIS, 2007).

A discussão leva os estudantes a ter contato com a experiência dos outros, o que aumenta a compreensão do individual. Ela também é a base da democracia, do processo não violento de tomada de decisões. A discussão é uma forma de aproximar e unir os diferentes grupos envolvidos em um problema, o que tem grande valor para a sociedade. Mas, a falta de experiência com processos de discussões, faz com que os cidadãos a evitem e esperem que as autoridades decidam por eles (REIS, 2009; ESPÍRITO SANTO; REIS, 2013). Por isto, os estudantes devem ser incentivados a participar de discussões e formular opiniões e decidir (REIS, 2007).

Discussões de qualquer assunto relevante para a sociedade geram situações únicas, como: (i) estimulação da pesquisa, que reforça e consolida o conhecimento; (ii) incentivo do respeito e tolerância ao outro e as regras sociais de convivência, como saber ouvir e falar; (iii) valorização da democracia, do protagonismo do aluno e das opiniões, que são diferentes, mas igualmente importantes; (iv) discussão entre indivíduos diferentes, o que gera propostas diversas e ricas; (v) promove a participação e comunicação; (vi) desenvolvimento da argumentação, pois cada estudante terá que defender sua ideia (HILÁRIO; REIS, 2009).

Contudo, é necessário frisar que o discutir defendido aqui é diferente de debater. No segundo caso, existem ideias contrárias e já formadas que são apenas colocadas umas contra as outras, em busca de definir um vencedor. A discussão, ao

contrário, é uma construção de ideias conjuntas, ou seja, feita por todos, que resulta no entendimento do problema ou numa possível solução (HILÁRIO; REIS, 2009; REIS; GALVÃO, 2009).

A inclusão da discussão e argumentação nas aulas de ciências é crescente (SANTOS; MORTIMER; SCOTT, 2001; CAPECCHI; CARVALHO; SILVA, 2002; GALVÃO; REIS; FREIRE, 2011; SCHEID; REIS, 2016). Mas, apesar de existirem diversas abordagens para avaliar a discussão e os argumentos dos estudantes, ainda precisam ser desenvolvidas opções pedagógicas efetivas para cada nível de ensino. É preciso considerar que o processo de argumentação seria diferente em cada nível educacional, mas a abordagem central permaneceria essencialmente a mesma (ZEIDLER; NICHOLS, 2009).

De acordo com Reis (2014), o Ensino de Ciências deve ser revisto de modo a perceber o aluno como construtor do conhecimento e não apenas consumidor. Nesse sentido, as discussões tem grande potencial educacional. Nas aulas de ciências os temas escolhidos para as discussões devem fomentar a AC, o que significa que devem evidenciar as relações CTS e a NDC. Estes temas são conhecidos como controvérsias sociocientíficas.

4. 2 O QUE SÃO CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS

De acordo com Reis (2009), a ciência baseia-se na racionalidade e na cooperação, porém também existe competitividade e antagonismos no seu interior. Chalmers (1993) coloca que é preciso desconstruir a ideia de que a ciência é uma atividade apenas racional. Durante toda a história da ciência sempre existiram controvérsias intelectuais entre grupos de cientistas, em que cada um tentava provar sua teoria e diminuir a credibilidade da do oponente. Contudo, é no meio destas controvérsias científicas, restritas à comunidade de especialistas, que o conhecimento nasce.

A ciência, segundo Reis (2009; 2013), também gera outros tipos de controvérsias, as quais não se encerram apenas em disputas acadêmicas internas, mas envolvem as interações CTS, as quais são denominadas de controvérsias sociocientíficas (CSC).

Kolsto (2001) afirma que as CSC são questões que frequentemente estão presentes nos meios de comunicação, e por vezes são disputas locais. Tratam-se de

situações que envolvem avaliações diferentes de grupos sociais diversos com os mais díspares interesses. Para Zeidler e Nichols (2009) “elas [as CSC] são geralmente de natureza controversa, mas têm o elemento adicional de exigir um grau de raciocínio moral ou a avaliação de preocupações éticas no processo de chegar a decisões sobre a possível resolução dessas questões.”¹⁷ (p. 49, tradução nossa). Hilário e Reis (2009) colocam que “as controvérsias sociocientíficas representam uma diversidade de dilemas sociais resultantes da aplicação dos princípios e práticas científicas e tecnológicas.” (p. 169). Em resumo:

As controvérsias sociocientíficas descrevem os dilemas da sociedade com vínculos conceituais, processuais ou tecnológicos à ciência. Muitas controvérsias sociocientíficas decorrem de dilemas envolvendo biotecnologia, problemas ambientais e genética humana. [...] os tópicos descritos pelo termo ‘controvérsias sociocientíficas’ exibem um grau único de interesse social, efeito e consequência. As controvérsias sociocientíficas são tipicamente contenciosas por natureza, podem ser consideradas a partir de uma variedade de perspectivas, não possuem conclusões simples e frequentemente envolvem moralidade e ética (SADLER; ZEIDLER, 2004, p. 5, tradução nossa).¹⁸

Mundim e Santos (2012) colocam que as CSC têm como características: “[...] relacionar-se a ciência; envolver formação de opinião e escolhas; ter dimensão local, nacional ou global; envolver discussão de valores e ética; estar relacionado à vida; envolver discussão de benefícios, riscos e valores, entre outras.” (p. 791).

Exemplos de CSC são as polêmicas dos impactos sociais e ambientais do uso de agrotóxicos e de plantas geneticamente modificadas na produção de alimentos, a clonagem de seres vivos, o uso de animais para testes científicos, o aquecimento global, os estudos com células tronco, a produção e uso de biocombustíveis, a instalação de empresas multinacionais em outros países, a produção de energia, entre outros.

As CSC não podem ser resolvidas somente com base em dados técnicos, porque estão relacionadas com outros âmbitos, como valores, questões financeiras,

¹⁷ They are usually controversial in nature but have the added element of requiring a degree of moral reasoning or the evaluation of ethical concerns in the process of arriving at decisions regarding possible resolution of those issues.

¹⁸ Socioscientific issues describe societal dilemmas with conceptual, procedural, or techno-logical links to science. Many socioscientific issues stem from dilemmas involving biotech-nology, environmental problems, and human genetics. [...] the topics described by the phrase “socioscientific issues” display a unique degree of societal interest, effect, and consequent. Socioscientific issues are typically contentious in nature, can be considered from a variety of perspectives, do not possess simple conclusions, and frequently involve morality and ethics.

pressões sociais, entre outros. São tensões entre direitos individuais e sociais, interesses econômicos, prioridades políticas, preocupações ambientais e com a saúde. Estes conflitos são gerados muitas vezes pela relação entre a ciência e a tecnologia e o capital que a financia. Existe uma pressão por lucro que acaba definindo os assuntos a serem pesquisados e a qualidade dos produtos e práticas dos investigadores (REIS, 2013; REIS, 2014). Assim, para um assunto ser controverso deve envolver valores e interesses opostos que geram soluções diferentes, o que faz dele complexo e atrai a atenção das pessoas (ESPÍRITO SANTO; REIS, 2013; LINHARES; REIS, 2009; REIS; GALVÃO, 2009; REIS, 1999).

As CSC surgem por três principais motivos:

- a) Por implicações sociais, morais ou religiosas de uma teoria;
- b) Porque as aplicações tecnológicas podem causar tensões sociais por mudanças em direitos individuais, prioridades políticas, valores ambientais, interesses econômicos e preocupações relativas à saúde;
- c) Pelo desvio de recursos públicos para projetos científicos e tecnológicos em detrimento de outros projetos (REIS, 2009; ESPÍRITO SANTO; REIS, 2013).

Além disso, CSC também podem ser criadas propositalmente para proteger interesses particulares de empresas, governos e pessoas poderosas. Essa estratégia é chamada de *junk science* (MICHAELS; MONFORTON, 2005). Um bom exemplo disso é o caso do tabaco. Durante a década de 1950 surgiram pesquisas que ligavam o fumo à câncer de pulmão e outras doenças respiratórias. Para abafar a situação, a indústria de cigarros contratou cientistas para dizer que os dados das pesquisas não eram conclusivos para fazer essa ligação. Assim, criou-se um clima de controvérsia em torno do assunto. Com isso, a indústria do tabaco conseguiu adiar em décadas a regulamentação dos cigarros e as campanhas de conscientização.

Existem vários termos para designar as CSC. O termo surgiu em inglês como *socioscientific issues* e a tradução foi feita como ‘controvérsias sociocientíficas’ ou ‘questões sociocientíficas’. Mas, ainda existem outros autores brasileiros utilizam ‘temas controversos’, ‘assuntos controversos’ ou ‘aspectos sociocientíficos’. Apesar das diferentes nomenclaturas, todas se referem aos mesmos tipos de questões. Fazendo uma busca no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES para cada um dos cinco termos, encontramos que o termo com mais resultados, e

consequentemente mais utilizado, é ‘questões sociocientíficas’. No entanto, nesta dissertação utilizamos o termo ‘controvérsias sociocientíficas’, pois defendemos que esse expressa melhor a natureza controversa das referidas situações, uma vez que essas estão sempre envoltas em disputas entre grupos diferentes com propostas de soluções diversas.

4. 3 VANTAGENS EDUCATIVAS DA DISCUSSÃO SOBRE CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS

Vários investigadores colocam as discussões sobre CSC em papel de destaque na construção de habilidades importantes para a cidadania, além de facilitar a aprendizagem dos conteúdos em si e de auxiliar no desenvolvimento cognitivo e social dos alunos (SADLER, 2004; SADLER; ZEIDLER, 2004; HILÁRIO; REIS, 2009; ZEIDLER; NICHOLS, 2009; REIS; GALVÃO, 2009; ESPÍRITO SANTOS; REIS, 2013; SCHEID; REIS, 2016).

Algumas das habilidades importantes para a cidadania que podem ser ampliadas pela discussão sobre CSC estão resumidas no Quadro 4 (SCHEID; REIS, 2016; ESPÍRITO SANTO; REIS, 2013; LINHARES; REIS, 2009; ZEIDLER; NICHOLS, 2009; REIS, 1999, 2007).

QUADRO 4 – HABILIDADES ESTIMULADAS PELA DISCUSSÃO DE CSC.

Habilidades sociais	Comunicação, trabalho cooperativo, debater a fundamentação das opiniões, apoio entre os indivíduos, saber escutar a opinião do outro, autoestima...
Habilidades cognitivas	Poder de argumentação, capacidade de analisar e explicar, pesquisa e recolha de informações, detecção de incoerências em dados, avaliação da credibilidade das fontes, pensar de forma crítica e formular opiniões próprias, reavaliar as próprias posições, construção de hipóteses, independência intelectual, compreender as diversas dimensões de uma situação...

FONTE: a autora (2019).

Adicionalmente, durante a discussão sobre uma CSC, muitas vezes, os interesses e motivações dos envolvidos são expostos. Desta forma, examinar uma controvérsia leva os alunos a: (i) perceber que a ciência é uma construção social, temporal e cultural e que sofre influência de valores, interesses e da política. Ou seja, leva o aluno a entender a aspecto social da NdC, que gera uma imagem mais real do empreendimento científico (ZEIDLER; NICHOLS, 2009; REIS, 2007); (ii) compreender os argumentos de diferentes grupos, como governos, cientistas e ativistas (REIS, 2007); (iii) perceber as controvérsias presentes nas decisões

relacionadas com o desenvolvimento científico e tecnológico e a ausência de consensos definitivos dos riscos de algumas decisões, em especial as de cunho ambiental e de saúde humana (REIS, 2007); (iv) estabelecer relações entre a ciência aprendida na escola e a da vida real (REIS, 2007).

Em termos da NdC, Karisan e Zeidler (2017) sugerem que esta deve ser ensinada em contextos desafiadores, como atividades envolvendo CSC. Os autores afirmam que a compreensão das características da ciência, contextualizada pelas CSC, leva ao melhor entendimento dos conceitos científicos, permitindo que os alunos utilizem evidências na tomada de decisão. “A CSC pode ajudar os alunos a entender aspectos da NdC que contribuem para as decisões sobre importantes questões locais, sociais e globais, para ganhar experiência na negociação de questões complexas.”¹⁹ (KARISAN; ZEIDLER, 2017, p. 141, tradução nossa).

Segundo Hilário e Reis:

A discussão das controvérsias sociocientíficas permitiu o acesso dos alunos a uma perspectiva da ciência distinta da que lhes é transmitida durante a maior parte das aulas de ciências – uma ciência objetiva, livre de valores e de influências. Através das atividades de discussão, a ciência surge-lhes como um campo onde nem sempre as soluções são únicas e que estabelece interações diversas com a sociedade. O facto das situações em análise se situarem na chamada ‘ciência de fronteira’, a qual se caracteriza por se constituir a partir de descobertas recentes e divergentes, para as quais não há consenso entre a comunidade científica [...] permitiu aos alunos uma visão da ciência diferente daquela a que estavam habituados (HILÁRIO; REIS, 2009, p. 180).

Lederman, Antink e Bartos (2014) indicaram exemplos de CSC que poderiam ser utilizadas para a compreensão dos conteúdos científicos e de aspectos da NdC. Por exemplo, a questão dos alimentos transgênicos pode ser usada para mostrar como a cultura de uma sociedade pode levar a interpretações diferentes para os mesmos dados. Os autores comparam a Europa e os EUA, a primeira tem exigências rigorosas para a rotulagem dos alimentos contendo transgênicos, já o segundo não exige a indicação da presença destes nos produtos. Deste modo, a população norte-americana não sabe em que extensão os transgênicos estão em sua dieta e são menos contrários a estes alimentos do que os europeus. Este é um exemplo da relação sociocultural da ciência e tecnologia. Embora estas não variem muito entre os diversos locais do mundo, a relação que as populações têm com elas

¹⁹ SSI can help students to understand aspects of NOS that contribute to decisions about important local, societal, and global issues to gain experiences negotiating the complex issues.

varia. Além disso, este caso evidencia a influência das questões políticas na ciência e tecnologia.

Assim, as CSC são uma forma de evidenciar as características da construção do conhecimento científico e outros exemplos do sucesso de tal abordagem podem ser encontrados em Karisan e Zeidler (2017). Os autores fizeram uma revisão dos trabalhos empíricos que envolviam o ensino e aprendizagem da NdC por meio das CSC e concluíram que “não apenas o entendimento de um indivíduo sobre a NdC altera inevitavelmente a maneira como ele responde a situações envolvendo ciência, incluindo controvérsias sociocientíficas, mas também contextos de CSC que alteram a forma como os alunos respondem/entendem a NdC.”²⁰ (p. 147, tradução nossa). Portanto, para evitar deturpações e imagens simplistas da ciência e tecnologia, a inclusão de CSC nas aulas de ciências é apropriada e recomendada como forma de desenvolver a AC.

Ademais, a discussão de CSC facilita a compreensão de como se dão as interações entre a CTS e pode fazer com que os alunos tornem-se mais participativos, facilitando a aprendizagem dos conteúdos específicos, bem como favorecendo o desenvolvimento cognitivo e social destes (REIS, 2013). Neste último aspecto, especificamente, relacionado ao desenvolvimento de uma consciência social, a discussão de CSC pode formar cidadãos mais conscientes da sua capacidade de formular opiniões e tomar decisões, tendo potencial para gerar um cidadão que seja colaborador na construção de uma sociedade mais democrática (REIS, 2009; ESPÍRITO SANTO; REIS, 2013).

Segundo Espírito Santo e Reis (2013) para fomentar a discussão sobre CSC e o respeito entre colegas é importante que o professor indique aos alunos que a opinião de uma pessoa acerca de um tema é motivada pela sua visão de mundo. Assim, os indivíduos podem sugerir soluções diferentes para determinados problemas porque possuem entendimentos diferentes sobre o assunto. Zeidler e Nichols (2009) afirmam que no meio das discussões de CSC o raciocínio de um aluno influencia o do outro, criando um relacionamento de troca. O debate melhora a qualidade do pensamento em função dos contrastes de ideias e experiências. Os estudantes conhecem ideias ou evidências diferentes das suas e são obrigados a

²⁰ Not only an individual's understanding of NOS inevitably alters the manner in which she or he responds to situations involving science, including socioscientific issues, but also SSI contexts alter how students respond/understand NOS.

resolver os conflitos negociando e melhorando seus argumentos. Os autores também colocam que este é um dos aspectos que justificam a necessidade de estimular a reflexão crítica e promover uma postura receptiva à diversidade de opiniões. Afinal, os alunos precisam entender que indivíduos diferentes pensam, aprendem e constroem de forma diversa e que compreensões minoritárias devem ser respeitadas e analisadas.

Desta forma, Reis (1999) afirma que um dos objetivos de discutir CSC deve ser o de apreender a origem das ideias e suas consequências para o todo. Assim, o aluno torna-se preparado para, com base em novas informações, observações e experiências, reavaliar sua opinião, encontrando possíveis incoerências e se tornando responsável por estas. Adicionalmente, os valores e decisões de cada pessoa podem alterar-se com o tempo, em função do acontecimento de novas experiências. Uma pesquisa de Hilário e Reis (2009) que identificou os fatores que afetavam a qualidade de discussões sobre CSC, indica que diferentes grupos utilizam aspectos diferentes para fundamentar seus argumentos e escolhas. Alguns utilizam mais argumentos éticos, econômicos, sociais e políticos e outros grupos empregam argumentos científicos, o que também está relacionado com o conhecimento técnico. Isto confirma a relevância de realizar discussões com grupos heterogêneos, porque acaba gerando argumentos e perspectivas diferentes para um mesmo problema.

Adicionalmente as CSC são naturalmente multidisciplinares e incertas, visto que podem ser interpretadas de ângulos diversos, o que leva a diferentes conclusões, as quais tem pontos positivos e negativos. As CSC também abrangem conhecimentos que não estão disponíveis em dado momento, a chamada ciência de fronteira. Logo as CSC são contrárias aos problemas geralmente resolvidos nas aulas de ciências, estes costumam ser bem delimitados e podem ser resolvidos por conhecimentos específicos, objetivos e já estabelecidos, da ciência pronta, tendo uma única resposta certa (REIS, 2007).

Conjuntamente, as discussões sobre CSC também favorecem a aprendizagem dos conteúdos, porque estimulam a curiosidade e o interesse pelos conteúdos escolares (REIS, 2007). Inclusive a pesquisa realizada pelos estudantes para as discussões, seja de CSC ou de qualquer outro tema, estimula a autonomia do educando, o que o ajuda em todas as disciplinas escolares (SCHEID; REIS, 2016). A discussão de CSC pode ajudar na formação de cidadãos que tenham a

mente mais aberta, sejam mais receptivos a mudanças e busquem informação de forma criteriosa, organizada e com confiança em seu raciocínio (ZEIDLER; NICHOLS, 2009).

Nos anos iniciais da Educação a adição de CSC nas aulas é particularmente relevante. Muitos docentes defendem que não há tempo suficiente para ensinar ciência nas séries iniciais, priorizando português e matemática. No entanto, planejar e desenvolver unidades didáticas baseadas em CSC pode estimular habilidades como a leitura e o entendimento de conteúdos científicos e sociais (ZEIDLER; NICHOLS, 2009).

Uma questão importante lembrada por Zeidler e Nichols (2009) é que, na maioria das vezes, os educandos têm interesses que divergem dos objetivos educacionais. Isto é, alunos dificilmente pensam na tabela periódica, no atrito ou nas células, pensam na sua realidade diária e nos eventos que afetam diretamente sua vida. Desta forma, utilizar CSC pode ser uma forma de aproximar a ciência da realidade e torna-la mais atrativa e interessante aos estudantes.

Em relação a isso, Sadler (2004) afirma que existem dois tipos de CSC: as globais, que afetam o mundo todo, e as regionais, que são específicas da comunidade e são mais conhecidas e próximas dos alunos. O segundo tipo de CSC envolve mais os participantes, visto que os estudantes são afetados diretamente por elas, favorecendo a integração de conhecimentos experienciais e científicos, o que aproxima a ciência do cotidiano. Utilizar CSC globais, como aquecimento global e engenharia genética, contribui para as aulas, mas assuntos regionais podem ser mais fáceis de entender, por estarem mais próximos dos educandos.

Pensando nos objetivos das CSC é possível ver que estes se aproximam do propósito do movimento CTS. Contudo Zeidler e Nichols (2009) sustentam que as CSC são mais abrangentes que a Educação CTS. Enquanto esta enfatiza apenas as inter-relações entre CTS as CSC também englobam as relações éticas e morais da ciência, desenvolvendo a epistemologia e o caráter da criança. No sentido ético e moral, de acordo com Reis (1999), a discussão de CSC segue a lógica de: instigar e tocar os alunos para o assunto, reconhecer os valores individuais, compartilhar e examinar esses valores de modo a chegar num consenso e aplicá-los na tomada de decisão, explicitando no procedimento, as vantagens e desvantagens. Além disso, Sadler (2004) enfatiza que o movimento CTS se tornou bastante difuso ao longo do tempo, tendo abordagens díspares.

Todos os aspectos positivos da discussão sobre CSC discutidos até aqui fazem com que os alunos e professores aprovelem esta metodologia, como indicam vários trabalhos (LINHARES; REIS, 2009; HILÁRIO; REIS, 2009; DAWSON; VENVILLE, 2010; MUNDIM; SANTOS, 2012; RODRIGUES ET AL., 2015). Sintetizando, a discussão sobre CSC coloca os alunos para participar de debates e processos de tomada de decisões sobre assuntos científicos e tecnológicos, contribuindo para a formação de cidadãos participantes de uma sociedade democrática fundamentada em debates. Adicionalmente, estimula a discussão sobre a NdC ao evidenciar uma imagem mais real da ciência.

As CSC não são a única maneira de promover a reflexão sobre a NdC e, por consequência, a AC, mas podem ser um veículo poderoso para ajudar os professores a estimular o crescimento intelectual e social dos alunos. Se os estudantes devem pensar por si mesmos é preciso oportunizar situações de reflexão. Claro que as pessoas não vão se tornar grandes pensadores simplesmente sendo expostos à CSC, ao contrário produzir essa mudança é bastante difícil. No entanto, as CSC podem ser um campo para estimular o pensar sobre a NdC, a avaliação das informações e o desenvolvimento da argumentação (SADLER, 2004).

No entanto, desenvolver atividades didáticas em sala de aula com CSC também tem algumas dificuldades e é importante que os professores as conheçam para poder superá-las com mais facilidade. O próximo tópico deste capítulo dedica-se a esta questão.

4. 4 DESAFIOS DA DISCUSSÃO DE CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS

As CSC vão continuar a surgir independentemente da vontade da sociedade. Isto acontece em função dos avanços na ciência e na tecnologia e dos desafios produzidos pelo aumento da população mundial. Adicionalmente, a ciência e a tecnologia são inseparáveis da sociedade que as produz, o que torna a discussão desses assuntos praticamente obrigatória (SADLER, 2004).

No tópico anterior discutimos as vantagens da discussão sobre CSC, mas apesar disto, esta abordagem ainda é pouco usada nas aulas de ciências, até mesmo quando está presente nos conteúdos curriculares (REIS, 2007; HILÁRIO; REIS, 2009). É fundamental que as CSC sejam transportadas da teoria para a prática, porque esse tipo de atividade desafia o raciocínio moral dos alunos

(ZEIDLER; NICHLOS, 2009). Segundo Reis (1999), nas aulas de ciências, comumente, os professores e estudantes estão à espera da 'resposta certa' e conservam a visão de que os cientistas são donos de certezas e não exploradores de dúvidas. Como consequência, os indivíduos costumam sentir dificuldade de aceitar respostas relativas, que admitem várias opções a depender da interpretação e da realidade, e querem saber qual é a resposta certa e qual é a errada.

Além disso, é fato que a maioria dos docentes de ciências utiliza aulas expositivas, conseqüentemente, os educandos associam esta disciplina com este estilo de ensino e aprendizagem, que utiliza muito a memorização. Assim, os alunos aprendem apenas o conhecimento pronto, mas não como este foi construído, não compreendendo as dinâmicas sociais e epistêmicas da ciência (REIS; GALVÃO, 2006). A efetivação de discussões sobre CSC não depende apenas da criação de materiais didáticos, mas também dos docentes sentirem-se seguros para usá-los e terem convicção da importância deste tipo de abordagem.

Segundo Reis (2014), nas situações em que os professores desenvolvem atividades de discussões sobre CSC, estes as realizam em turmas mais jovens e não nas turmas do Ensino Médio. Isto ocorre por causa da pressão dos exames nacionais e vestibulares que garantem ou não o acesso dos alunos ao Ensino Superior. Estes exames praticamente não abordam as CSC, focando mais na memorização e utilização de termos e conceitos na resolução de exercícios. Isto dificulta a utilização de práticas comprometidas com a formação cidadã crítica, limitando as metodologias usadas. Exige-se que os professores utilizem questões parecidas com as que aparecem nos exames para que os alunos estejam preparados para realizar as provas. Assim, os docentes que realizam atividades diferentes são mal vistos pelos colegas de trabalho e pelos alunos por estarem 'desperdiçando tempo' (REIS, 2014).

Os principais desafios da abordagem com CSC para os professores e alunos estão resumidos no Quadro 5.

Indicar todos os desafios de desenvolver atividades com CSC não tem o objetivo de desestimular os professores, pelo contrário, se estas dificuldades existem é importante que os docentes as conheçam e tenham oportunidades de superá-las (ZEIDLER; NICHOLS, 2009). Todos os obstáculos podem ser superados se os professores estiverem convictos da importância da discussão sobre CSC, do objetivo do Ensino de Ciências como maneira de formar cidadãos críticos e

conscientes e das melhores estratégias didáticas para a concretização deste objetivo (REIS, 2007).

QUADRO 5 – DIFICULDADES PARA O USO DE CSC EM AULA.

Para os professores	Para os alunos
<p>Excesso de conteúdo e falta de tempo;</p> <p>Dificuldade de encontrar CSC adequadas aos conteúdos;</p> <p>Dificuldade na gestão e avaliação da atividade;</p> <p>Visões pouco elaboradas de ciência;</p> <p>Falta de preparo para desenvolver tais atividades;</p> <p>Poucas referências com propostas de atividades;</p> <p>Postura autoritária que impede atividades de discussão;</p> <p>Cobrança dos pais e alunos para ensinar os conteúdos do vestibular e Enem.</p>	<p>Dificuldade de falar em público;</p> <p>Dificuldade de tomar decisões;</p> <p>Dificuldade de pesquisar informações confiáveis;</p> <p>Alterar o costume de apenas sentar e ouvir e aprender a tomar iniciativa para falar.</p>

FONTE: a autora (2019).

A importância de superar as dificuldades é indicada na pesquisa de Hilário e Reis (2009). Os autores concluíram que estudantes que tiveram a oportunidade de discutir sobre CSC nas aulas de ciências diziam que a discussão os motivou a aprofundar o conteúdo e que isto ocorreu de forma autônoma, uma vez que estes queriam convencer os demais colegas de que seus argumentos eram fundamentados. Adicionalmente, a atividade de discussão desenvolveu a comunicação nos alunos mais tímidos e valorizou suas opiniões, o que incentivou o respeito próprio. Além disso, os discentes tiveram contato com assuntos que desconheciam antes. Esta pesquisa também indicou uma forma de realizar a avaliação de atividades de discussão, utilizando uma tabela em que alguns fatores são analisados, como: argumentação, objetividade, criatividade, apresentação de informações adicionais, dinamização, uso de conceitos científicos, organização, entre outros, como forma de valorização de atributos individuais (HILÁRIO; REIS, 2009).

Linhares e Reis (2009) realizaram uma pesquisa com 340 alunos de graduação e pós-graduação, de uma escola de ensino superior portuguesa, os questionando sobre as potencialidades educativas de algumas metodologias de ensino. As três metodologias que os estudantes consideraram que tem maior potencial educativo, em ordem decrescente de citações, foram: a atividade científica (como experiências práticas), a discussão (de modo geral) e a apresentação oral

pelo professor acompanhada de projeção multimídia (o ensino tradicional acompanhado de aparato tecnológico). Desta forma, esta pesquisa indica que os alunos valorizam atividades de discussão e acreditam que estas facilitam a aprendizagem (LINHARES; REIS, 2009). Os alunos citaram que os pontos negativos das discussões são: a dificuldade de avaliação, a falta de uma conclusão e ser um processo imprevisível. Em termos de avaliação os estudantes creem que devem ser analisada a qualidade das pesquisas realizadas, o cumprimento das tarefas solicitadas e a qualidade de um relatório final escrito (LINHARES; REIS, 2009).

Portanto, superar todas as dificuldades de desenvolver atividades de discussão sobre CSC e superar a pressão causada pelos exames nacionais requer que o professor: acredite na importância deste tipo de atividade, conheça as interações CTS e a NdC, tenha conhecimento para realizar as ações, participe de cursos de formação de professores, tenha vontade de mudar a sua prática, a escola, a comunidade e a sociedade (REIS, 2014).

4. 5 A ABORDAGEM DE CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS

Nos tópicos anteriores compreendemos a importância da discussão na Educação, o que são as CSC, as vantagens educativas de aulas baseadas nas CSC e as dificuldades destas. Agora vamos entender o que existe na literatura acerca da temática e conhecer exemplos de como colocá-las em prática.

Sadler (2004) fez uma pesquisa bibliográfica e analisou os trabalhos que abordavam CSC de forma prática e os encaixou em quatro categorias: argumentação sociocientífica, relações entre NdC e tomadas de decisões em CSC, avaliação de informações acerca de CSC e a influência do entendimento conceitual no raciocínio informal.

Na categoria argumentação sociocientífica Sadler (2004) encontrou pesquisas que indicam que a maioria dos alunos não apresenta argumentação de qualidade e têm tendência a fazer reivindicações sem justificativa adequada. Em alguns casos intervenções para a argumentação conseguiram estimular esta habilidade, em outros não surtiram o mesmo efeito. As intervenções mais frutíferas foram as que estimularam conexões entre os alunos e as questões discutidas, ou seja, em CSC locais. Segundo Sadler (2004) a maioria das intervenções não consegue efetivamente promover a habilidade da argumentação, pois esta é um

processo complexo, sendo necessário muito tempo e prática para ser desenvolvida. No entanto, os estudantes devem ser estimulados e estes se beneficiam com a instrução do professor de como interpretar evidências contraditórias, formar contra-argumentos e fornecer justificativas para suas reivindicações. Logo, é imprescindível que a discussão sobre CSC seja um processo contínuo, que ocorra em diversas ocasiões e aulas.

Na categoria relações entre NdC e tomadas de decisões em CSC Sadler (2004) constatou que as concepções que os indivíduos possuem sobre a NdC estão relacionadas com as decisões que as pessoas tomam em relação às CSC, sendo benéficas experiências que explorem temas da NdC. Os estudos sugerem que currículos com aspectos sociais, experimentais e empíricos da ciência seriam úteis quando é necessário discutir CSC.

A categoria que fala da influência do entendimento conceitual no raciocínio informal contém estudos que indicam que o primeiro é fundamental para o segundo, ou seja, é preciso entender os conceitos científicos para raciocinar sobre eles (SADLER, 2004).

A categoria avaliação de informações acerca de CSC continha pesquisas que apontaram que as análises que os estudantes fazem são inconsistentes e superficiais. Os participantes não são acostumados a refletir de forma abrangente sobre questões complexas, estes percebiam a necessidade de avaliar as informações, mas não sabiam como fazer.

Um fato importante da discussão sobre CSC é justamente a fonte de informação, uma vez que é relevante explorar diversas interpretações sobre um mesmo acontecimento para que os alunos conheçam outras perspectivas além das suas (REIS, 1999). Portanto, disponibilizar meios de informação variados, como vídeos, revistas, entrevistas, jornais, documentários, imagens, entre outros, estimula os estudantes (REIS, 2007). É interessante que os professores busquem a informação antes, como forma de assegurar que os estudantes tenham acesso a diversas perspectivas do tema e sejam confrontados com argumentos contraditórios. A internet torna-se uma importante fonte, porque indica aos alunos as reivindicações atuais da sociedade em relação à ciência (ZEIDLER; NICHLOS, 2009).

Segundo Reis (2006), outra fonte de informações importante para a discussão sobre CSC são os jornais. Estes são considerados relevantes, interessantes e estão atualizados, ao contrário dos livros e outros materiais didáticos

comuns que quase não tem espaço para assuntos recentes. Além disso, os jornais evidenciam a interdisciplinaridade da ciência e da tecnologia e a extensão social destes empreendimentos, indicando a influência da política e da economia nestes tópicos. Também evidencia que o conhecimento científico está presente nos acontecimentos do dia a dia e que tipos de argumentos são utilizados em discussões reais. Portanto, os docentes podem utilizar este meio de informação para atrair a atenção dos alunos e gerar a vontade de aprender.

Logo, são fontes de informação para a discussão sobre CSC: jornais, fotografias, programas de televisão, entrevistas, dados estatísticos, livros, quadros, artigos de revistas científicas, colóquios, poemas, entre outros. É fundamental ter variedade, porque alguns estudantes têm mais dificuldade com certos materiais do que com outros (REIS, 1999). Todos os meios de comunicação podem ser aproveitados nas aulas, cada qual com suas potencialidades educativas e formas de contextualizar as relações CTS e minimizar as imagens estereotipadas da NdC, ajudando os alunos a se tornarem expectadores críticos (REIS; GALVÃO, 2006).

Sadler (2004) coloca que as CSC costumam envolver conceitos científicos da chamada ciência de fronteira, por isso as pessoas acabam tendo que confiar nas fontes de informações, as quais podem ser jornais, sites, revistas (especializadas ou não), professores, políticos, amigos, familiares. Segundo o autor, as pesquisas que analisam como os indivíduos avaliam informações relativas às CSC apontam que a maioria das pessoas não estão preparadas para isto. Os estudos sugerem que a classificação da confiabilidade das fontes é realizada com base no valor aparente, utilizando critérios inconsistentes e superficiais. Estes dados revelam que a avaliação da credibilidade das informações deve ser um componente significativo do desenvolvimento de atividades envolvendo as CSC.

Durante a realização de discussões sobre CSC, alguns fatores podem afetar a qualidade da atividade. Hilário e Reis (2009) colocam que o tema é um destes fatores, pois quanto mais familiar o tema for para o aluno, ou seja, quanto mais próximo de sua realidade, mais ele se interessa e melhor é a discussão. Outros fatores são as características de quem organiza e de quem participa da discussão e a maneira como a atividade é organizada. Também influencia o nível de conhecimentos científicos sobre o tema que os envolvidos têm, a falta de compreensão dos conceitos dificulta a discussão e a tomada de decisões (HILÁRIO; REIS, 2009). Além disso, Reis (1999) coloca que é importante que o docente seja

um dinamizador neutro, sem expor sua opinião, para que os estudantes não acreditem que a opinião do professor é a 'resposta certa'. A neutralidade do docente é fundamental, afinal isto faz com que os alunos reconheçam sua autonomia, tendo a oportunidade de formular e expor suas opiniões. Ademais, o professor precisa: levar perguntas e problemas que gerem reflexão e autocrítica, manter o foco e o interesse da discussão, assegurar que a discussão seja igualitária, pedir que os estudantes fundamentem suas ideias, os ajudando no esclarecimento, estimular os alunos a construir ideias de forma conjunta, ajudar os estudantes a definir as prioridades, garantir que o tema seja adequadamente explorado. Segundo Zeidler e Nichols (2009), o professor deve direcionar, facilitar e estimular, mas o centro deve estar nos alunos, que vão desenvolver a investigação e o raciocínio para lidar com o problema.

Em termos do desenvolvimento das atividades de discussão de CSC o fator professor é muito importante. A forma como o docente encaminha sua aula depende da forma como este entende o currículo e a importância do Ensino de Ciências para a sociedade. Um exemplo disto pode ser visto na pesquisa de Reis e Galvão (2009), em que os autores analisaram o caso de uma professora que planejava suas aulas com base na ideia de construção do conhecimento em conjunto, pautada no uso de discussões e atividades investigativas e de pesquisa. Esta professora conduzia suas aulas desta maneira porque defendia que o Ensino de Ciências deveria formar cidadãos críticos e conscientes, preparados para tomar decisões e realizar discussões. Seu entendimento da ciência era de que esta é um empreendimento humano coberto de valores e controvérsias. A docente tinha esta visão por causa da sua formação e compreensão do objetivo do ensino e do currículo. Desta forma, este caso demonstra que o uso de atividades de discussão sobre CSC depende das convicções do professor sobre a importância desta prática. O desenvolvimento destas convicções e competências ocorre em oportunidades de formação inicial e continuada, que mostrem o potencial educativo da discussão, fazendo os professores mudar sua prática de sala de aula (REIS; GALVÃO, 2009).

Um exemplo de projeto que oferece aos professores formação para a discussão sobre CSC é o Projeto 'We Act', desenvolvido em Portugal. O projeto tem como objetivo promover a aprendizagem baseando-se na discussão e pesquisa de forma a estimular os estudantes e professores a participar de ações de discussão e resolução de problemas de forma democrática, como forma de desenvolver a

cidadania. São realizadas ações como forma dos alunos e professores aplicarem o conhecimento obtido nas discussões. Os objetivos são atingidos pela combinação da arte e da internet para desenvolver e aplicar materiais didáticos que ajudem os docentes e estudantes a desenvolver a cidadania. Uma pesquisa realizada por Reis (2014) indicou que os professores participavam do projeto porque tinham vontade de melhorar suas aulas e aumentar a motivação dos estudantes por estudar, preparando-os para a vida em sociedade. Depois de participar do projeto os docentes passavam a considerar a discussão e as ações desencadeadas por ela como parte fundamental da AC e reconheciam os estudantes como agentes de mudança da sociedade, não sendo apenas futuros cidadãos, mas cidadãos do presente. Vale destacar que as atividades foram realizadas apesar das dificuldades do meio, como currículos sobrecarregados, dificuldades de reconhecer controvérsias do cotidiano ou falta de costume dos alunos em discutir, mostrando que é possível superar os entraves da discussão de CSC.

Em relação aos aspectos das CSC, Kolsto (2001) coloca que existem oito tópicos que devem ser levados em conta para realizar atividades de discussão sobre CSC:

Ciência em formação e o papel do consenso na ciência. Quando um novo conhecimento é anunciado as pessoas costumam ficar animadas, mas leem a notícia com cuidado, pois querem saber se existe consenso entre os especialistas sobre a nova alegação. Assim, acaba sendo uma frustração para os alunos quando eles percebem a discordância entre cientistas e outros especialistas. Isto ocorre porque existem diferenças entre a ciência do livro didático e a ciência de fronteira que é característica das CSC. A primeira é uma *ciência pronta*, em que apresenta-se o produto final da investigação científica, caracterizado por um consenso estável entre os cientistas. Este produto é visto como uma afirmação incontroversa, um ‘fato’ científico, o qual está presente no livro didático. A segunda é uma *ciência em construção*, que é construída nos laboratórios de pesquisa, estando sujeita a discussões e revisões. Desacordos e debates são considerados naturais. Esta é a ciência comumente presente nas CSC e é justamente a falta de consenso que faz destas questões um problema. No entanto, a distinção entre a *ciência pronta* e a *ciência em construção* não é perfeitamente nítida. Existe uma área entre as duas em que ocorrem competições e colaborações até que, com o passar do tempo, possa emergir um consenso. Assim, “[...] o processo pelo qual as afirmações de

conhecimento sobre a natureza são transformadas em declarações sustentadas por consenso entre cientistas envolve crítica, argumentação e processos de revisão por pares.”²¹ (KOLSTO, 2001, p. 295, tradução nossa). Desta forma, se os alunos entendem que o processo científico é social e por meio do qual os cientistas examinam evidências e explicações de modo a chegar a um consenso, eles podem interpretar os debates e discordâncias sobre questões científicas envolvidas em CSC. Também podem perceber que, as vezes, é necessário tomar uma decisão sem conhecimento científico conclusivo. Todo esse processo leva os alunos a ter uma nova visão de ciência, desmistificando a imagem positivista de que o saber é resultado do trabalho de gênios (KOLSTO, 2001).

A ciência como um dos diversos domínios sociais. É importante lembrar que ao discutir uma CSC existem diversos domínios que precisam ser considerados para além do científico: social, político, econômico, cultural, ético, religioso... Nem todos são importantes para todos os problemas, é preciso selecionar o que é mais relevante. Em alguns casos o fator cultural pode ser mais importante que o científico, por exemplo, embora ainda possa contar. É importante frisar este ponto, pois muitas pessoas tem uma visão tecnocrática, de que as decisões devem ser tomadas pelos especialistas (KOLSTO, 2001).

Se, por meio da ciência escolar, quisermos estabelecer uma base mais sustentável para a educação de futuros cientistas e cidadãos, a conscientização de que a ciência é apenas um dos vários domínios sociais relevantes para a tomada de decisões sobre questões sociocientíficas não deve ser rejeitada (KOLSTO, 2001, p. 298, tradução nossa)²².

Declarações descritivas e normativas. Por vezes especialistas fazem relatórios com várias soluções e suas consequências para CSC, mas políticos tomam decisões baseados em valores. Assim, é necessário estar atento e saber identificar quando existem preconceitos e ideologias subjacentes para pedir provas e documentação (KOLSTO, 2001).

Demandas por evidências subjacentes. A neutralidade e objetividade são valorizadas na ciência. No entanto, um cientista não pode alcançá-las. Mas, estas

²¹ [...]the process by which knowledge claims about nature are turned into statements underpinned by consensus among scientists involves criticism, argumentation, and peer review processes.

²² If we, through school science, want to lay a more tenable foundation for the education of future scientists and citizens, raising awareness that science is but one of several social domains relevant to decision making on socioscientific issues should not be rejected.

questões deixam de ser importantes quando o consenso já está definido, como aparecem nos livros didáticos. Neste sentido as CSC são uma forma de evidenciar a não neutralidade da ciência (KOLSTO, 2001).

Modelos científicos são limitados. Os modelos científicos são construídos com base em dados empíricos e o modelo é testado em um determinado contexto experimental, que muitas vezes é uma simplificação do sistema real. Esta diferença pode gerar resultados diversos e as previsões destes modelos, mesmo quando são leis ou teorias aceitas pela comunidade científica, podem ser discutíveis. Kolsto (2001) cita um exemplo relacionado a leucemia. Alguns cientistas estavam realizando testes para relacionar a exposição ao campo magnético de linhas de transmissão de energia com o surgimento de leucemia. No entanto, outros cientistas afirmaram que não poderia existir relação entre os dois, pois a radiação eletromagnética da transmissão de alta voltagem não era capaz de ionizar e tinha baixa voltagem, não podendo danificar tecidos. No entanto, um tempo depois os cientistas estudaram o assunto mais a fundo e perceberam que existia relação entre os campos não ionizantes e fracos e o desenvolvimento da leucemia. “Então, deveríamos ter terminado o debate sobre a leucemia com base no conhecimento (ou hipótese?) de que somente radiação ionizante e radiação com alta intensidade podem causar danos aos tecidos?”²³ (KOLSTO, 2001, p. 300, tradução nossa). Com isso, pretende-se mostrar que os modelos devem ser considerados em relação ao contexto em são aplicados, para entender porque, as vezes, eles falham, o que não quer dizer que a ciência é irrelevante ou não confiável (KOLSTO, 2001).

Evidência científica. A ciência utiliza evidências, no entanto:

Em questões sociais com uma dimensão científica, os cidadãos engajados muitas vezes parecem frustrados porque as evidências que estão trazendo não são consideradas importantes. O problema não é necessariamente um desacordo sobre a demanda por evidência, mas os critérios que devem ser preenchidos para que a evidência seja considerada como tal (KOLSTO, 2001, p. 302, tradução nossa).²⁴

²³ So, should we have terminated the leukemia debate on the basis of the knowledge (or hypothesis?) that only ionizing radiation and radiation with high intensity may cause tissue damage?

²⁴ In social issues with a scientific dimension, engaged citizens often seem frustrated that the evidence they are bringing is not considered important. The problem is not necessarily a disagreement on the demand for evidence, but the criteria that have to be fulfilled for the evidence to be considered as such.

Isto ocorre porque nem todas as evidências são aceitas e valorizadas na ciência. Algumas vezes apenas os dados estatísticos são reconhecidos como importantes para a demonstração de teorias e leis, pois as evidências trazidas pelos cidadãos normalmente são pontuais. No entanto, as evidências pontuais também tem importância e, muitas vezes, geram a demanda por pesquisas mais profundas. O fato é que os dois tipos de evidências são importantes e devem ser considerados (KOLSTO, 2001).

Rejeição da crença. A ciência carrega diversos valores, alguns são compartilhados pela sociedade no geral. Mas, um valor muito importante no meio científico é o de aceitar um fato apenas se existirem evidências suficientes que o comprovem, ou seja, é a 'rejeição da crença', um ceticismo que os cientistas carregam. O objetivo deste valor é evitar interpretações errôneas e apressadas, o que deve ser utilizado em situações de tomada de decisão envolvendo CSC (KOLSTO, 2001).

Examinar as alegações de conhecimento relacionadas à ciência. As críticas e as argumentações são características importantes da construção do conhecimento científico, é como a '*ciência em construção*' torna-se a '*ciência pronta*'. Kolsto coloca que:

Confrontado com as vastas correntes de informação na sociedade moderna, é vital que os estudantes sejam treinados para olhar todas as afirmações que encontram em uma luz crítica. Em uma democracia, isso é sempre importante. Queremos que as opiniões sejam formadas e as decisões tomadas na melhor base possível. Portanto, é importante que tanto os cientistas em potencial quanto os leigos sejam treinados em argumentação e desenvolvam uma atitude crítica em relação à informação, às reivindicações de conhecimento e às linhas de argumentação (KOLSTO, 2001, p. 304, tradução nossa).²⁵

Dessa forma, os cidadãos devem solicitar aos especialistas esclarecimentos e evidências que comprovem seus argumentos, de forma a escrutinar a veracidade de uma informação. Sendo esta uma atitude fundamental durante as discussões de CSC. Perguntar é uma habilidade importante que os professores devem estimular

²⁵ Confronted with the vast currents of information in modern society, it is vital that the students are trained to look at all the assertions they meet in a critical light. In a democracy, this is always important. We want opinions to be formed and decisions to be made on the best possible basis. It is therefore important that both potential scientists and lay people are trained in argumentation and develop a critical attitude toward information, knowledge claims, and lines of argumentation.

nos estudantes, pois eles vão perceber que isto trará novas informações e facilitará a identificação de notícias e informes falsos (KOLSTO, 2001).

Entretanto, Reis (2013, 2014) coloca que as atividades de discussões podem sair da sala de aula e se tornar ações sociopolíticas fundamentadas. Existem vários projetos científicos e tecnológicos que causam inquietações na sociedade. O ensino pode promover o ativismo sociopolítico contra as injustiças sociais e ambientais. Este ativismo consciente leva os alunos a conhecer mais sobre as questões sociais e lhes mostra como fazer a diferença. Adicionalmente, estas iniciativas permitem a libertação do controle dos especialistas, empresas e mídia, saindo do mito da superioridade tecnocrática e diminuindo os sentimentos de impotência dos cidadãos.

Alguns exemplos de ações sociopolíticas que professores e alunos podem participar são: divulgar informações e esclarecimentos utilizando blogues, panfletos, campanhas em redes sociais, entre outros; mudar os próprios comportamentos, por exemplo, realizando reciclagem; participar de trabalhos voluntários; organizar grupos de luta por causas com objetivos definidos; propor soluções para problemas sociais. Realizar atividades como estas requer mudanças em todo o contexto de ensino, desde o sistema de avaliação até o currículo. Requer práticas de ensino centradas no aluno e nas CSC que sejam interessantes para ele, retirando o protagonismo do professor. O objetivo deixaria de ser apenas aprender os conhecimentos já existentes e sem relevância e utilidade para o aluno, para ser a compreensão das relações CTS e promoção das competências necessárias aos cidadãos ativos. Ao fazer isto, o professor assume que a ciência é um empreendimento humano e controverso em sua prática de sala. Os docentes e alunos se tornam construtores do currículo e das ações sociopolíticas (REIS, 2013).

Para realizar ações sociopolíticas os alunos e professores precisam:

- a) Conhecer as CSC e a NdC;
- b) Conhecer exemplos de ações sociopolíticas feitas por outros alunos;
- c) Estar envolvidos em pesquisas, discussões e resoluções de problemas (REIS, 2013).

As atividades de ação sociopolítica ajudam o aluno a se reconhecer como um cidadão de pleno direito que tem capacidade de discutir e agir. A sala de aula se baseia no respeito e na expressão de diferentes opiniões, sendo o professor um orientador. Como as crianças e jovens levam o que aprendem na escola para casa,

é uma forma de realizar mudanças e reconhecer que a solução de CSC não cabe só aos especialistas (REIS, 2013). Além disso, essas ações sociopolíticas podem melhorar o conhecimento dos alunos acerca das CSC e o bem estar da sociedade e do ambiente (REIS, 2014).

5 CAMINHO METODOLÓGICO DA PESQUISA

Neste capítulo vamos descrever o caminho metodológico da pesquisa. Trata-se de um estudo de natureza quantiqualitativa e do tipo estado do conhecimento. A constituição dos dados ocorreu no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a análise dos mesmos foi feita com base na Análise Textual Discursiva.

5.1 NATUREZA DA PESQUISA: QUANTIQUALITATIVA

A pesquisa educacional tem empreendido esforços para se consolidar como campo científico do conhecimento. Com isso existe uma preocupação com os métodos e metodologias usados nas pesquisas, com vistas a garantir a sustentação rigorosa e consistente dos conhecimentos produzidos (SOUZA; KERBAUY, 2017).

De acordo com Souza e Kerbauy (2017) existem duas principais abordagens em termos de metodologia: quantitativa e qualitativa. Com o tempo, acabou se instaurando uma dicotomia quantitativa-qualitativa, numa busca por identificar qual a melhor opção metodológica. Segundo Flick (2009) esta dicotomia surge em função de visões de mundo e de ciência diferentes. Pesquisadores de viés mais positivista defendem que as ciências devem ter um mesmo método e que a compreensão dos fenômenos ocorre pela mensuração e quantificação, ou seja, são defensores de abordagens mais quantitativas. Outro posicionamento defende que as ciências têm suas particularidades e podem ter métodos diferentes e que os fenômenos sociais, por exemplo, não podem ser quantificados e descritos da mesma forma que os naturais, sendo necessário o uso de abordagens mais qualitativas.

Desta forma, acabaram surgindo debates que tentavam evidenciar a superioridade da pesquisa qualitativa sobre a quantitativa e vice-versa, como se fossem metodologias incompatíveis e opostas. Filho e Gamboa (2002) mostram-se preocupados com esta dicotomia e reducionismo a apenas duas abordagens. No entanto, Souza e Kerbauy colocam que:

Uma consequência do conflito entre métodos quantitativos e métodos qualitativos foi o fortalecimento dos debates concernentes aos limites, desafios e perspectivas dessas abordagens, que suscitaram reflexões que negam a oposição ou a incompatibilidade entre quantidade e qualidade,

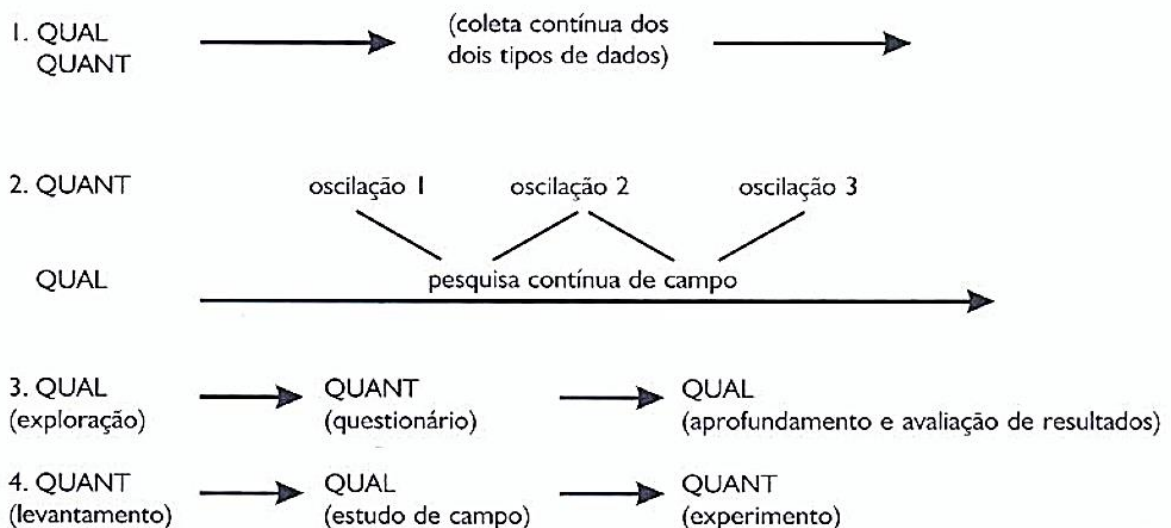
ênfatizando o posicionamento da complementaridade e a tese da unidade (SOUZA; KERBAUY, 2017, p.34).

As autoras colocam que isto levou alguns pesquisadores a reconhecer a complementariedade entre as abordagens, visto que devido a complexidade dos fenômenos sociais, estes são melhor entendidos com o uso de mais de uma metodologia, pela compreensão da quantidade e da qualidade. Assim, surge uma terceira abordagem chamada de mista, quantiquantitativa, qualiquantitativa, métodos múltiplos ou estudos triangulados, como forma de superar o dualismo técnico. “As abordagens de metodologia mista interessam-se por uma combinação pragmática entre pesquisa qualitativa e quantitativa, o que deverá pôr fim às guerras de paradigmas de tempos mais remotos.” (FLICK, 2009, p. 40).

Assim, nesta dissertação optamos por uma metodologia quantiquantitativa, pois “a realidade é multifacetada e, como tal, não é superficial afirmar que dados gerados por métodos distintos podem ser agregados, na perspectiva de compreensão das várias faces da realidade.” (SOUZA; KERBAUY, 2017, p. 37).

Segundo Flick (2009) podem existir quatro planos de integração entre a pesquisa qualitativa e a quantitativa, os quais estão representados na Figura 2.

FIGURA 2 - PLANOS DE INTEGRAÇÃO ENTRE PESQUISA QUALITATIVA E QUANTITATIVA.



FONTE: FLICK, 2009, p. 42.

O autor explica que no primeiro plano as duas abordagens são adotadas concomitantemente. No segundo plano ocorrem oscilações entre as metodologias a depender das observações de campo. O terceiro plano começa com um método qualitativo para exploração inicial, como uma entrevista semiestruturada, seguida de

uma etapa quantitativa, como um questionário, e finalizada com a análise qualitativa e aprofundada dos dados obtidos nos dois instrumentos. O quarto plano ocorre um levantamento quantitativo inicial, seguida do de um estudo de campo mais aprofundado e terminando com um experimento realizado em campo para testar os resultados anteriores. Esta pesquisa encaixa-se no primeiro plano de integração, pois utilizamos os dados quanti e qualitativos de forma concomitante.

Creswell (2013) também coloca que a pesquisa mista pode ter quatro desenhos diferentes: (i) triangulação: quando quantidades são comparadas e contrastadas com dados qualitativos obtidos simultaneamente, (ii) embutido: quando os dois tipos de dados (qualitativos e quantitativos), obtidos conjuntamente, se apoiam, (iii) explanatório: em que um grupo de dados é usado para explicar o outro e (iv) exploratório: quando os resultados qualitativos levam ao desenvolvimento de uma análise quantitativa. Sendo esta pesquisa categorizada como do tipo embutida.

O uso de métodos quantiqualitativos confere maior credibilidade e validade à pesquisa e evita reducionismos. Assim, investigações quantitativas e qualitativas não tem relação de oposição ou de continuidade e nenhuma é mais científica que a outra, ambas permitem a compreensão de fenômenos (SOUZA; KERBAUY, 2017, p. 37). E, segundo Filho e Gamboa (2002), a ciência busca, em seus momentos de 'crise', novos métodos que possam subsidiar suas análises, superando limitações. E no caso da Educação:

Os diferentes níveis, tipos e abordagens de problemas educacionais, e os diversos objetos de pesquisa requerem métodos que se adequem à natureza do problema pesquisado. Em última instância, porém, essas abordagens e metodologias precisam contribuir para a explicação e compreensão mais aprofundada dos fenômenos humanos que, pela sua grande complexidade, necessitam ser pesquisados sob os mais diferentes ângulos e segundo as mais variadas metodologias (FILHO; GAMBOA, 2002, p. 54).

Deste modo, optamos por utilizar uma abordagem quantiqualitativa nesta pesquisa. Assim, triangulamos as análises qualitativas, realizadas com base na Análise Textual Discursiva, com os resultados quantitativos das categorias e descritores.

5. 2 METODOLOGIA DA PESQUISA: ESTADO DO CONHECIMENTO

A metodologia de pesquisa utilizada neste estudo é o estado do conhecimento. Alguns pesquisadores também chamam esta metodologia de estado da arte, tratando os dois termos como sinônimos. No entanto, neste trabalho são consideradas metodologias diferentes, não em termos de objetivo final, mas em função do tipo de dado constituído. A seguir iremos definir o que são esses dois tipos de pesquisa de forma conjunta e posteriormente indicaremos a diferença.

Com o aumento dos programas de pós-graduação e das pesquisas em Ensino e Educação nos últimos anos muitas pesquisas vêm sendo realizadas com a denominação de 'estado da arte' ou 'estado do conhecimento' (ROMANOWSKI; ENS, 2006). Romanowski e Ens (2006, p. 40) escreveram que "o termo estado da arte resulta de uma tradução literal do inglês", essas pesquisas são de caráter bibliográfico e buscam mapear e explicar a produção de conhecimento em certa área, destacando os aspectos que são privilegiados em algumas épocas e lugares (FERRERIA, 2002). São importantes porque permitem "o agrupamento de informações que serão localizadas, construindo assim uma importante fonte de dados" (CARVALHO; GAMBOA, 2014, p. 174).

Segundo Romanowski e Ens (2006, p. 38) as perguntas "quais são os temas mais focalizados? Como estes têm sido abordados? Quais as abordagens metodológicas empregadas? Quais contribuições e pertinência destas publicações para a área?" movem o pesquisador do estado da arte ou do conhecimento. Ou seja, tratam-se de pesquisas que buscam outras pesquisas sobre um determinado tema com o objetivo de entender como a área está se desenvolvendo, o que já é consenso e o que é dissenso e o que falta ser estudado. E este é exatamente o objetivo que temos nesta dissertação.

Faltam estudos que realizem um levantamento e mapeiem o já existente e apontem as lacunas, organizando os trabalhos realizados em determinada área e evidenciando os avanços e contribuições para a sociedade (ROMANOWSKI; ENS, 2006). Palanch e Freitas (2015) também salientam que "ainda há poucos autores e pesquisadores que se dedicam à realização de amplas pesquisas do tipo Estado da Arte e, menos ainda, aqueles que escrevem e teorizam sobre esse tipo de pesquisa" (PALANCH; FREITAS, 2015, p. 785). Os autores também dizem que:

Parece-nos que o Estado da Arte, enquanto metodologia de pesquisa, ainda encontra-se envolto em um grande mistério, não apenas em seu formato e forma de coleta de dados, mas também na análise desses dados, impossibilitando, assim, que os conceitos obtidos em diferentes manuais de pesquisa científica sejam revistos e ampliados. Ao buscarmos informações específicas sobre esta metodologia, entraremos em uma seara ainda bastante complexa, encontrando quase sempre o silêncio dos antigos compêndios, ou indicações que se resumem basicamente no formato catalográfico (PALANCH; FREITAS, 2015, p. 785).

Ou seja, ainda existem algumas dúvidas em relação a esta metodologia. No entanto, a diferença entre estado da arte e estado do conhecimento já é conhecida na literatura. Segundo Romanowski e Ens, é preciso distinguir que trabalhos de estado da arte:

[...] recebem esta denominação quando abrangem toda uma área do conhecimento, nos diferentes aspectos que geraram produções. Por exemplo: para realizar um ‘estado da arte’ sobre ‘Formação de Professores no Brasil’ não basta apenas estudar os resumos de dissertações e teses, são necessários estudos sobre as produções em congressos na área, estudos sobre as publicações em periódicos da área. O estudo que aborda apenas um setor das publicações sobre o tema estudado vem sendo denominado de ‘estado do conhecimento’ (ROMANOWSKI; ENS, 2006, p. 39-40).

Deste modo, esta pesquisa é do tipo estado do conhecimento porque analisamos apenas as teses e dissertações sobre CSC (esta escolha e os procedimentos de constituição de dados são explicados em mais detalhes no próximo tópico deste capítulo). Para ser um estado da arte deveríamos estudar também os artigos de periódicos e os anais de todos os eventos da área.

A justificativa para a realização e estados da arte ou do conhecimento é a falta de informações acerca dos estudos desenvolvidos numa área, neste caso sobre as CSC. A variedade de investigações e enfoques dados para um assunto só vai ser efetiva quando ocorrer uma análise articulada que evidencie os avanços, resultados e incoerências existentes (FERREIRA, 2002). E essas investigações “podem conduzir a plena compreensão do estado atingido pelo conhecimento a respeito de determinado tema – sua amplitude, tendências teóricas, vertentes metodológicas” (ROMANOWSKI; ENS, 2006, p. 40). A evolução da ciência exige que de tempos em tempos se organize as informações existentes, buscando as lacunas a pesquisar e as relações entre resultados aparentemente autônomos (FERRERIA, 2002). No campo da educação é importante acompanhar a evolução das teorias e práticas para aplicar na sala de aula (ROMANOWSKI; ENS, 2006).

Os estados da arte ou do conhecimento costumam analisar teses, dissertações, publicações em revistas científicas e comunicações em congressos e seminários mostrando:

[...] como se dá a produção do conhecimento em uma determinada área de conhecimento em teses de doutorado, dissertações de mestrado, artigos de periódicos e publicações. Essas análises possibilitam examinar as ênfases e temas abordados nas pesquisas; os referenciais teóricos que subsidiaram as investigações; a relação entre o pesquisador e a prática pedagógica; as sugestões e proposições apresentadas pelos pesquisadores; as contribuições da pesquisa para mudança e inovações da prática pedagógica; a contribuição dos professores/pesquisadores na definição das tendências do campo de formação de professores (ROMANOWSKI; ENS, 2006, p. 39).

Que são justamente as questões que buscamos entender no que se refere às CSC e à NdC.

As fontes básicas para o levantamento de dados são as bibliotecas físicas e virtuais das universidades, institutos, faculdades, associações e órgãos de fomento da pesquisa (FERRERIA, 2002). Neste caso foi utilizada uma biblioteca virtual: o Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, que será detalhado no próximo tópico. No momento da coleta das publicações que serão analisadas, é preciso atentar para escolher trabalhos que abordem o tema pesquisado e que devem:

[...] ter sido avaliados por um Comitê Científico, que de certo modo constituem estudos referenciais. Desse modo, vai se configurando uma tendência na escolha do material que poderá constituir-se como *corpus* de estudo nos estados da arte. Tratam-se de estudos convalidados, como teses e dissertações, que são resultados de pesquisas analisadas por bancas, publicações de periódicos de referência nacional e trabalhos apresentados em congressos (ROMANOWSKI; ENS, 2006, p. 45).

Como analisamos apenas teses e dissertações sabemos que estas passaram pelo crivo de uma banca e podem ser considerados estudos referenciais.

O pesquisador do estado da arte ou do conhecimento tem dois momentos de trabalho. O primeiro é de quantificação e identificação dos dados bibliográficos, buscando mapear a produção num determinado período, local e área do conhecimento. Isso permite perceber variações na produção ao longo do tempo e nos espaços. Além disso, trabalha-se com dados concretos com localização específica. O segundo momento é de analisar os resultados, buscando tendências nos assuntos, metodologias, fundamentações teóricas, destaques. Também se

procura relacionar trabalhos diferentes, evidenciando pontos contrários e em comum. A primeira parte responde as questões 'quanto', 'quando', 'onde' e 'quem' e a segunda é sobre 'o quê', 'como' e 'por quê' (FERREIRA, 2002). Nesta pesquisa, estas etapas foram realizadas por meio da Análise Textual Discursiva, como será detalhado nos próximos tópicos.

Segundo Romanowski e Ens (2006), os passos para desenvolver um estado da arte ou do conhecimento são:

- definição dos descritores para direcionar as buscas a serem realizadas;
- localização dos bancos de pesquisas, teses e dissertações, catálogos e acervos de bibliotecas, biblioteca eletrônica que possam proporcionar acesso a coleções de periódicos, assim como aos textos completos dos artigos;
- estabelecimento de critérios para a seleção do material que compõe o *corpus* do estado da arte;
- levantamento de teses e dissertações catalogadas;
- coleta do material de pesquisa, selecionado junto às bibliotecas de sistema COMUT ou disponibilizados eletronicamente;
- leitura das publicações com elaboração de síntese preliminar, considerando o tema, os objetivos, as problemáticas, metodologias, conclusões, e a relação entre o pesquisador e a área;
- organização do relatório do estudo compondo a sistematização das sínteses, identificando as tendências dos temas abordados e as relações indicadas nas teses e dissertações;
- análise e elaboração das conclusões preliminares (ROMANOWSKI; ENS, 2006, p. 43).

Esses passos são criticados por Palanch e Freiras (2015):

[...] tais caminhos metodológicos tornaram-se restritos demais, e já não abarcam as diferentes possibilidades e formas de conhecimento de um tema de estudo, que vão bem além da revisão bibliográfica ou catalográfica. Além disso, destacamos a fragilidade verificada em tais considerações ao não levarem em conta os avanços e retrocessos que compõem qualquer tipo de pesquisa qualitativa, durante todo o seu processo de construção, que, no caso dessa modalidade, nunca cessa (PALANCH; FREITAS, 2014, p. 786).

Neste sentido, concordamos com Palanch e Freitas (2014), pois o andamento da pesquisa foi realmente mais complexo do que os passos lineares descritos por Romanowski e Ens (2006). Por vezes foi necessário voltar em etapas anteriores, por exemplo.

Os estados da arte ou do conhecimento encaminham novas pesquisas, porque geram as perguntas:

- como a produção atual efetivamente contribui para o avanço do conhecimento da área?
- qual a relevância e a consistência do conhecimento produzido, considerando-se as categorias e subcategorias analisadas?
- quais são as consequências políticas, sociais, metodológicas, resultantes desses estudos?
- quais as contribuições desses estudos para o cotidiano escolar dos professores?
- quais as possibilidades de generalização, a partir de similaridades e integração dos resultados das diversas regiões e que exigem iminência nas políticas públicas?
- os estudos sobre a temática podem auxiliar o delineamento de políticas públicas?
- quais políticas e estratégias têm sido executadas a partir da produção diretamente relacionada ao tema? (ROMANOWSKI; ENS, 2006, p. 46).

No entanto, existem críticas sobre o estado da arte ou do conhecimento. Alguns pesquisadores consideram que não se tratam de pesquisas ‘verdadeiras’ e sim de simples numeração da quantidade de investigações realizadas. Mas, é importante destacar, como fizeram Romanowski e Ens (2006, p. 39) que esses trabalhos “[...] não se restringem a identificar a produção, mas analisá-la, categorizá-la e revelar os múltiplos enfoques e perspectivas” e que possibilitam “[...] uma visão geral do que vem sendo produzido na área e uma ordenação que permite aos interessados perceberem a evolução das pesquisas na área, bem como suas características e foco, além de identificar as lacunas ainda existentes.” (ROMANOWSKI; ENS, 2006, p. 41). Outros autores concordam que o estado da arte ou do conhecimento “não está limitado exclusivamente a uma metodologia quantitativa, ele permite iniciar e realizar análises qualitativas” (CARVALHO; GAMBOA, 2014, p. 180). Esta pesquisa, por exemplo, não foi uma simples numeração de quantidades.

Uma das dificuldades do trabalho de estado da arte ou do conhecimento é a falta de homogeneidade entre as publicações. Os resumos de teses e dissertações, por exemplo, por vezes são confusos e incompletos e apresentam erros teóricos, confusão entre metodologia de pesquisa, instrumentos de constituição de dados e metodologia de análise dos mesmos (ROMANOWSKI; ENS, 2006). Existe a ideia de que apenas lendo o resumo não é possível traçar uma visão da ‘verdadeira pesquisa’ e a análise só poderia ser feita corretamente com a leitura completa dos trabalhos (FERREIRA, 2002). Nesse sentido, Ferreira (2002) argumenta que:

Deve-se reconhecer que os resumos oferecem uma História da produção acadêmica através de uma realidade constituída pelo conjunto dos

resumos, que não é absolutamente a mesma possível de ser narrada através da realidade constituída pelas dissertações de mestrado e teses de doutorado, e que jamais poderá ser aquela narrada pela realidade vivida por cada pesquisador em sua pesquisa. Os resumos das pesquisas analisadas contam uma certa realidade dessa produção. Haverá **tantas** histórias sobre a produção acadêmica quantos resumos (de uma mesma pesquisa) forem encontrados (FERREIRA, 2002, p. 268, grifo do autor).

Ou seja, a leitura dos resumos dá ao pesquisador uma visão geral do que foi feito numa área e com isso sua pesquisa do estado da arte ou do conhecimento é **uma** das possibilidades de entendimento dos estudos. A leitura completa dos trabalhos poderia gerar outras análises e contar outra história sobre a produção científica da área. No caso desta pesquisa, optamos pela leitura de outras partes das teses e dissertações além dos resumos, pois estes nem sempre eram completos. Analisar a presença e discussão da NdC, por exemplo (ver capítulo 7), não seria possível apenas lendo os resumos.

Outra dificuldade é a consulta aos materiais, pois alguns não estão disponíveis online. Diversas revistas científicas têm tiragem limitada, o que impede a distribuição em todas as bibliotecas. Algumas teses e dissertações não são publicadas e só estão disponíveis nas bibliotecas de seus programas de pós-graduação. Assim, por vezes é necessário procurar em diversos sites e bibliotecas, o que torna o acesso restrito e demorado (ROMANOWKI; ENS, 2006). Nesta pesquisa utilizamos o Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES como biblioteca de busca. Como explicamos melhor no tópico adiante, em tese, todas as teses e dissertações defendidas depois de 1987 deveriam estar no catálogo. No entanto, sabemos que, por vezes, alguns trabalhos não são adicionados lá.

5. 3 CONSTITUIÇÃO DOS DADOS

A constituição dos dados ocorreu no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. Trata-se de um banco online onde todos os programas de pós-graduação deveriam alocar cópias das teses e dissertações defendidas, que existe desde 1987 com o objetivo de divulgar as pesquisas realizadas (CAPES, 2010). Assim:

O anteriormente denominado de Banco de Teses e Dissertações começou a ser alimentado pelo aplicativo Coleta em 1987. A partir de 1996, continuou a ser atualizado pelo aplicativo eletrônico chamado Cadastro de Discentes.

Atualmente, tanto os metadados quanto os arquivos completos das teses e dissertações são informados diretamente à Capes pelos programas de pós-graduação, que se responsabilizam pela veracidade dos dados, na Plataforma Sucupira e sincronizados periodicamente com o Catálogo (CAPES, 2010, não paginado).

Ou seja, teoricamente, todas as teses e dissertações defendidas depois de 1987 devem estar disponíveis no Catálogo. Por isso, este foi escolhido como local de constituição dos dados, afinal trata-se de um dos bancos mais completos de teses e dissertações existentes no Brasil.

Para encontrar teses e dissertações no Catálogo da CAPES utilizam-se termos de busca na chave inicial do site, então o sistema os identifica nos títulos, resumos e palavras-chave das teses e dissertações ou nos títulos dos projetos. Por isso, após identificar as teses e dissertações é preciso ler os resumos para verificar se estas são mesmo sobre o tema que se busca, pois algumas vezes o termo de busca aparece no título do projeto, mas não necessariamente foi objeto da pesquisa.

O catálogo também conta com outros descritores que podem ser utilizados para refinar as buscas. Os descritores disponíveis são: **tipo** (dissertação acadêmica ou profissional, tese ou trabalho de conclusão de curso profissionalizante), **ano de defesa**, **autor**, **orientador**, **banca**, **grande área do conhecimento** (área geral, por exemplo, Ciências Exatas e da Terra), **área do conhecimento** (mais específico, por exemplo, Química), **área de avaliação** (são as áreas em que os programas de pós-graduação são avaliados pela CAPES), **nome do programa de pós-graduação**, **instituição** e **biblioteca** (onde as teses e dissertações se encontram).

No caso da presente investigação utilizamos como termos de busca 'controvérsia sociocientífica', 'controvérsias sociocientíficas', 'questão sociocientífica', 'questões sociocientíficas', 'assunto controverso', 'assuntos controversos', 'tema controverso', 'temas controversos', 'aspecto sociocientífico' e 'aspectos sociocientíficos'.

Em seguida, utilizamos dois descritores de restrição: **tipo**, em que nos restringimos apenas as dissertações de mestrado profissional e acadêmico e as teses, e **área de avaliação**, escolhemos apenas as áreas Ensino e Educação. Assim, foram realizadas dez buscas, uma para cada termo, sendo recolhidas as teses e dissertações defendidas até 2017. Após cada uma delas as teses e dissertações encontradas eram catalogadas em uma planilha de Excel®. Depois que todas as buscas foram finalizadas, foram excluídas as teses e dissertações

repetidas. Algumas teses e dissertações apareceram em mais de uma busca, por exemplo, algumas que apareceram para o termo 'controvérsia sociocientífica' também eram mostradas para o termo 'questão sociocientífica' e assim por diante. Depois de eliminar as repetições os resumos foram lidos de modo a verificar se as teses e dissertações eram realmente sobre CSC. Afinal, as vezes os termos de busca apareciam no título do projeto, por exemplo, mas não eram necessariamente sobre o tema. Assim, ao final das exclusões restaram 71 teses e dissertações sobre a temática desejada. No entanto, duas teses e dissertações não foram encontradas mesmo após intensa busca na internet e de envio de e-mail aos autores. Logo, restaram 69 teses e dissertações, as quais foram os objetos das análises realizadas e estão descritas e codificadas no Quadro 6. Esta busca foi realizada pela última vez em fevereiro de 2019.

QUADRO 6 - TESES E DISSERTAÇÕES UTILIZADAS NESTE ESTADO DO CONHECIMENTO.

(continua)

Código	Ano	Referência
D1	2001	SILVA, L. F. A temática ambiental e o ensino de física na escola média: a produção de energia elétrica em larga escala como um tema controverso. 172 f. Dissertação (Mestrado em Educação Escolar) - Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, 2001.
D2	2005	HERNÁNDEZ, V. A. N. Educação ambiental e temas controversos: os conflitos socioambientais no contexto de um processo de formação continuada. 160 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho/Rio Claro, Rio Claro, 2005.
D3	2010	CARMO, B. C. R. Padrões morais, valores e conceitos empregados por alunos de ensino fundamental em discussões sociocientíficas. 190 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências - Modalidades Física, Química e Biologia) - Universidade De São Paulo, São Paulo, 2010.
D4	2010	ASEM, E. C. A. D. Argumentos, conhecimentos e valores em respostas a questões sociocientíficas - um caso no ensino fundamental. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências - Modalidades Física, Química e Biologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
D5	2010	BARBOSA, L. G. D. O debate sobre o aquecimento global em sala de aula: o sujeito dialógico e a responsabilidade do ato frente a um problema sócio-científico controverso. 80 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
D6	2010	LOPES, N. C. Aspectos formativos da experiência com questões sociocientíficas no ensino de ciências sob uma perspectiva crítica. 230 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, Bauru, 2010.
T1	2010	PEREZ, L. F. M. A abordagem de questões sociocientíficas na formação continuada de professores de ciências: contribuições e dificuldades. 351 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, Bauru, 2010.

T2	2011	GUIMARÃES, M. A. Raciocínio informal e a discussão de questões sociocientíficas: o exemplo das células-tronco humanas. 222 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, 2011.
D7	2012	CARNIO, M. P. O Significado Atribuído por Licenciados ao Currículo de Biologia sob uma Perspectiva CTSA. 195 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, Bauru, 2012.
D8	2012	PEREIRA, G. F. S. Apropriação de conhecimentos científicos: uma abordagem aos alimentos transgênicos. 119 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.
T3	2012	PENHA, S. P. Atividades sociocientíficas em sala de aula de física: as argumentações dos estudantes. 485 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências - Modalidades Física, Química e Biologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
T4	2012	MENDES, M. R. M. A argumentação em discussões sociocientíficas: o contexto e o discurso. 211 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
D9	2013	SOUSA, G. P. Educação CTS e genética, elementos para a sala de aula: potencialidades e desafios. 317 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Formação de Professores) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Jequié, 2013.
D10	2013	SANTOS, P. G. F. O tratamento de questões sociocientíficas em um grupo de professores e a natureza do processo formativo fundamentado em uma perspectiva crítica. 209 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, Bauru, 2013.
D11	2013	SILVA, A. K. M. Abordagem de temas CTS em uma escola particular: análise de uma experiência vivenciada. 158 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
T5	2013	BORTOLETTO, A. Formação Continuada de Professores: A Experiência de uma Temática Sociocientífica na Perspectiva do Agir Comunicativo. 237 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, Bauru, 2013
T6	2013	TEIXEIRA, C. H. S. Enfoque CTSA no ensino de astronomia: uma investigação de possibilidades por meio da astronáutica. 203 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, Bauru, 2013.
T7	2013	LOPES, N. C. A constituição de associações livres e o trabalho com as questões sociocientíficas na formação de professores. 389 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, Bauru, 2013.
D12	2014	SILVA, V. H. D. Limites e possibilidades na inserção de questões sociocientíficas: um estudo com professores da educação básica. 113 f. Dissertação (Mestrado em EDUCAÇÃO) - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE, Niterói, 2014.
D13	2014	MARCELINO, L. V. Compreensões de professores sobre abordagens da biotecnologia no ensino de química. 283 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

D14	2014	TOLEDO, V. A. O. Ações didáticas de um professor de física sobre uma questão sociocientífica. 105 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014.
D15	2015	LEITE, V. L. O estudo das diversas formas de produção de energia em uma abordagem ctsa: buscando indícios de alfabetização científica de estudantes do ensino médio. 112 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.
D16	2015	STADLER, J. P. Análise de aspectos sociocientíficos em questões do Enem: subsídio para a elaboração de material didático para a formação cidadã. 115 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
D17	2015	SOUSA, P. S. Argumentação centrada em questões sociocientíficas e educação problematizadora: possibilidades para o ensino de ciências. 148 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2015
T8	2015	BARBOSA, L. G. D. Circulação de sentidos e posicionamentos dos sujeitos na abordagem do aquecimento global como tema controverso: um olhar Bakhtiniano. 270 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015
T9	2015	PEDRANCINI, V. D. Percepção pública da ciência e da tecnologia dos medicamentos: subsídios para o ensino de ciências. 317 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, Bauru, 2015.
T10	2015	DUSO, L. A discussão de controvérsias sociocientíficas: uma perspectiva integradora no ensino de ciências. 248 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.
T11	2015	SIERRA, D. F. M. Compreensões sobre a natureza da ciência de licenciandos a partir da experiência com questões sociocientíficas: possibilidades para a formação inicial. 248 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, Bauru, 2015.
D18	2016	OLIVEIRA, T. C. Educação CTS: uma experiência didática com o tema substâncias psicoativas. 217 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2016.
D19	2016	ANDRADE, M. A. S. Construção e Aplicação de uma Sequência Didática Colaborativa a partir de uma Questão Sociocientífica sobre Agrotóxicos na Perspectiva CTSA. 233 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História Das Ciências) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.
D20	2016	SILVA, D. P. As dimensões ética e científica na formação para tomada de decisão sobre uso de animais nas ciências em um contexto de educação cts. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.
D21	2016	COSTA, L. C. Biologia no ensino médio: os transgênicos em questão. 95 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Centro Universitário Moura Lacerda, Ribeirão Preto, 2016.
D22	2016	MELO, V. F. O júri simulado como recurso didático para promover argumentações na formação inicial de professores de física. 152 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

D23	2016	MARTINS, M. R. Ensino Explícito e Integrado de Natureza da Ciência e Argumentação em um Contexto Sociocientífico para Estudos de Química do Ensino Médio. 174 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.
D24	2016	LENHARO, A. F. L. A potencialidade do uso de questões sociocientíficas para a produção do gênero do discurso dissertação escolar. 155 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Docência para a Educação Básica) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, Bauru, 2016.
D25	2016	RAMIREZ, N. K. G. Produção de significados por professores de ciências sobre currículo centrado em questões sociocientíficas: contribuições para a formação do professor pesquisador. 117 f. Dissertação (Mestrado em Educação nas Ciências) - Univ. Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2016.
D26	2016	FIGUEIRA, M. J. S. Contribuição de Práticas Argumentativas Para a Democratização de Debates Científicos em Aulas De Física. 147 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, Bauru, 2016.
D27	2016	CARNEIRO, G. A. A interação museu-escola sob o referencial teórico metodológico das ilhas interdisciplinares de racionalidade. 165 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, Bauru, 2016.
D28	2016	SILVA, M. A. A. Ciência, tecnologia e sociedade, experimentação e formação inicial de professores de química: explorando possibilidades. 418 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Formação de Professores) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Jequié, 2016.
D29	2016	MELLO, T. E. T. Diferentes abordagens no desenvolvimento de uma sequência de ensino CTSA/QSC sobre aquecimento global por três professores em escolas públicas de minas gerais. 110 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação e Docência) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.
D30	2016	TEIXEIRA, A. M. Questões sociocientíficas na sala de aula de Ciências no ensino fundamental na perspectiva do agir comunicativo. 142 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.
D31	2016	DUTRA, L. C. M. Unidade, diversidade e continuidade celular: repensando o ensino de células no ensino médio. 136 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2016.
T12	2016	SILVA, S. M. B. A moral em questões sociocientíficas no ensino de biologia. 271 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
T13	2016	BARBOSA, L. C. A. A problematização do princípio da precaução na formação do técnico agrícola: reflexões para o enfrentamento da racionalidade instrumental a partir de uma questão sociocientífica. 351 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
T14	2016	SOBRINHO, M. F. Temas sociocientíficos no Enem e no livro didático: limitações e potencialidades para o ensino de Física. 349 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
T15	2016	RIBEIRO, K. D. F. Formação de professores de ciências naturais em uma perspectiva interdisciplinar e crítica: reflexões sobre a contribuição da vivência com questões sociocientíficas na mobilização e aprendizagem de conhecimentos para a docência. 357 f. Tese (Doutorado em Educação em

		Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.
T16	2016	SILVA, K. M. A. E. Questões sociocientíficas e o pensamento complexo: tessituras para o ensino de ciências. 303 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
D32	2017	SILVA, V. H. S. Projeto 'Redepesca': debates sobre Atividades Pesqueiras na Educação Profissional de Nível Médio. 130 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação em Ciências e Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Vitória, 2017.
D33	2017	SILVA, R. M. Argumentação no ensino de ciências e temas controversos: possibilidades para pensar a embriologia nas aulas da educação básica. 97 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Docência em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.
D34	2017	CALDERAN, A. P. Ensino e aprendizagem de química a partir da temática 'tintas para tatuagem'. 234 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Federal De Santa Maria, Porto Alegre, 2017.
D35	2017	ARAUJO, S. N. Produção de uma sequência didática com abordagem socioambiental na educação de jovens e adultos. 108 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação e Docência) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.
D36	2017	SANTOS, J. C. Ética ambiental no ensino de ciências a partir de questões sociocientíficas para a educação básica. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.
D37	2017	SILVA, D. K. A controvérsia agroecológica em uma abordagem intercultural de educação científica: a biodiversidade nos discursos de licenciandos do campo. 116 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2017.
D38	2017	GONÇALVES, M. B. Concepções de licenciandos de ciências biológicas e professores de ciências sobre mudanças climáticas: relacionando educação ambiental e educação em ciências a partir da abordagem de controvérsias sociocientíficas. 111 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Saúde) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
D39	2017	OLIVEIRA, J. R. Proposta de uma Sequência Didática fundamentada na Teoria Ator Rede: O Estatuto do Embrião. 126 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.
D40	2017	FADINI, G. P. Desenvolvimento de um projeto de educação alimentar com enfoque CTS/CTSA no contexto do ensino médio público. 110 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação em Ciências e Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Vitória, 2017.
D41	2017	VALE, W. K. M. Um olhar sobre os processos de apropriação e objetivação da abordagem de questões sociocientíficas na formação de professores de ciências naturais. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.
D42	2017	GOMES, L. C. A. Funções orgânicas e aulas temáticas: uma proposta de atividade em uma feira livre. 93 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Nilópolis, 2017.
D43	2017	MANTOVANI, E. E. Práticas curriculares e questões sociocientíficas: possibilidades para um ensino de ciências reflexivo. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ensino e História das Ciências e da Matemática) - Universidade

		Federal do ABC, Santo André, 2017.
D44	2017	OLIVEIRA, D. A. A. S. Tessituras sociocientíficas no contexto da horta escolar: com o protagonismo infantil das narrativas à produção literária. 195 f. Dissertação (Mestrado Profissional em ENSINO DE CIÊNCIAS) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Nilópolis, 2017.
D45	2017	GOMES, T. M. Formação continuada de professores por meio da investigação-ação: resistência e autonomia docente na abordagem de questões sociocientíficas. 107 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.
D46	2017	MOREIRA, C. S. Questões sociocientíficas e mediação pedagógica: contribuições para o ensino de ciências. 154 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Científica e Matemática) - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2017.
D47	2017	SILVA, A. E. M. Implementação das questões sociocientíficas (qscs) no processo de ensino e aprendizagem da física no ensino médio Manaus. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.
D48	2017	SANTANA, R. C. M. Projeto 'mascavo': educação química a partir dos estudos culturais da construção social de ciência e tecnologia da produção artesanal de açúcar. 156 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação em Ciências e Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Vitória, 2017.
D49	2017	PINHEIRO, A. D. A inserção de questões sociocientíficas na prática docente dos participantes do pibid biologia da UFABC. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ensino e História das Ciências e da Matemática) - Universidade Federal do ABC, Santo André, 2017.
T17	2017	SANTOS, P. G. F. As questões sociocientíficas na formação de professores: o pequeno grupo de pesquisa como comunidade de experiência. 216 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, Bauru, 2017.
T18	2017	CARNIO, M. P. A experiência formativa de professores no trabalho com uma questão sociocientífica: potencialidades e obstáculos em um Pequeno Grupo de Pesquisa. 314 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, Bauru, 2017.
T19	2017	GENOVESE, C. L. C. R. Elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso na graduação em Pedagogia sob a perspectiva da educação por meio das questões sociocientíficas: uma análise a partir dos conceitos de formação e semiformação de Adorno. 308 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru, Bauru, 2017.
T20	2017	CONRADO, D. M. Questões Sociocientíficas na Educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico. 239 f. Teses (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

FONTE: a autora (2019).

5. 4 ANÁLISE DOS DADOS: A ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA

Para a análise das teses e dissertações utilizamos a Análise Textual Discursiva (ATD), a qual é descrita por Moraes e Galiazzi (2013). Segundo os autores, este tipo de análise é usado em pesquisas qualitativas que buscam a compreensão de textos, sejam estes já existentes ou construídos a partir de entrevistas e observações, por exemplo. Pode ser usada em estudos cujo objetivo não seja o de testar hipóteses, como ocorre comumente em investigações quantitativas, mas de entender, construindo conhecimentos sobre o assunto investigado. Portanto, esta é uma metodologia de análise de dados que se encaixa perfeitamente com nosso objetivo de analisar como a NdC está sendo discutida nas pesquisas brasileiras sobre CSC. Na verdade, é uma metodologia apropriada para todos os trabalhos do tipo estado da arte ou do conhecimento.

O processo de análise é dividido em três etapas: **desmontagem dos textos, estabelecimento de relações e captando o novo emergente**, as quais ocorrem por meio de um processo auto organizado (MORAES; GALIAZZI, 2013).

A etapa de **desmontagem dos textos** começa com a leitura e significação. Os textos possibilitam diversas interpretações a depender de alguns fatores, principalmente do conhecimento teórico do leitor. Segundo Moraes e Galiazzi (2013, p. 15) “qualquer leitura implica ou exige algum tipo de teoria para poder concretizar-se. É impossível ver sem teoria; é impossível ler e interpretar sem ela. Diferentes teorias possibilitam os diferentes sentidos de um texto.” Assim, na ATD o analista precisa conferir significados e sentidos para o texto. Entretanto, é preciso lembrar que “[...] toda leitura já é uma interpretação e que não existe uma leitura única e objetiva. Ainda que, seguidamente, dentro de determinados grupos, possam ocorrer interpretações semelhantes, um texto sempre possibilita construir múltiplos significados.” (MORAES; GALIAZZI, 2013, p. 14).

A leitura e significação inicial servem para que o pesquisador identifique os textos que são importantes para seu objetivo de pesquisa. Estes vão formar o *corpus* do trabalho. No caso desta pesquisa o *corpus* é formado de 61 teses e dissertações, as quais foram selecionadas depois da leitura e significação inicial.

Uma vez delimitado o conjunto de textos que serão analisados, inicia-se a desconstrução e unitarização destes. Segundo Moraes e Galiazzi (2013) este é um processo de desmontagem do *corpus*, ou seja, de busca das unidades de significado

(frases ou palavras) dentro das unidades de contexto (textos ou partes de textos – no caso desta pesquisa são as teses e dissertações). Sendo importante conhecer a origem de cada unidade de significado em termos de unidade de contexto, o que pode ser feito por meio de codificação. Neste caso utilizamos a codificação descrita no Quadro 3, em que usamos D para dissertações e T para teses, sendo estas numeradas em ordem cronológica.

A segunda etapa da ATD é o **estabelecimento de relações**, ou seja, a criação das categorias organizadas a partir das unidades construídas anteriormente na unitarização. Na categorização as unidades são agrupadas levando-se em conta elementos semelhantes, criando uma definição e um nome para cada categoria. Este processo é cíclico, retorna-se diversas vezes às unidades de modo a delimitar e aperfeiçoar cada vez mais as categorias. Assim, estas surgem em etapas, as primeiras são chamadas de iniciais, posteriormente surgem outras intermediárias até que se estabelecem as finais, as quais são mais abrangentes e em menor número que as primeiras (MORAES; GALIAZZI, 2013).

As categorias são a base para as novas compreensões que vão surgir do *corpus* inicial. Segundo Moraes e Galiazzi (2013) as categorias podem ser criadas do geral para o particular com base nas teorias que fundamentam a pesquisa, por meio de um método dedutivo. Este tipo é chamado de categoria *a priori*, são definidas antes de começar a análise, como ‘caixas’ em que as unidades de significado são colocadas. Outra maneira é ir do particular para o geral, em um processo constante de comparar e contrastar as unidades de significado de modo a organizar conjuntos semelhantes, por meio de um método indutivo. Este tipo é chamado de categoria emergente. Também é possível combinar os dois métodos e utilizar algumas categorias *a priori* e outras emergentes. Este foi o método usado nesta dissertação. A análise das teses e dissertações em relação às CSC produziu duas categorias emergentes principais: **descritores gerais** e **descritores específicos**. O primeiro se divide em *ano de defesa, grau de titulação, região, nível de ensino, tipo de CSC* e o segundo em *focos temáticos*, os quais serão relatados no capítulo 6. Para a análise das teses e dissertações em relação à NdC utilizaram-se como categorias *a priori* as sete visões deformadas de Pérez et al. (2001) e as visões de enfrentamento de Silva e Aires (2014), como será relatado no capítulo 7.

Assim, as categorias funcionam como pontes que ligam a desordem da unitarização, possibilitando a compreensão do todo. Enquanto na primeira etapa

ocorre um processo de fragmentação e isolamento, na segunda ocorre a reunião de semelhantes e estabelecimento das relações.

A terceira etapa é **captando o novo emergente**, em que as categorias são interpretadas e utilizadas para a construção de um metatexto com as novas compreensões do material original. “Uma vez estabelecidas as categorias, estabelecem-se pontes entre elas, investigando-se possíveis sequências em que poderiam ser organizadas, sempre no sentido de expressar com maior clareza as novas intuições e compreensões atingidas.” (MORAES; GALIAZZI, 2013, p. 33). Deste modo o analista vai escrevendo o metatexto ou partes para cada categoria e gradativamente os vai unindo. Ao mesmo tempo, o pesquisador produz argumentos gerais que devem sustentar um argumento central para a análise do todo.

Esta é uma etapa que exige muita interpretação, que na ATD não é uma simples descrição do *corpus* original, mas a construção de novas compreensões, processo que já foi iniciado na categorização. Dentro da interpretação e escrita de um bom metatexto deve ocorrer o confronto dos entendimentos construídos com as teorias já existentes. Este movimento de interlocução acaba ampliando os conhecimentos da área, sendo esta uma contribuição do pesquisador para o campo de estudo. Assim, “[...] tanto a teoria auxilia no exercício da interpretação, quanto a interpretação possibilita a construção de novas teorias.” (MORAES; GALIAZZI, 2013, p. 37). Estas vão surgindo da análise dos textos, mas como uma construção gradativa e não como simples ‘descoberta’ como se já estivessem nos dados. As teorias desenvolvidas não precisam ser novas, podem também ser extensões de outras já existentes. Ou seja, o pesquisador pode contribuir ampliando, complementando ou resignificando teorias que estão estabelecidas.

Segundo Moraes e Galiazzi (2013) a validade dos resultados na ATD é garantida pelo rigor com que todas as etapas são realizadas. Se a unitarização e a categorização forem rigorosas os metatextos serão válidos e confiáveis. A validade também é construída “[...] a partir da ancoragem dos argumentos na realidade empírica, o que é conseguido pelo uso de ‘citações’ de elementos extraídos dos textos do ‘corpus’”. A inserção crítica de excertos bem-selecionados dos textos originais constitui uma forma de validação” (p. 39). Utilizamos com frequência esta técnica e, durante a análise, citamos partes e exemplos dos textos originais como forma de validar e exemplificar nossas categorias.

Em resumo, a ATD é um processo auto organizado que se inicia com a desconstrução dos textos, segue para a categorização, num movimento de reorganização, e culmina com o metatexto, que é a interpretação e comunicação do novo emergente, ou seja, da nova compreensão.

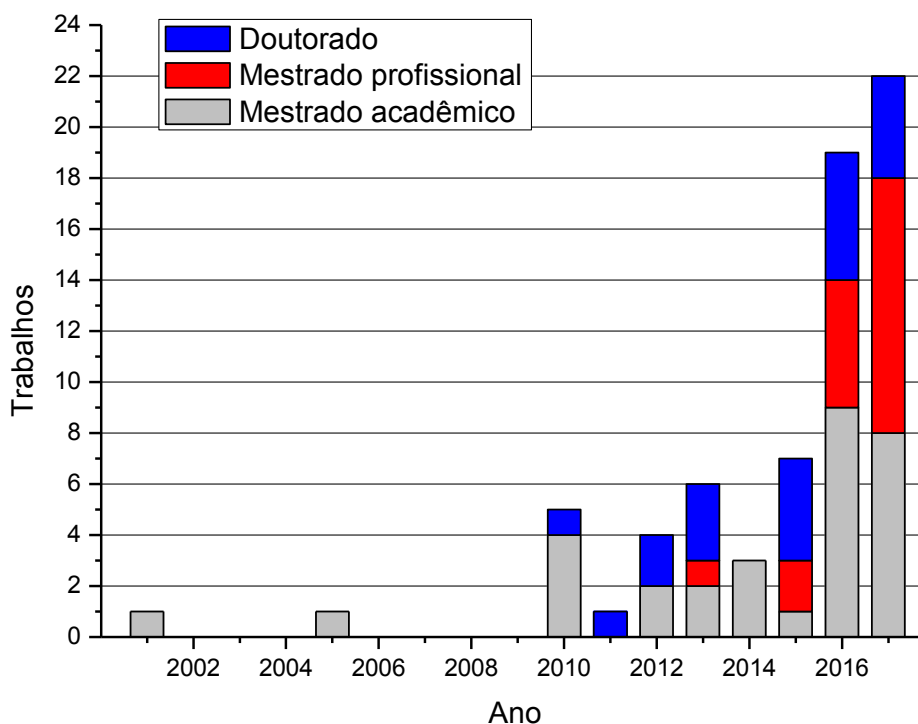
6 AS PESQUISAS BRASILEIRAS QUE ABORDAM AS CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS

6.1 ANÁLISE DOS DESCRITORES GERAIS

A busca no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, conforme descrito no tópico 5.3 do capítulo anterior, levou a 69 teses e dissertações. Essas foram analisadas por meio da ATD, a qual foi explicada no tópico 5.4, e categorizadas dentro de cinco **descritores gerais**: *ano de defesa, grau de titulação, região, nível de ensino, tipo de CSC*.

No que se refere ao ‘ano de defesa’ tem-se a Figura 3. Percebemos que as pesquisas sobre CSC ainda são relativamente recentes no Brasil. A primeira dissertação (D1) é de 2001 e intitula-se “A temática ambiental e o ensino de física na escola média: a produção de energia elétrica em larga escala como um tema controverso”, foi defendida por Luciano Fernandes Silva na Unesp de Araraquara, sob orientação do Prof. Dr. Luiz Marcelo de Carvalho, e apresenta uma sequência didática para ensinar sobre a produção de energia.

FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DAS TESES E DISSERTAÇÕES SOBRE CSC CONFORME O ANO DE DEFESA.

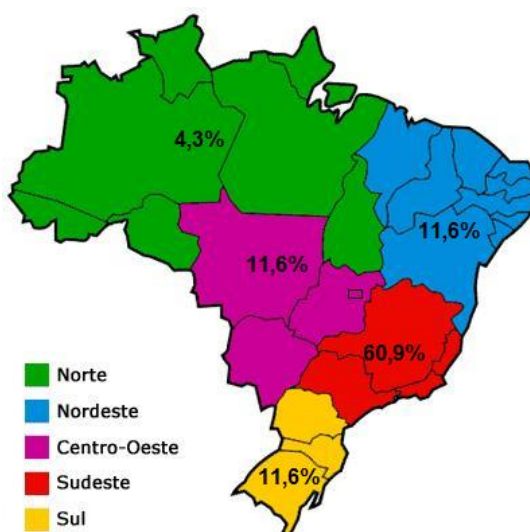


FONTE: a autora (2019).

A segunda dissertação (D2) surge apenas quatro anos depois, em 2005, e chama-se 'Educação ambiental e temas controversos: os conflitos socioambientais no contexto de um processo de formação continuada'. É de Vagner Aparecido de Nicolai-Hernández e do mesmo orientador da dissertação anterior: Prof. Dr. Luiz Marcelo de Carvalho, só que agora na Unesp de Rio Claro. Esta é voltada para a formação continuada de professores. Posteriormente, só surgem novas teses e dissertações sobre CSC no ano de 2010, quando passaram a ser um tema constante nas pesquisas brasileiras. No entanto, a temática ganha força em 2016, quando o número de teses e dissertações mais que dobra em relação ao ano de 2015.

Quanto ao '*grau de titulação*' tem-se 31 dissertações de mestrado acadêmico, 20 teses e 18 dissertações de mestrado profissional. A primeira dissertação profissional (D11) é de 2013 e foi defendida por Ana Karoline Maia da Silva, sob orientação do Prof. Dr. Wildson Luiz Pereira dos Santos na Universidade de Brasília. Posteriormente, tem-se mais duas dissertações profissionais em 2015, cinco em 2016 e dez em 2017, ano em que superaram as dissertações acadêmicas (em número de oito). Estes dados estão de acordo com o Relatório de Avaliação Quadrienal da CAPES (2017), que indica que entre 2013 e 2016 os mestrados profissionais na área de Ensino eram 52% do total de Programas de Pós-graduação (PPG). Dessa forma, a tendência é que o número de dissertações profissionais aumente com o tempo.

FIGURA 4 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS TESES E DISSERTAÇÕES SOBRE CSC POR REGIÃO DO BRASIL.

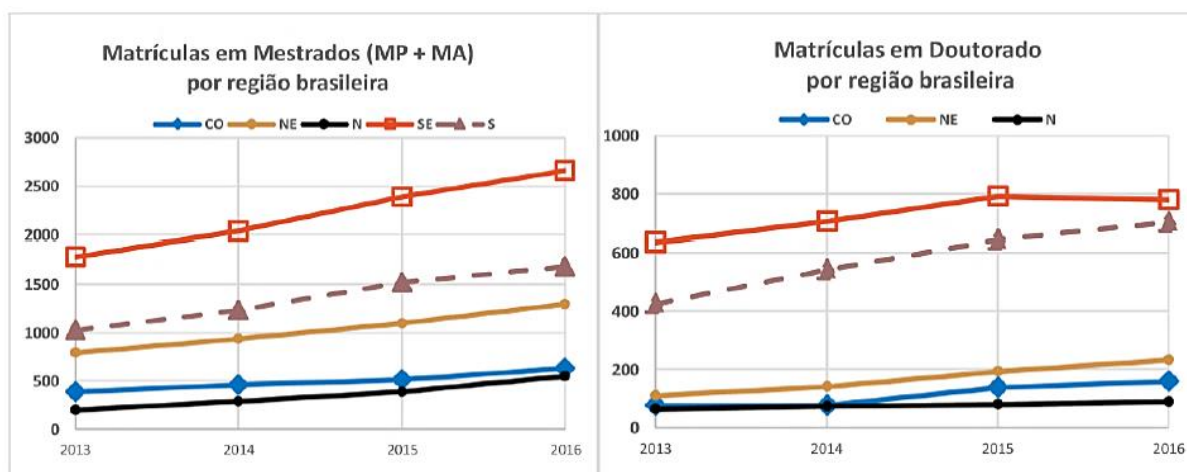


FONTE: a autora (2019).

Quanto à ‘*região*’, a Figura 4 indica que a maior parte (60,9%) das teses e dissertações sobre CSC estão localizadas em PPG do sudeste. Além disso, mesmo dentro desta região existe a concentração da produção acadêmica na Unesp (42,8% das teses e dissertações do sudeste são desta instituição). Dacorégio, Alves e Lorenzetti (2017) realizaram um estado do conhecimento sobre CSC nas atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). Os autores procuraram todos os trabalhos sobre o tema que foram apresentados nas dez primeiras edições do evento (1997 a 2015, o evento é bianual) e também encontraram que a região sudeste concentra as pesquisas sobre CSC (66% do total), com grande participação da Unesp (34% dos trabalhos do sudeste).

Esses dados podem ser explicados por dois motivos. Primeiro por causa do maior número de PPG que existem na região sudeste e, por consequência, maior investimento. De acordo com o Relatório de Avaliação Quadrienal da CAPES (2017), a região sudeste possui o maior número de PPG, como pode ser observado na Figura 5. Este fato já tinha sido observado por Nardi (2015) “A análise da distribuição geográfica dos programas e cursos de pós-graduação existentes até então chama a atenção para um problema, não só desta área, mas também de quase todas as pós-graduações brasileiras: a concentração de programas e de cursos na região sudeste do país” (p. 2).

FIGURA 5 - CRESCIMENTO ANUAL DO NÚMERO DE MATRÍCULAS DE MESTRADO (SOMADAS AS DE MESTRADO ACADÊMICO E PROFISSIONAL) E DE DOUTORADO, OFERECIDAS PELOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DA ÁREA DE ENSINO POR REGIÃO BRASILEIRA.



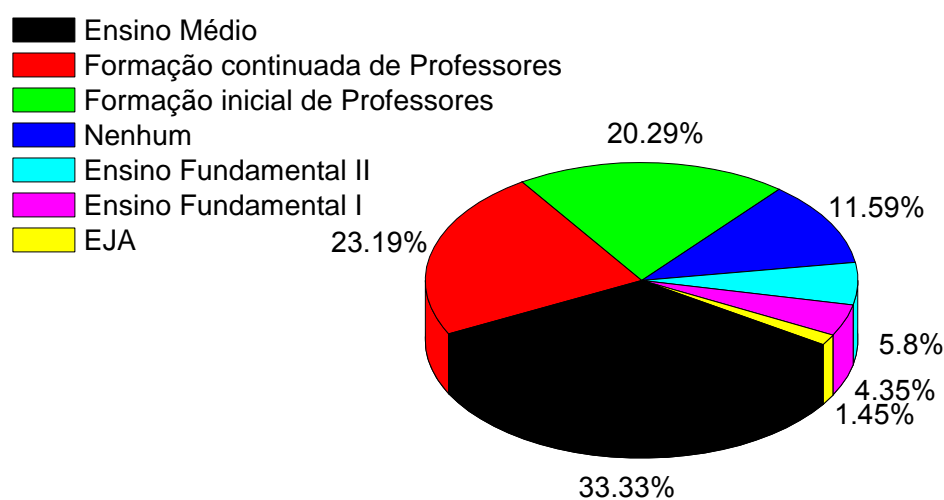
FONTE: CAPES, 2017, p. 12.

O segundo motivo é que existe um grupo de pesquisa na Unesp, liderado pelo Dr. Washington Luiz Pacheco de Carvalho, que se dedica a estudar as CSC, em

especial a relação e uso delas na formação de professores. No entanto, esse grupo dedicado às CSC é recente, surgiu apenas em 2008.

Em relação ao '*nível de ensino*' tem-se a Figura 6, que indica que o nível mais abordado é o Ensino Médio, seguido de Formação continuada de Professores, Formação inicial de Professores, Nenhum (que corresponde as teses e dissertações teóricas, de análise de materiais, bibliográficas, de percepção da comunidade, ente outros), Ensino Fundamental II e I e EJA.

FIGURA 6 – NÍVEIS DE ENSINO ABORDADOS NAS TESES E DISSERTAÇÕES SOBRE CSC.



FONTE: a autora (2019).

Se a Formação continuada for somada com a Formação inicial tem-se que 43,5% das teses e dissertações têm como foco os professores. Este é um dado positivo, pois, como vimos no capítulo 4 e em especial no tópico 4.5, o sucesso do ensino por meio das CSC depende em grande parte do docente. Galvão, Freire e Reis (2011) colocam que “[...] cabe aos professores estabelecer a ponte entre a cultura associada à comunidade de cientistas e o resto da sociedade através da iniciação dos alunos em determinados aspectos da cultura científica” (p. 508). Nesse sentido, é importante que os docentes estejam preparados para realizar atividades envolvendo as CSC, o que depende de estratégias de formação inicial e continuada. Ademais, visto que as CSC ainda são um tema recente no Brasil, o primeiro passo para que estas passem de fato a fazer parte das metodologias do ensino de ciências, é uma formação docente que as contemple.

Por outro lado, um aspecto negativo é que as CSC têm sido pouco exploradas na Educação de Jovens e Adultos (EJA), sendo objeto de estudo de

apenas uma dissertação (1,45% - D35), a qual intitula-se “Produção de uma sequência didática com abordagem socioambiental na educação de jovens e adultos” e foi defendida por Sirlene Nunes Araujo em 2017 na UFMG, sob orientação do Prof. Dr. Juarez Melgaço Valadares. Segundo Araujo (2017), a escola costuma ter pouca preocupação com a EJA, e seus alunos muitas vezes são deixados de lado. No entanto, as CSC tem grande potencial na Educação de Jovens e Adultos, porque aproximam os conteúdos científicos da vida do aluno e na EJA “[...] é importante que o educador respeite as questões que advêm do cotidiano do educando, que reflitam suas experiências prévias e levem-nos a problematizar, abrindo sempre que possível um espaço ao diálogo.” (ARAUJO, 2017, p. 60).

Outros níveis de ensino pouco explorados são o Ensino Fundamental I (4,35% - D4, D27, D44) e II (5,80% - D3, D30, D36, D46). Em D44, o autor afirma que existe uma crença de que a criança pequena não consegue argumentar e entender a realidade de forma crítica, o que faz com que alguns professores acreditem não ser possível realizar atividades de discussão de CSC com os anos iniciais do Ensino Fundamental. Além disso, Zeidler e Nichols (2009) afirmam que a maioria dos docentes acham que não existe tempo para este tipo de atividade, visto que as prioridades são a matemática e língua materna. No entanto, a discussão de CSC poderia facilitar o desenvolvimento cognitivo que ajudaria na leitura e no raciocínio lógico da matemática.

Como exemplo tem-se a pesquisa da D44, a qual desenvolveu e aplicou uma unidade didática usando CSC com estudantes do 3º ano do Fundamental e os resultados indicaram que as crianças foram capazes de argumentar e que é importante ouvir o que elas pensam sobre as CSC como forma de desenvolver a cidadania. Já nos anos finais do Fundamental aumenta o número de disciplinas e diminui a carga horária para ciências, o que faz com que os professores acabem não discutindo as CSC.

Quanto ao ‘*tipo de CSC*’, estas são apresentadas no Quadro 7, em que as CSC foram organizadas em grupos com maior facilidade aparente de discussão. Frisamos que as CSC são questões múltiplas que englobam aspectos de todos os tipos, como sociais, políticos, econômicos, ambientais, tecnológicos, entre outros. Assim, o Quadro 7 foi criado com o objetivo de organizar as CSC e facilitar o entendimento do que vem sendo discutido nas teses e dissertações e não de limitar

as discussões que podem ser realizadas, certamente abordagens diversas podem ser utilizadas.

QUADRO 7 – TIPOS DE CSC PRESENTES NAS TESES E DISSERTAÇÕES.

Tipos de CSC	Quantidade*	Quais são	Teses e Dissertações
Ambientais	30,0%	Agrotóxicos, aquecimento global, poluição da água, mudanças climáticas, agroecologia, desmatamento, poluição atmosférica	D2, D4, D5, D11, D19, D24, D29, D35, D36, D37, D38, T7, T8, T13, T15
Alimentares	22,0%	Alimentos transgênicos, segurança alimentar, horta, produção de peixes, produção de açúcar, educação alimentar, feira livre	D8, D13, D21, D23, D27, D32, D40, D42, D44, D48, T12
Biotecnologia e saúde	20,0%	Células tronco, aborto, medicamentos, células sintéticas, alterações genéticas, fosfoetanolamina, clonagem	D3, D9, D31, D33, D39, D46, T2, T9, T11, T12
Sociais	10,0%	Padrão de beleza e consumismo, uso de drogas, ligações elétricas irregulares, tinta para tatuagem, transtorno de déficit de atenção e hiperatividade	D18, D22, D34, T5, T18
Energéticas	10,0%	Energia nuclear, produção de energia elétrica, fontes de energia	D1, D6, D15, D26, D30
Políticas	4,0%	Empresas estrangeiras no Brasil, uso do espaço e direito espacial	D14, T6
Éticas	2,0%	Uso de animais na ciência	D20
Tecnológicas	2,0%	TV digital	T3

FONTE: a autora (2019). *As porcentagens foram calculadas em relação as 50 CSC encontradas nas 49 teses e dissertações que tinham CSC específicas.

Das 69 teses e dissertações que são objeto de estudo desta dissertação, 49 utilizaram uma CSC específica em suas atividades. As outras 20 pesquisas falaram em CSC de modo geral, sem especificar, (como é o caso de algumas pesquisas cujo objetivo era a formação de professores) ou contemplaram muitos temas de uma vez só. Mas, entre as 49 teses e dissertações que tinham CSC específicas foram encontradas 50 questões, pois uma das teses tinha dois temas (alimentos transgênicos e clonagem, assuntos da T12). Assim, as porcentagens do Quadro 4 foram calculadas em relação à um total de 50 CSC.

As CSC mais utilizadas são as de cunho ambiental. Tal fato pode ser explicado pela constante presença destas temáticas na mídia, o que facilita a busca por informações. Adicionalmente, CSC ambientais são bastante interdisciplinares, podendo ser discutidas em qualquer disciplina. Ademais, os alunos têm facilidade

em perceber como estes temas fazem parte e afetam suas vidas, o que é uma característica importante das CSC e facilita o aprendizado dos conteúdos científicos.

6. 2 ANÁLISE DOS DESCRITORES ESPECÍFICOS

As 69 teses e dissertações também foram analisadas quanto ao seu **descriptor específico** '*foco temático*', relacionado com o objetivo de cada pesquisa. Os focos temáticos foram construídos como uma adaptação de algumas categorias de Sousa (2015), pesquisa em que a autora faz um estudo do tipo estado do conhecimento com as atas do ENPEC de 1997 a 2013. A descrição de cada foco temático e a distribuição das teses e dissertações nestes estão no Quadro 8. Cada um dos cinco focos temáticos será analisado a seguir.

QUADRO 8 - DESCRIÇÃO E QUANTIDADE DOS FOCOS TEMÁTICOS DAS TESES E DISSERTAÇÕES SOBRE CSC.

Foco temático	Descrição	Quantidade
Formação de Professores	Apresentam cursos, grupos de estudos, grupos de pesquisa, disciplinas ou atividades isoladas de formação inicial ou continuada de professores	43,5%
Estratégias Didáticas no Ensino Básico	Apresentam sequências didáticas ou atividades isoladas de abordagem explícita de CSC no ensino básico	40,6%
Projetos de Relação escola/comunidade	Apresentam propostas de projetos envolvendo CSC que podem ser realizados em escolas ou na comunidade	7,2%
Pesquisas Teóricas	Apresentam discussões teóricas sobre uso de CSC, vantagens e desvantagens educativas, desenvolvimento de habilidades, entre outros	5,8%
Análise de Material	Apresentam considerações sobre currículos, livros, materiais didáticos e avaliações de larga escala	2,9%

FONTE: a autora (2019).

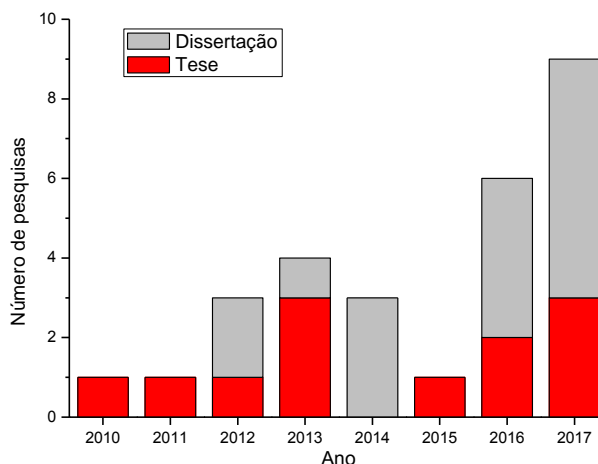
6. 2. 1 Formação de Professores

O foco temático com maior número de teses e dissertações é Formação de Professores. Nesta categoria estão 30 pesquisas (43,5%) distribuídas por ano de defesa como indicado na Figura 7, sendo 17 dissertações e 13 teses.

Em termos de nível de formação tem-se que 16 teses e dissertações são de formação continuada e 14 de formação inicial. Estão neste foco temático: D2, D7, D8, D10, D12, D13, D14, D22, D25, D26, D28, D29, D37, D38, D41, D43, D45, D49, T1, T2, T4, T5, T6, T7, T11, T13, T15, T17, T18, T19. Essas pesquisas realizaram

diversos tipos de atividades com professores, as quais foram organizadas em categorias, como indicado no Quadro 9.

FIGURA 7 – DISTRIBUIÇÃO POR ANO DE DEFESA DAS TESES E DISSERTAÇÕES SOBRE CSC COM FOCO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES.



FONTE: a autora (2019).

QUADRO 9 - DESCRIÇÃO E QUANTIDADE DAS CATEGORIAS DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NAS TESES E DISSERTAÇÕES SOBRE FORMAÇÃO DE PROFESSORES.

Categoria de atividade	Descrição	Quantidade
Grupo de pesquisa ou de estudo	Criação de grupo de pesquisa ou de estudo com professores em atuação no ensino básico ou com licenciandos.	26,7%
Disciplina completa ou em partes	Disciplina completa sobre CSC ou unidade didática aplicada em uma parte de uma disciplina.	26,7%
Análise do desenvolvimento de atividades sobre CSC	Análise de como professores ou licenciandos desenvolvem aulas, atividades ou materiais sobre CSC.	20,0%
Curso de formação ou oficina	Curso de formação continuada de curta duração ou oficinas para licenciandos.	13,3%
Análise da compreensão dos professores sobre CSC	Análise de como os professores entendem as CSC e sua aplicação em sala de aula	13,3%

FONTE: a autora (2019).

As estratégias mais utilizadas na formação de professores são os grupos de pesquisa ou de estudo e as disciplinas completas ou em partes. Bortoletto (2013) coloca que grupos de pesquisa ou estudo são usados “como forma de aproximar os professores da escola com a universidade” (p. 94). Segundo Lopes:

[...] quando universidade e escola se encontram, parece que há um universo de temas para as discussões que ficaram, por muito tempo, pertencentes

somente à escola ou somente à universidade. Exemplos destes temas podem ser a pesquisa educacional que, até então, parecia tarefa da academia e a prática, que ficava somente à cargo dos professores e mediada pelas propostas advindas do estado e da universidade. Assim, a constituição das associações livres possibilitou que estes temas fossem discutidos até seu esgotamento, sem delimitar o pertencimento dos temas a indivíduos particulares. E este processo esteve sempre voltado para a formação de todos os agentes envolvidos (LOPES, 2013, p. 206).

Além disso, os grupos de pesquisa ou estudo são especialmente importantes na formação dos professores em termos teóricos, como forma de fazê-los repensar suas práticas e provê-los de conhecimentos atualizados que possam fundamentar novas práticas e metodologias de ensino. Em T5 desenvolveu-se um grupo de estudos com professores do ensino básico pelo tempo de dois anos. Nos resultados um dos professores “afirma que só é possível repensar a prática profissional e o perfil identitário do professor por meio de um grupo de estudo colaborativo” (T5, p.153). Em função desta potencialidade para repensar práticas, os grupos de pesquisa ou estudo são mais utilizados na formação continuada, por esta razão, 75% das teses e dissertações enquadradas nesta categoria de atividades corresponderam a este tipo de formação.

Por outro lado, as disciplinas completas ou em partes são mais usadas na formação inicial, apenas uma tese desta categoria de atividades era de formação continuada. Como exemplo, tem-se a pesquisa de T11, em que a autora desenvolveu uma disciplina optativa chamada ‘Formação de docentes em Questões Sociocientíficas’ para licenciandos de diversos cursos. Os objetivos da disciplina foram:

- 1) identificar e analisar diferentes informações sobre os desenvolvimentos científicos e tecnológicos apresentados em notícias midiáticas; 2) favorecer aos estudantes a compreensão de algumas características próprias das QSC; 3) oferecer uma proposta experiencial sobre a aprendizagem das ciências a partir da abordagem de algumas QSC, possibilitando a reflexão sobre o papel profissional docente; e 4) estudar pressupostos teóricos que abrangem as QSC, tais como ciência, tecnologia, ética e vida (T11, p. 66).

A disciplina fundamentou-se na participação e interação, de modo a possibilitar as discussões, potencializando o trabalho em grupo. A autora concluiu que as atividades desenvolvidas levaram os licenciandos a refletir sobre a NdC de forma explícita, os ajudando a entender que a ciência é repleta de controvérsias. Além disso, os licenciandos perceberam que um professor precisa questionar-se constantemente sobre sua prática, buscando sempre se atualizar.

A terceira categoria de atividades mais desenvolvida na formação de professores foi a análise do desenvolvimento de atividades sobre CSC (20,0%). Um exemplo é a D49, que analisou como licenciandos participantes do Pibid-Biologia da UFABC inseriam as CSC em suas aulas, visando identificar as potencialidades e dificuldades. A autora constatou que a principal dificuldade foi o curto tempo das aulas, que não abarcava toda a discussão, e a falta de prática dos pibidianos para medir as atividades. D49 coloca que é necessária uma formação contínua com os licenciandos. Uma das potencialidades colocadas pelos licenciandos foi que eles aprenderam com os alunos da educação básica, com seus argumentos e visões de mundo, percebendo que os estudantes têm conhecimentos prévios que podem ser usados nas aulas. Além disso, foi um momento de reflexão para os futuros professores, em que estes puderam analisar suas práticas, o que indica a importância de aliar a pesquisa com o ensino.

Outra categoria de atividade são os cursos de formação ou oficinas (13,3%). O primeiro tipo é comumente utilizado na formação continuada e o segundo na inicial. Em D43 foi realizada uma oficina formativa chamada 'Perspectivas sociocientíficas e abordagens curriculares' com licenciandos de Biologia da UFABC com o objetivo de formá-los para a utilização das CSC. O autor concluiu que:

A oficina permitiu uma visão mais atenta para as questões abrangendo o currículo que, muitas vezes, encontram-se ocultas ou encobertas por meio de uma temática prescrita e, *a priori*, puramente conteudista, fazendo o professor refletir sobre esta determinada temática, permitindo a abertura de possibilidades de práticas que promovam uma aproximação das temáticas elencadas no currículo com as questões cotidianas e as controvérsias apresentadas nas QSC (D43, p. 89).

Oficinas e cursos de formação, mesmo que de curta duração, tem o objetivo de iniciar os docentes ou licenciandos na abordagem das CSC, fazendo-os ao menos conhecer a temática.

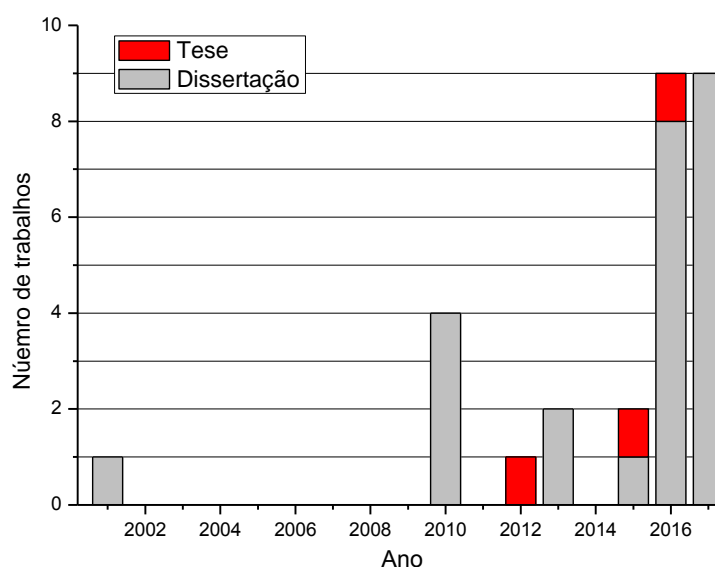
Outro tipo de pesquisa que tem sido realizada na formação de professores é a análise da compreensão dos professores sobre CSC (13,3%). Em D13 o objetivo foi “discutir as compreensões de professores sobre biotecnologia e as relações que estabelecem com o ensino de química” (p. 14-15). Escolheu-se como tema os alimentos transgênicos, porque estes são muito produzidos em Campo Grande, cidade onde a pesquisa foi realizada. Constatou-se que os professores compreendem pouco as biotecnologias e sua relação com o ensino e entendem a

atividade científica como uma certeza. Mas, os docentes também defenderam que necessitam de mais formação para compreender melhor CSC como a dos alimentos transgênicos. Assim, este tipo de pesquisa que analisa o que os professores entendem sobre as CSC é importante para fornecer um diagnóstico do que precisa ser melhorado na formação docente.

6. 2. 2 Estratégias Didáticas no Ensino Básico

O segundo foco temático com mais teses e dissertações (40,6%) foi Estratégias Didáticas no Ensino Básico, em que estão as pesquisas que criaram sequências didáticas (SD) com atividades envolvendo as CSC para turmas de Ensino Fundamental ou Médio. A distribuição destas teses e dissertações por ano de defesa está na Figura 8. Os anos com mais estudos desta categoria são 2016 e 2017. É interessante notar que entre as 28 pesquisas apenas três são de doutorado. As teses e dissertações desta categoria são: D1, D3, D4, D5, D6, D9, D11, D15, D18, D19, D21, D23, D24, D27, D30, D31, D33, D34, D35, D36, D39, D42, D44, D46, D47, T3, T8, T12.

FIGURA 8 – DISTRIBUIÇÃO POR ANO DE DEFESA DAS TESES E DISSERTAÇÕES QUE ABORDAM ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS PARA O ENSINO BÁSICO.



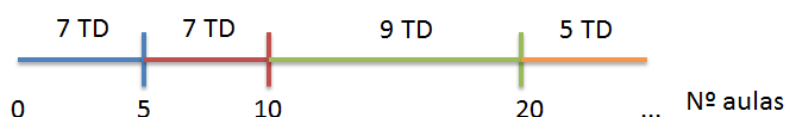
FONTE: a autora (2019).

Tem-se que 10,7% das pesquisas sugerem SD para o Ensino Fundamental anos iniciais, sendo uma para o 3º ano (D44) e duas para o 5º ano (D4 e D27). Outros 14,3% abordam o Ensino Fundamental anos finais, uma para o 6º ano (D36),

duas para o 8º ano (D46 e D3) e uma para o 9º ano (D30). Os 75,0% estudos restantes são voltados para o Ensino Médio, nove para a 3ª série, seis para a 2ª série e seis para a 1ª série. Como já mencionado, o Ensino Fundamental é pouco explorado pela crença de que as crianças pequenas não são capazes de argumentar e tomar decisões de forma crítica, por isto poucos trabalhos têm como foco este nível de ensino.

Em termos de tempo utilizado para as SD temos sete propostas que utilizam cinco aulas ou menos, sete que usam entre seis e dez aulas, nove que necessitam entre 11 e 20 aulas e cinco que usam mais de 21 aulas, como indicado na Figura 9.

FIGURA 9 – DISTRIBUIÇÃO DAS TESES E DISSERTAÇÕES EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE AULAS UTILIZADAS NA SD.



FONTE: a autora (2019).

O tempo é um fator crucial no ensino e Biologia, Física e Química são disciplinas que têm, comumente, apenas duas aulas semanais para um currículo extenso. Com isso, SD que tenham mais de 20 aulas abarcam um bimestre todo, o que algumas vezes pode desestimular os docentes. Para aqueles professores que estão começando a utilizar as CSC em suas aulas, pode-se começar com estratégias mais simples e curtas de até cinco aulas. Um exemplo é a SD de D4 que durou quatro aulas. Começa com os alunos, neste caso de 5º ano, assistindo a um filme que tratava do desmatamento para a construção de um condomínio de casas, chamado 'Os sem floresta' (o que consumiu duas aulas). Depois de ver o filme os estudantes discutiram a CSC (uma aula). Por fim, a professora criou uma situação hipotética em que seria desmatada uma área na cidade para construir um condomínio, os estudantes deveriam escrever cartas para o prefeito indicando porque este deveria autorizar ou não a derrubada das árvores (uma aula). Esta etapa foi realizada em grupo e cada grupo representava um segmento da sociedade, os quais eram: os animais que viviam na floresta, as pessoas que iriam morar no condomínio, os comerciantes da cidade que ficavam próximos da região, a comunidade que retira seu sustento da floresta, o movimento ambientalista, os trabalhadores da construtora do condomínio. Ou seja, trata-se de um exercício de

tomada de decisão e de pensar conforme os diversos ângulos de visão, de entender os argumentos de cada segmento da sociedade envolvido.

Quanto aos conteúdos, nas teses e dissertações analisadas existem propostas para as três disciplinas: Biologia (50,0% das teses e dissertações), Química (28,6% das teses e dissertações) e Física (21,4% das teses e dissertações). Os conteúdos estudados estão dispostos no Quadro 10. No entanto, todas as propostas podem tornar-se interdisciplinares e abarcar outras disciplinas e conteúdos, além de discutirem aspectos diversos como a NdC, a ética, a moral e valores. Por exemplo, D24 é uma SD que englobou a Química e a Língua Portuguesa, cuja CSC foi a poluição do Rio Tietê. Para além da química, foram discutidos gêneros textuais, coesão e coerência textual. Ao final, os alunos tiveram que escrever textos dissertativos argumentativos sobre a poluição das águas.

QUADRO 10 – CONTEÚDOS ENSINADOS NAS SD ENVOLVENDO CSC.

Disciplina	Conteúdos
Biologia	Reprodução humana, leis de Mendel, DSTs, métodos contraceptivos, tecnologias médicas, funcionamento da pílula do dia seguinte, óvulos, genes, sangue, DNA, RNA, maturidade sexual, desmatamento, extinção das espécies, recursos para a sobrevivência, pragas, cadeia alimentar, hibernação, células, genética, alimentação saudável, digestão humana, biomas, sucessão ecológica, divisão celular, ecologia, ciclo da água, embriologia
Química	O ar e sua composição, estados físicos da matéria, composição da matéria, poluição das águas, gases, cinética química, funções orgânicas, solubilidade, pH, ligações químicas, tabela periódica, isomeria
Física	Eletromagnetismo, diferentes tipos de energia, produção e transformação de energia, força peso, gravidade

FONTE: a autora (2019).

Em relação ao objetivo de análise, observou-se que as teses e dissertações se enquadram em quatro objetivos gerais, os quais estão descritos no Quadro 11. A maior parte das teses e dissertações (60,7%) desenvolveu SD com o ideal de facilitar o processo de ensino/aprendizado de conteúdos e desenvolver a AC. Reis (2007) argumenta que as atividades com CSC facilitam a aprendizagem dos conteúdos porque os aproximam da realidade do aluno e estimulam a curiosidade e a autonomia para aprender. Assim, nestas atividades os conteúdos são ensinados/aprendidos de forma integrada com o tema em estudo. Em relação à AC, as CSC são eficazes porque evidenciam a NdC e as relações CTS.

A argumentação e os padrões morais e de valores também foram objeto de análise na abordagem com CSC (28,6%), assim como a tomada de decisão (7,1%) e

o entendimento das vozes envolvidas nas CSC (3,6%). Afinal, “elas [as CSC] são geralmente de natureza controversa, mas têm o elemento adicional de exigir um grau de raciocínio moral ou a avaliação de preocupações éticas no processo de chegar a decisões sobre a possível resolução dessas questões.” (ZEIDLER; NICHOLS, 2009, p. 49, tradução nossa)²⁶. O que significa que podem ser utilizadas para desenvolver padrões morais e de valores e a tomada de decisão.

QUADRO 11 – OBJETIVOS DE ANÁLISE DAS TESES E DISSERTAÇÕES DO FOCO TEMÁTICO ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS NO ENSINO BÁSICO.

Objetivo de Análise	Quantidade
Investigar como uma SD baseada em CSC pode facilitar o ensino/aprendizado do(s) conteúdo(s) científico(s) e o desenvolvimento da AC	60,7%
Identificar a argumentação e/ou padrões morais e de valores utilizados pelos alunos ao discutir CSC	28,6%
Compreender como os alunos tomam decisões relacionadas com CSC	7,1%
Identificar como os alunos interpretam as CSC e as vozes envolvidas nestas	3,6%

FONTE: a autora (2019).

Quanto às atividades realizadas nas SD, apenas uma dissertação teve momentos de ação sociopolítica, que foi D19. Nesta dissertação os agrotóxicos foram estudados e discutidos e os estudantes desenvolveram como uma ação sociopolítica a panfletagem e conversa em uma feira livre da cidade com o objetivo de chamar a atenção dos feirantes e compradores para os perigos do uso e do consumo de alimentos que possuem agrotóxicos. Outra ação sociopolítica realizada foi a criação de uma página no Facebook com o objetivo de informar sobre os agrotóxicos e criar uma campanha contra seu uso. A autora coloca que:

Ao compreender as relações entre o tema e suas consequências para a sociedade e o ambiente, foi possível acender nos estudantes o espírito participativo, tornando-os capazes de reivindicar nas redes sociais por meio de postagens de notícias sobre o tema e em seus meios de convívio atitudes que demonstravam postura crítica frente ao problema, dando origem a ações sociopolíticas, por meio da tentativa de solucionar problemas de sua realidade (D19, p. 168).

Reis (2013, 2014) coloca que a ação sociopolítica ajuda o estudante a perceber que ele é um cidadão que tem a capacidade de agir para alterar sua realidade, melhorando o bem estar geral da sociedade. Por este motivo, as ações

²⁶ They are usually controversial in nature but have the added element of requiring a degree of moral reasoning or the evaluation of ethical concerns in the process of arriving at decisions regarding possible resolution of those issues.

sociopolíticas devem ser estimuladas e a abordagem de CSC as favorece. No entanto, ainda são pouco exploradas nas pesquisas brasileiras, pois foram utilizadas em apenas uma dissertação.

Outro ponto interessante em relação às atividades desenvolvidas nas SD é que cinco dissertações (D9, D18, D24, D27, D42) utilizaram aulas de campo, com visitas aos locais onde a CSC estudada poderia ser visualizada ou entendida melhor. Por exemplo, D24 discutiu e estudou a poluição das águas com os estudantes e os levou até o rio Tietê para que pudessem ver e avaliar a situação por conta própria. Já D18 utilizou o uso de substâncias psicoativas como CSC, a aula de campo escolhida foi uma visita a uma casa de recuperação de dependentes químicos, para que os alunos pudessem conversar com estas pessoas. Estas aproximações são pertinentes para aumentar o campo de visão dos educandos, levando-os a perceber as CSC em seus múltiplos aspectos.

6. 2. 3 Projetos de Relação Escola/Comunidade

Neste foco temático estão as teses e dissertações que apresentam projetos envolvendo CSC que incluem a comunidade externa à escola. Estão nesta categoria apenas cinco teses e dissertações: D32, D40, D48, T9 e T10, indicando que são poucas as pesquisas que se preocupam com estas questões.

As dissertações D32, D40 e D48 foram realizadas no Instituto Federal do Espírito Santo em 2017, as duas primeiras sob orientação de Sidnei Quezada Meireles Leite e a terceira de Vilma Reis Terra. São trabalhos parecidos, que realizaram projetos envolvendo alunos do Ensino Médio e a comunidade, com duração entre dois e seis meses. Todos tiveram como objetivo estudar o desenvolvimento de um projeto com enfoque CTS. Os projetos contaram com etapas de aulas teóricas, aulas práticas, aulas de campo (visitas aos locais onde se pode visualizar o assunto em estudo e ter contato com a comunidade), participação em eventos e apresentação de trabalhos. As CSC usadas eram locais, relacionadas com as características da comunidade: a cadeia de produção de pescados, a cadeia de produção do açúcar e educação alimentar com enfoque na produção de laticínios e frutas. Com isso,

[...] foi possível suscitar nos estudantes o interesse científico a partir de abordagem interdisciplinar. Conteúdos de diferentes componentes curriculares foram trabalhados durante a intervenção pedagógica, ultrapassando, inclusive, as fronteiras da área de Ciência da Natureza (Química, Física e Biologia) e Matemática, já que aspectos do âmbito de Ciências Humanas também foram abordados, além do campo das Linguagens, com a Língua Portuguesa e Artes (D48, p. 124).

Já em T9 foi realizada uma pesquisa diretamente com a comunidade, o autor buscou compreender como esta percebe a ciência e tecnologia presente nos medicamentos, como forma de subsidiar o Ensino de Ciências em relação às discussões sobre a NdC. Foram entrevistados 551 moradores de Maringá, e concluiu-se que:

[...] o nível de escolaridade dos inquiridos pouco ou nada influencia na percepção pública acerca da C&T [Ciência e Tecnologia] dos medicamentos nos seus vários âmbitos, visto que o ensino de ciências atualmente é insuficiente para promover a aprendizagem que ultrapasse a abrangência conceitual, não possibilitando a compreensão crítica e consciente acerca dos medicamentos e de outras aplicações da C&T presentes em nosso dia a dia (T9, p. 216).

Em T10 buscou-se compreender como as CSC podem ser utilizadas em abordagens envolvendo projetos. Para isto, o pesquisador analisou os documentos de uma escola, os planejamentos de todos os projetos realizados na mesma e entrevistou professores e funcionários. O autor coloca que:

[...] não convém trabalhar apenas com um ensino disciplinar tradicional, no qual são repassadas informações consideradas relevantes pelo professor, isolando os conteúdos de seu contexto. Faz-se necessária a utilização de metodologias para que se possa perceber a integração de conceitos das diferentes disciplinas, de maneira clara e objetiva, aproveitando a vivência no ambiente em que o estudante está inserido, aliada a uma abordagem de controvérsias sociocientíficas, abrangendo uma discussão além do conhecimento científico (T10, p. 130).

No entanto, T10 afirma que alguns desafios precisam ser vencidos para a realização de projetos integrados com as CSC, como: a formação dos docentes e sua experiência com esta abordagem, falta de tempo e o excesso de conteúdos.

6. 2. 4 Pesquisas Teóricas

As Pesquisas Teóricas, que visam fornecer a fundamentação para o desenvolvimento e avaliação de práticas pedagógicas que utilizem as CSC, correspondem a apenas 5,8% das pesquisas: D17 (2015), D20 (2016), T16 (2016) e T20 (2017).

Este é um dado preocupante, afinal é importante que uma linha de pesquisa esteja bem fundamentada na teoria. Ao analisar os referenciais teóricos usados em todas as 69 teses e dissertações (Quadro 12) percebe-se que entre os dez autores, que discutem as CSC, mais citados nas teses e dissertações apenas três são brasileiros. Isto revela que o Brasil ainda tem poucos pesquisadores que teorizam e discutem sobre as CSC e os autores estrangeiros são bastante utilizados. Wildson Luiz Pereira dos Santos e Eduardo Fleury Mortimer são os referenciais brasileiros mais citados, principalmente em função do artigo 'Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações', publicado em conjunto pelos autores na Revista Investigações em Ensino de Ciências em 2009.

QUADRO 12: OS DEZ AUTORES, QUE PESQUISAM AS CSC, MAIS CITADOS NAS TESES E DISSERTAÇÕES.

Autor	Filiação	Citações (% de TD)
Wildson Luiz Pereira dos Santos	Universidade de Brasília – Brasil	79,7%
Eduardo Fleury Mortimer	Universidade Federal de Minas Gerais – Brasil	72,5%
Pedro Guilherme Rocha dos Reis	Universidade de Lisboa – Portugal	59,4%
Troy Sadler	University of North Carolina at Greensboro - EUA	58,0%
Dana Zeidler	University of South Florida – EUA	58,0%
Washington Luiz Pacheco de Carvalho	Universidade Estadual Paulista – Brasil	50,7%
Mary Ratcliffe	University of Southampton – Reino Unido	49,3%
Cecília Galvão	Universidade de Lisboa - Portugal	44,9%
Marcus Grace	University of Southampton – Reino Unido	42,0%
Ermínia Pedretti	University of Toronto - Canadá	31,9%

FONTE: a autora (2019).

Também foi possível perceber que os pesquisadores da área da Educação CTS são boa parte das referências das 69 teses e dissertações. Por exemplo, Glen

Aikenhead (University of Saskatchewan - Canadá) foi citado em 53,6% das teses e dissertações e é um autor bastante conhecido da Educação CTS. O próprio Wildson Luiz Pereira dos Santos, que é a referência mais utilizada para discutir as CSC nas 69 teses e dissertações analisadas, foi um grande pesquisador da abordagem CTS, tendo diversos artigos importantes sobre o tema. Isto indica a estreita relação entre as duas abordagens. Neste sentido, Zeidler e Nichols (2009) argumentam que mesmo que os objetivos da Educação CTS e da discussão sobre CSC sejam próximos, as CSC são mais abrangentes, pois não enfatizam apenas as relações CTS, mas também estão relacionadas com a epistemologia e NdC, tendo potencial para desenvolver a criticidade do estudante, uma vez que envolvem questões éticas e morais. Quanto a isto, Reis (1999) afirma que a discussão de CSC tem a intenção de instigar os estudantes, levando-os a reconhecer valores individuais e coletivos e a compartilhar e examinar estes valores. Adicionalmente, Sadler (2004) salienta que o movimento CTS tornou-se difuso com o passar do tempo, gerando abordagens díspares.

Retomando as pesquisas teóricas, consideramos que as quatro pesquisas teóricas encontradas trazem contribuições importantes para a área. D17 analisou as relações, aproximações e especificidades entre o ensino centrado nas CSC e a educação problematizadora, tendo como eixos o currículo, o papel do professor e o papel do estudante. D20 analisou como os profissionais das biociências são formados para tomar decisões socialmente responsáveis em relação ao uso de animais na ciência e propôs um modelo de ensino para intervenções educacionais com foco neste tema. T16 relacionou os princípios epistêmicos e teórico-estratégicos da discussão de CSC com o pensamento complexo. T20 propôs e avaliou um modelo teórico de ensino baseado nas CSC que fomenta a AC crítica, enfatizando as dimensões éticas e políticas da educação científica. Logo, as quatro pesquisas fornecem discussões que podem constituir-se em base teórica para outros estudos brasileiros.

6. 2. 5 Análise de Material

Neste foco temático estão as pesquisas que analisaram livros didáticos e avaliações de larga escala. Representam 2,9% dos estudos: D16 e T14. O primeiro estudo analisou as questões do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) de 2009 a

2014, buscando identificar CSC presentes nas perguntas. D16 concluiu que a avaliação é, em sua maior parte, conteudista:

Após as análises propostas nessa dissertação e o confronto com a literatura, foi possível verificar certas incongruências com o que era esperado para o perfil de questão para as provas do Novo Enem, uma vez que a maioria das suas questões apresenta caráter disciplinar, o que pode atuar como um desmotivador para a prática interdisciplinar descrita nos PCN+ [...]. Outro revés foi à pequena quantidade de questões que envolviam temas globais atrelados a controvérsias, entendidas aqui como possível promotoras de uma prática sociocientífica. O emprego dessas questões, na prova do Novo Enem era esperado, pois promove uma possibilidade de utilização das competências gerais a serem desenvolvidas pelos egressos do Ensino Médio: domínio de linguagens, compreensão de fenômenos, enfrentamento de situações problema, construção de argumentos e elaboração de propostas. O mais frequente, contudo, foram questões entendidas como exclusivamente propedêuticas, ou seja, que não apresentavam o conteúdo de Química de maneira socialmente relevante (D16, p. 89).

Em função disso, D16 propôs um material com orientações e exemplos para o desenvolvimento de práticas pedagógicas que envolvam as CSC, como forma de auxiliar professores de Química.

O segundo estudo (T14) também analisou a presença de CSC nas questões de Enem de 2009 a 2015, mas também investigou livros didáticos de física aprovados no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD). Em consonância com o estudo anterior, T14 coloca que:

De acordo com nosso levantamento, os itens de Física das edições do Enem, de 2009 a 2015, apresentam-se com relativo baixo teor de contextualização com potencial ao estabelecimento de TSC [temas sociocientíficos] [...]. Isso sugere certo distanciamento das diretrizes do exame, de acordo com os documentos e orientações oficiais, a ele pertinentes, e com destaque negativo, nesse sentido, sobretudo para as edições de 2011 e de 2015 (T14, p. 285).

Em relação aos livros didáticos, T14 coloca que a maioria dos livros têm textos com potencial para discutir as CSC, mas o fazem de forma superficial e isolada em boxes e no fim dos capítulos.

Os resultados dessas duas pesquisas confirmam uma das dificuldades da abordagem envolvendo CSC citadas por Reis (2007): o fato das provas de vestibular e exames nacionais incluírem número pouco significativo de questões que exigem do aluno conhecimentos sobre a NdC e as relações CTS, dando ênfase apenas aos conteúdos específicos, induzindo os professores a perpetuarem práticas pouco

críticas em suas aulas. Este fato também influencia a opinião dos pais e estudantes, que acabam também por pressionar os docentes para que os preparem para realizar as provas sem 'perder tempo' com assuntos que não caem nas avaliações, como as CSC.

6. 3 CONSIDERAÇÕES GERAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo apresentou-se a análise geral das teses e dissertações sobre CSC. Percebe-se que a produção sobre o tema é recente no Brasil e está concentrada na região sudeste do país. Os trabalhos focam principalmente no Ensino Médio e na Formação de Professores, com carências nos outros níveis de ensino, como os anos iniciais, sendo as CSC predominantes, as de cunho ambiental.

Em termos de foco temático tem-se como dados positivos o fato de que a formação de professores foi a que mais apareceu. Este dado foi considerado positivo porque, estando o Brasil numa fase ainda incipiente da inclusão das CSC nas aulas de ciências e, estando a temática mais presente na formação de professores, teremos mais chances de verificar um crescimento da inclusão desta nos próximos anos. Nestas pesquisas predominaram os grupos de pesquisa ou estudo e as disciplinas completas ou em partes. Outro ponto positivo é que as estratégias didáticas no ensino básico também representaram grande parte das pesquisas e tiveram como objetivo principal investigar como uma SD baseada em CSC pode facilitar o ensino/aprendizado do(s) conteúdo(s) científico(s) e o desenvolvimento da AC, sendo a Biologia a disciplina com maior presença das CSC. Assim, estes dois focos temáticos se complementam, pois as estratégias didáticas podem ser usadas pelos professores em suas aulas, corroborando nossa afirmação acima sobre o potencial crescimento da presença das CSC nas aulas.

O dado considerado negativo correspondeu a falta de pesquisas teóricas e de referenciais teóricos brasileiros que fundamentem os estudos envolvendo CSC. A maioria dos autores utilizados são estrangeiros, são poucos os pesquisadores brasileiros considerados referência sobre as CSC. Outro dado negativo diz respeito a pequena quantidade de propostas de projetos envolvendo a comunidade externa à escola.

De fato, no Brasil a linha de estudo das CSC ainda tem muitas lacunas que precisam ser preenchidas para que tal abordagem de ensino tenha o alcance necessário em todo o país, uma vez que, conforme já foi largamente mostrado neste trabalho, tem potencialidades para o desenvolvimento da AC, a compreensão da NdC e das relações CTS, o desenvolvimento da argumentação e de valores e moral, entre outras.

7 A NATUREZA DA CIÊNCIA NAS PESQUISAS SOBRE CONTROVÉRSIAS SOCIOCIENTÍFICAS

Para analisar como a NdC vem sendo discutida nas teses e dissertações sobre CSC, primeiramente buscou-se identificar quais pesquisas tiveram como objetivo principal discutir e/ou analisar e/ou estimular o entendimento sobre a NdC no contexto das CSC. No universo dos 69 trabalhos, encontramos apenas quatro teses e dissertações que tiveram objetivos relacionados com a NdC: D10, D23, T9 e T11.

Em D10, o pesquisador analisou o processo de construção de um grupo de pesquisa com professores e como a discussão de aspectos da NdC pode facilitar a construção de um cenário para a abordagem de CSC no Ensino Básico. D23 buscou compreender como e se a abordagem explícita da NdC e da argumentação no contexto das CSC podem ampliar a visão de ciência dos estudantes do Ensino Médio. T9 teve com objetivo entender qual é a percepção pública da população de Maringá sobre a ciência e a tecnologia envolvidas nos medicamentos e como esta percepção poderia subsidiar o Ensino de Ciências. T11 analisou as concepções de NdC de licenciandos de diferentes áreas do conhecimento, usando como fundo a CSC do diagnóstico genético de pré-implantação e da célula sintética, e identificou as contribuições do entendimento da NdC para o Ensino de Ciências e para a formação inicial de professores.

Outros três trabalhos não tiveram como objetivo principal discutir e/ou analisar e/ou estimular o entendimento da NdC, mas tiveram a preocupação de desenvolver, durante suas atividades sobre CSC, momentos específicos para discutir a NdC: D9, D13 e D28. Em D9 o objetivo foi analisar a aplicação do enfoque CTS em aulas de biologia, dedicadas ao conteúdo de genética. Mas durante as atividades, houve um momento em que aspectos da NdC foram discutidos usando como exemplo os trabalhos e a forma de vida dos próprios pesquisadores da universidade (no caso a UESB – Universidade Estadual do Sudeste da Bahia). Em D13 o autor analisou as concepções de professores de química acerca das biotecnologias e como estes relacionam este tema com o ensino de química. Durante as entrevistas com os docentes, houve momentos em que foi possível perceber um pouco as visões de NdC dos professores. E D28, buscou identificar as potencialidades e limites de uma proposta de ensino CTS. Uma das atividades da

proposta de ensino foi a leitura e discussão de um texto sobre concepções de ciência.

As outras 62 teses e dissertações não tiveram como objetivo principal discutir e/ou analisar e/ou estimular o entendimento da NdC e também não realizaram em nenhum momento atividades específicas para a compreensão da NdC. O que indica que a mesma vem sendo pouco explorada nas pesquisas sobre CSC, mesmo que estas tenham grande potencial para evidenciar aspectos relevantes da construção do conhecimento científico.

A abordagem de CSC tem potencial para desmistificar visões de ciência, consideradas deformadas por Pérez et al. (2001). Tais visões, que são em número de sete, correspondem à visão: empírico-indutivista, rígida, aproblemática e ahistórica, exclusivamente analítica, acumulativa de crescimento linear, individualista e elitista e socialmente neutra.

A visão socialmente neutra é denunciada quando na discussão de CSC fica claro que a ciência é sim afetada por componentes externos, como a política, economia, ética, entre outros. Desmistifica-se a visão acumulativa de crescimento linear quando as CSC evidenciam o fato de que a ciência não é uma verdade absoluta, mas está repleta de controvérsias. Paralelamente, a visão individualista e elitista é quebrada quando as CSC indicam que a ciência não é uma atividade individual, mas sim construída coletivamente por diversas pessoas. As visões empírico-indutivista e atórica e rígida são denunciadas quando o estudante percebe que existem diversas metodologias diferentes para constituir dados e que estes são interpretados conforme a referencial teórico do pesquisador e não de forma neutra. A visão aproblemática e ahistórica é desmistificada quando as CSC levam o aluno a entender que a ciência tem uma história e que os conceitos e teorias mudam e/ou aprimoram-se com o passar do tempo. A visão analítica é denunciada quando as CSC evidenciam que os conhecimentos estão interligados e que os fenômenos são explicados a partir de diferentes teorias e saberes.

Consideramos que os aspectos que caracterizam visões sobre a NdC podem ser diretamente relacionados com as CSC. Dessa forma, mesmo que as teses e dissertações não tenham reservado momentos específicos para discutir a NdC, acabam explicitando algum aspecto da mesma ao longo das discussões sobre CSC. Portanto, inicialmente discutiremos esses aspectos da NdC presentes em

todas as 69 teses e dissertações e depois retornaremos para as quatro teses e dissertações (D10, D23, T9 e T11) que tiveram como objetivo a NdC.

7. 1 AS VISÕES DE CIÊNCIA PRESENTES NAS TESES E DISSERTAÇÕES

Para analisar quais aspectos da NdC são mais, ou menos priorizados e evidenciados na abordagem de CSC, procuramos os trechos de todas as 69 teses e dissertações que discutem a ciência e sua construção e verificamos se os mesmos evidenciam algum ou alguns dos aspectos da NdC. Para isto, usamos 14 descritores específicos, os quais são categorias *a priori*: as sete *visões deformadas*, descritas por Pérez et al. (2001) e as outras sete são as *visões de enfrentamento* descritas por Silva e Aires (2014), como indicado no Quadro 13, a seguir.

QUADRO 13 – DESCRITORES ESPECÍFICOS.

Visão deformada (PÉREZ ET AL., 2001)	Visão de enfrentamento (SILVA; AIRES, 2014)
1. Socialmente neutra	8. Ciência influenciada por fatores externos
2. Individualista e elitista	9. Ciência como atividade coletiva
3. Empírico-indutivista e atórica	10. Observação influenciada pela teoria
4. Rígida	11. Pluralismo metodológico
5. Aproblemática e ahistórica	12. Caráter histórico e dinâmico da ciência
6. Analítica	13. Unificação do conhecimento científico
7. Acumulativa de crescimento linear	14. Rupturas e controvérsias científicas

FONTE: Adaptado de Silva e Aires (2014).

Tendo por base as categorias do Quadro 13, buscamos verificar quais dessas visões estão presentes na fundamentação teórica e na discussão das teses e dissertações. Ou seja, quais visões são consideradas e discutidas pelos autores das teses e dissertações. Depois analisamos quais visões de ciência estão presentes em falas e/ou escritas de professores e/ou alunos, nos casos em que esses são entrevistados ou realizaram atividades como parte das pesquisas realizadas nas teses e dissertações. Dessa forma, construímos o Quadro 14, indicando em quais teses e dissertações estão presentes cada um dos 14 descritores específicos.

QUADRO 14. CLASSIFICAÇÃO DAS TESES E DISSERTAÇÕES ENTRE OS DESCRITORES ESPECÍFICOS DE VISÕES DEFORMADAS DE CIÊNCIA E DE ENFRENTAMENTO DESCRITAS NO QUADRO 13.

Descritores específicos	Fundamentação e discussão das teses e dissertações		Falas e/ou escritas de professores e/ou alunos	
	Teses e dissertações	%	Teses e dissertações	%
8	D1, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11, D12, D13, D14, D15, D16, D17, D18, D19, D20, D21, D22, D23, D24, D25, D26, D27, D28, D29, D30, D31, D32, D36, D37, D38, D39, D40, D41, D42, D43, D44, D45, D46, D47, D48, D49, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T17, T18, T19, T20	94,2	D7, D12, D23, D28, D29, D41, T1, T6, T8, T11, T13	15,9
12	D1, D3, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11, D12, D13, D14, D15, D16, D17, D18, D19, D20, D21, D23, D25, D26, D27, D28, D29, D38, D39, D41, D44, D45, D46, D48, D49, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T17, T18, T20	75,4	D7, D10, D12, D23, D28, D29, D41, T5, T11	13,0
14	D1, D2, D3, D5, D6, D7, D13, D18, D20, D23, D25, D28, D31, D38, D41, D46, D47, T1, T3, T4, T5, T6, T8, T9, T10, T11, T12, T15, T16	42,0	D7, D29	2,9
10	D4, D6, D7, D9, D10, D13, D17, D23, D28, D29, D41, T1, T6, T8, T9, T10, T11, T12, T13	27,5	T8	1,4
11	D9, D10, D11, D13, D19, D26, D28, D29, D41, D45, T1, T6, T9, T10, T11, T12, T13, T17	26,1	D23, D29	2,9
9	D9, D13, D14, D23, D28, D29, D44, T1, T3, T6, T8, T9, T10, T11, T12	21,7	D28, D29, T7	4,3
13	D23, D28, D29, T1, T6, T9, T10, T11, T12	13,0	D10, D28, T11	4,3
5	-	-	D6, D10, D13, D25, T5, T8, T9, T11	11,6
4	-	-	D10, D13, D23, D28, T5, T11	8,7
1	-	-	D6, D10, D13, D23, T5, T11	8,7
3	-	-	D23, T5, T9, T11	5,8
7	-	-	D13, D28, T11	4,3
2	-	-	D23, T5, T11	4,3
6	-	-	-	-

FONTE: a autora (2019).

A análise do Quadro 14 indica que nenhuma tese ou dissertação apresentou alguma das sete *visões deformadas* de ciência (PÉREZ ET AL.; 2001), apenas

visões de enfrentamento. Esse é um dado bastante positivo, pois indica que a área de Ensino de Ciências já avançou no entendimento da NdC e visões consideradas deformadas, simplistas ou pouco elaboradas, não são mais difundidas nas pesquisas. No entanto, nas falas e/ou escritas de professores e alunos ainda é possível encontrar *visões deformadas* de ciência, sendo mais presente a visão aproblemática e ahistórica (descriptor 5). A interpretação possível para este dado é que muitas vezes no Ensino de Ciências são ensinados apenas os produtos da ciência, ignorando seu desenvolvimento histórico, o problema que lhe deu origem e as consequências do mesmo, ou seja, os processos de construção desta. Outra *visão deformada* frequente, foi a *rígida* (descriptor 4), pois os alunos e até professores acreditam que a ciência é construída com base no ‘método científico’.

Em relação à fundamentação e discussão das teses e dissertações a *visão de enfrentamento*, mais frequente (94,2%) foi a *ciência influenciada por fatores externos* (descriptor 8). Essa compõe um dos aspectos consensuais de Pérez et al.

[...] é preciso **compreender o carácter social do desenvolvimento científico**, posto em evidência não só através do fato de o ponto de partida, um dado paradigma vigente, ser a síntese dos contributos de gerações de investigadores mas, também, pelo fato da investigação cada vez mais dar resposta a questões colocadas pelas instituições (PÉREZ et al, 2001, p. 137, grifo dos autores).

Essa visão de enfrentamento, que corresponde a *ciência influenciada por fatores externos*, é facilmente percebida no trabalho com as CSC. Além disso, é bastante discutido na literatura, em especial nas últimas décadas, ganhou destaque nos meios de comunicação quando notícias sobre os efeitos nocivos de inovações científicas e tecnológicas são evidenciados. Por exemplo, as implicações ambientais negativas do uso de automóveis a combustão, a grande produção de lixo plástico, o uso exagerado de agrotóxicos, entre outros. São notícias e fatos que evidenciam a influência da ciência e da tecnologia na sociedade. Da mesma forma, a influência contrária também ocorre. Por exemplo, quando a Teoria do Heliocentrismo foi refutada durante a Idade Média em função das crenças religiosas da época. Os cientistas que defendiam essa teoria chegaram a ser executados por isso, indicando a grande influência do contexto social e histórico na ciência e tecnologia. Essas influências externas à ciência ganharam destaque mundial, principalmente, com Thomas Khun, com a publicação de ‘A Estrutura das Revoluções Científicas’ em

1962. Embora que Ludwik Fleck já as tenha discutido muito antes de Khun no livro ‘Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico’ de 1935.

O descritor 8 aparece nas teses e dissertações em frases como este exemplo de D17:

[...] a **não-neutralidade da Ciência** tem relação com uma dimensão espaço-temporal. [...] para além de uma limitação temporal, tendo em vista a intencionalidade histórica do sujeito epistêmico, há também uma relação da **não neutralidade com a localidade em que se produz Ciência e Tecnologia**. Isto porque [...] o espaço, mais do que apenas um lugar geográfico, relaciona-se com **outros fatores, políticos e ideológicos, por exemplo, que exercem influência sobre ele** e sobre os seus modos de produção. Assim, para os autores, dado o vínculo estreito dos modos de produção com Ciência e Tecnologia, seus processos de produção tem relação com uma dimensão espaço-temporal (D17, p. 52, grifo nosso).

Este outro exemplo de T5 “[...] é importante ressaltar a ciência como um **processo social**, na qual a comunidade científica está embebida em disputas, confrontos políticos e econômicos, como também, éticos e morais” (T5, p. 52, grifo nosso) também destaca o caráter social da ciência, sendo outro exemplo do descritor 8.

O descritor 8 também foi o mais encontrado na pesquisa de Silva e Aires (2014). As autoras analisaram os aspectos da NdC presentes em artigos que estudaram a história e filosofia da Biologia em livros didáticos. E a *ciência influenciada por fatores externos* esteve presente em 68,4% dos artigos analisados.

O segundo descritor mais presente nas teses e dissertações foi o *caráter histórico e dinâmico da ciência* (descritor 12). Moura coloca que:

[...] a Ciência não é um conhecimento estático, todavia em constante transformação, sempre com o objetivo de compor modelos explicativos para os fenômenos do mundo natural. (...) por ser conhecimento em contínua mudança, ela está sempre se reformando internamente, revendo seus modelos e bases, o que implica que nossa própria percepção dela também muda com o tempo (MOURA, 2014, p. 34).

Os pesquisadores do Ensino de Ciências da área de História, Filosofia e Sociologia da ciência defendem que é importante que o aluno entenda que o conhecimento científico é histórico e mutável (MATTHEWS, 1995), o que pode ser observado no trato com as CSC. Por exemplo, em discussões acerca dos tratamentos para o câncer, analisando o histórico dos mesmos, percebe-se que os conhecimentos e técnicas usadas mudaram com o passar do tempo.

O descritor 12 pode ser observado em frases como esta de T16: “[...] é preciso compreendê-la [a ciência] como um jogo em que verdades podem ser **evidenciadas** por dados verificáveis, mas nem por isso as teorias também são **verdadeiras**” (T16, p. 141, grifo nosso) indicando o caráter mutável do conhecimento e o fato de que este não é uma verdade absoluta. Também pode-se perceber o descritor 12 no seguinte parágrafo de D1:

A partir de um enfoque histórico é possível caracterizar a Ciência como uma atividade humana e, mostrar que as interpretações sobre o fenômeno eletricidade foram se **modificando ao longo da história** e outras foram se somando para constituírem interpretações mais complexas e poderosas. Podemos, por exemplo, iniciar o trabalho educativo com o tema eletricidade abordando alguns aspectos que façam o aluno refletir sobre o *status* do conhecimento científico. Esta possibilidade, no entanto, exige partir do enfoque de que **teorias e generalizações são conjeturais**, de que **ideias científicas podem mudar com o tempo**, de que a Ciência lida com sistemas simplificados e idealizados e, por fim, de que a Ciência não é a única tentativa de explicar o mundo, mas o faz mediante um modelo racional poderoso (D1, p. 40, grifo nosso).

Silva e Aires (2014) também encontraram, ao analisar artigos sobre a história e filosofia da Biologia em livros didáticos, o descritor 12 como o segundo mais frequente. O *caráter histórico e dinâmico da ciência* esteve presente em 68,4% dos artigos analisados.

O terceiro descritor mais recorrente foi *rupturas e controvérsias científicas* (descritor 14). Esperávamos que esse aspecto da NdC fosse constante no trabalho com as CSC. Afinal, a natureza controversa das CSC evidencia o fato de que a ciência não se constitui de certezas absolutas, mas está repleta de incertezas. Inclusive, Fleck (1981) coloca que a ciência muda por meio de revoluções evolucionárias, as quais acontecem de tempos em tempos. Inclusive, Pérez et. al. (2001, p. 136) colocam que na ciência:

[...] não se raciocina em termos de certezas, mais ou menos baseadas em ‘evidências’, mas em termos de hipóteses, que se apoiam, é certo, nos conhecimentos adquiridos (e não só), mas que são abordadas como simples ‘tentativas de resposta’ que serão postas à prova da forma mais rigorosa possível, o que dá lugar a um processo complexo em que não existem princípios normativos, de aplicação universal para a aceitação ou recusa de hipóteses ou, mais geralmente, para explicar as mudanças nos conhecimentos científicos.

Podemos ver exemplos do descritor 14 neste trecho de D17 (p. 31, grifo nosso) “[...] a argumentação contribui com o desenvolvimento de uma imagem do

trabalho científico, assim como de aspectos relacionados à natureza da ciência, como reconhecer que o **conhecimento é mutável**". E neste de T8 (p. 36, grifo nosso) "Em muitos educadores e formuladores de currículos aflorou a consciência de **não mais se ensinar uma ciência 'fechada', de conteúdos prontos e acabados**, mas de problematizar a natureza do conhecimento científico, seus processos de produção e suas **contradições**".

O quarto descritor mais frequente foi *observação influenciada pela teoria* (descritor 10). Na ciência nenhuma observação é 'pura', dados só tem sentido se forem interpretados com base em teorias. "Assim, por exemplo, quando se utiliza um amperímetro, não se observa a intensidade da corrente, mas o simples desvio de uma agulha" (PÉREZ ET. AL., 2001, p. 136).

Chalmers (1993) em seu livro 'O que é ciência afinal?' dedica um capítulo inteiro a desmistificar a ideia da observação neutra. "O que um observador vê, isto é, a experiência visual que um observador tem ao ver um objeto, depende em parte de sua experiência passada, de seu conhecimento e de suas expectativas" (CHALMERS, 1993, p. 50). O autor cita o exemplo de um quebra-cabeça infantil em que existe a imagem de um rosto humano no meio da folhagem de uma árvore. Inicialmente, quem olha para o desenho vê uma árvore, mas depois de um tempo o rosto pode ser enxergado. Uma vez visto o rosto, sempre será possível enxergá-lo novamente, pois agora o observador já resolveu o quebra-cabeça. Ou seja, o que a pessoa vê é afetado pelas suas experiências e conhecimentos passados. Assim, não existe observação neutra na ciência, estas sempre são influenciadas pelas teorias que o cientista carrega.

O descritor 10 pode ser percebido em frases como "[...] dados e provas são interpretados segundo as **lentes teóricas** do cientista" (D17, p. 31, grifo nosso). E "[...] os dados de uma pesquisa são construídos pelo **recorte interessado e não neutro**" (T8, p. 162, grifo nosso).

O quinto descritor mais recorrente foi pluralismo metodológico (descritor 11). Francis Bacon foi um dos primeiros a propor um 'método científico', que seria uma sequência lógica de observações neutras e 'coleta de dados', derivando teorias a partir daí. No entanto, diversos filósofos, sociólogos e historiadores da ciência vêm desmistificando este método como única forma de produzir conhecimento. Nesse sentido, Chalmers (1993, p. 19) argumenta que:

Simplesmente não existe método que possibilite às teorias científicas serem provadas verdadeiras ou mesmo provavelmente verdadeiras. [...] tentativas de fornecer uma reconstrução simples e diretamente lógica do ‘método científico’ encontram dificuldades ulteriores quando se percebe que tampouco há método que possibilite que teorias científicas sejam conclusivamente desaprovadas.

Assim, um dos aspectos consensuais da NdC é que não existe um ‘método científico’ preciso e único, que leva necessariamente à comprovação de teorias. “Contudo existem métodos. Se há algo de fecundo a relevar na história da construção do conhecimento científico, é precisamente o pluralismo metodológico” (PÉREZ et. al., 2001, p. 136). Ou seja, existem diversos métodos que podem ser utilizados. Isto é, inclusive, uma das categorias da teoria da Semelhança Familiar de Irzik e Nola (2011). Esses autores defendem que “a ciência não atinge seus diversos objetivos de maneira aleatória, mas emprega vários métodos e regras metodológicas”²⁷ (IRZIK; NOLA, 2011, p. 598, tradução nossa). Sem regras a ciência perderia sua característica autocorretiva. Algumas regras consideradas importantes na metodologia científica são:

- construir hipóteses / teorias / modelos altamente testáveis;
- evitar fazer revisões ad-hoc para teorias;
- outras coisas sendo iguais, escolha a teoria que é mais explicativa;
- escolher a teoria que faz novas previsões verdadeiras sobre a teoria que apenas prevê o que já é conhecido;
- rejeitar teorias inconsistentes;
- outras coisas sendo iguais, aceitar teorias simples e rejeitar as mais complexas;
- aceitar uma teoria somente se puder explicar todos os sucessos de seus predecessores
- usar experimentos controlados no teste de hipóteses casuais;
- na condução de experimentos em seres humanos, sempre use procedimentos cegos (IRZIK; NOLA, 2011, p. 599, tradução nossa).²⁸

²⁷ Science does not achieve its various aims in a haphazard way, but employs a number of methods and methodological rules.

²⁸ construct hypotheses/theories/models that are highly testable;
 avoid making ad-hoc revisions to theories;
 other things being equal, choose the theory that is more explanatory;
 choose the theory that makes novel true predictions over the theory that merely predicts what is already known;
 reject inconsistent theories;
 other things being equal, accept simple theories and reject more complex ones;
 accept a theory only if it can explain all the successes of its predecessors
 use controlled experiments in testing casual hypotheses;
 in conducting experiments on human subjects always use blinded procedures

No entanto, Irzik e Nola (2011) afirmam que essas regras não são imperativos categóricos. Em algumas circunstâncias, as regras podem ser abandonadas em função do objetivo da pesquisa.

Exemplo de como o pluralismo metodológico aparece nas teses e dissertações pode ser visto nesta citação:

Muitos filósofos da ciência, [...], são contrários à visão que alguns têm de que a Ciência é baseada no método empírico: observação, experimentação, leis, teorias e postulados. [...] na realidade, **não há um só caminho na Ciência, mas sim várias possibilidades** e que a Ciência não parte unicamente da observação, mas sim da teoria (D11, p. 21, grifo nosso).

E também neste exemplo de D23 (p. 6, grifo nosso): “**não há um único método científico**. Diferentes tipos de raciocínios (por exemplo, dedutivo, indutivo, entre outros) utilizados nas ciências e os **experimentos empíricos não são o único caminho** para produzir um conhecimento científico”.

O sexto descritor que apareceu nas teses e dissertações foi *ciência como atividade coletiva* (descritor 9). Uma das *visões deformadas* de ciência, descrita por Pérez et. al. (2001), é a de que o conhecimento é construído de forma individual, por cientistas geniais que trabalham sozinhos. Assim, “os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes” (PÉREZ et. al., 2001, p. 133).

No entanto, essa visão não condiz com a realidade da pesquisa científica. Hurd (1998) coloca que a maioria das pesquisas é realizada em grupos e que são cada vez mais frequentes as uniões entre cientistas das áreas exatas com as áreas humanas e sociais.

Além disso, nenhum cientista faz um estudo ‘do nada’, toda pesquisa parte de algum referencial teórico. Afinal, como já discutimos aqui, nenhuma observação é neutra, sempre existe um conhecimento anterior usado para interpretar o objeto em análise. A frase “se eu vi mais longe, foi por estar sobre os ombros de gigantes” atribuída a Isaac Newton, exemplifica isto.

Exemplos do descritor 9 podem ser encontrados em D23 (p. 6, grifo nosso): “os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do **trabalho coletivo e cooperativo**, dos intercâmbios entre equipes”. E em D14 (p. 23, grifo nosso): “surgia uma nova forma de ver a ciência, reconhecendo

as limitações, responsabilidades e **cumplicidades dos cientistas**, a partir de uma compreensão da ciência e da tecnologia como processos sociais”.

O descritor menos frequente nas teses e dissertações foi *unificação do conhecimento científico* (descritor 13). Este também é um dos aspectos consensuais:

De fato, um dos fins mais importantes da ciência assenta no estabelecimento de laços entre domínios aparentemente sem conexão. Com efeito, num mundo em que é saliente a existência de uma grande diversidade de materiais e de seres submetidos a contínuas mudanças, a ciência procura estabelecer teorias gerais que sejam aplicáveis ao estudo do maior número possível de fenômenos. A teoria atômico-molecular da matéria, a síntese eletromagnética, os princípios de conservação e transformação, a teoria da tectônica global, ou seja, os esforços que se realizam para unificar os diferentes tipos de interação existentes na natureza etc, são bons exemplos dessa busca de coerência e de globalidade, ainda que isso se deva realizar a partir de problemas e de situações particulares (inicialmente) concretas. Deste modo, o processo que conduz ao desenvolvimento científico tem por finalidade estabelecer, ainda que tentativamente, generalizações aplicáveis à natureza (PÉREZ et. al., 2001, p. 137).

Ou seja, a ciência busca teorias gerais, que expliquem o máximo de fenômenos possível e que sejam coerentes com as outras teorias já conhecidas.

Exemplos deste descritor nas teses e dissertações podem ser vistos nestas frases de T11 (p. 33): “pelo contrário, aqueles trabalhos ou práticas que não fossem **coerentes** com o que estava estabelecido pelo **coletivo científico** eram rejeitados e considerados como conhecimento não científico”. E nesta de T1 (p. 19): “a abordagem interdisciplinar, na verdade, reúne uma velha preocupação pela **fragmentação do conhecimento** em disciplinas”.

Na fundamentação e discussão das teses e dissertações apenas as visões de enfrentamento foram encontradas, mas nas falas e/ou escritas de professores e/ou alunos foi possível localizar também *visões deformadas*. A mais frequente foi *aproblemática e ahistórica* (descritor 5). Essa visão deformada, definida por Pérez et. al. (2001), apenas transmite os conhecimentos sem sua história, dificuldades e limitações. É uma visão disseminada por omissão, ou seja, pela falta de explicitar como o conhecimento é produzido. Por exemplo, esta frase de um licenciando “a ciência é considerada atualmente como uma atividade que promove o progresso e o

desenvolvimento técnico e tecnológico” (T11, p. 126, tradução nossa)²⁹, mostra que ele considera que a ciência se desenvolve sem dificuldades ou limitações.

A visão *rígida* (descriptor 4) foi a segunda mais frequente nas falas ou escritas dos professores e alunos. Esta visão é a que vê o conhecimento como uma verdade absoluta que advém do método científico, sendo este, um meio infalível para conhecer as verdades do mundo. O conhecimento produzido por esse método seria confiável e sem ambiguidades. A frase “[...] tem [a ciência] uma metodologia estruturada e sistemática para formular leis, aplicáveis e verificáveis” (T11, p. 109, tradução nossa)³⁰ emitida por uma licencianda indica a crença no método científico.

A terceira visão mais frequente nas falas e/ou escritas dos docentes e alunos foi o *socialmente neutra* (descriptor 1). Essa visão deformada considera a ciência isolada das influências do mundo e o cientista como um ser que não precisa fazer opções. Esquecem-se das relações entre CTS, das questões éticas e morais, bem como, consideram que a ciência é sempre boa e melhora a vida das pessoas. Nesta frase de um aluno “[...] a ciência deveria buscar novos meios para fazer o bem. Buscar novas soluções vamos dizer assim, científicas para fazer o bem pra sociedade” (D6, p. 153), pode-se notar que o mesmo considera que a ciência é neutra e apenas benéfica para a população.

A quarta visão encontrada nas falas e/ou escritas dos docentes e alunos foi a *empírico-indutivista e ateorica* (descriptor 3). Essa é a *visão deformada* que coloca a observação e a experimentação como neutras. Esquecendo-se que o cientista atua a partir de referenciais teóricos, construindo conhecimentos, e não apenas ‘descobrimo’ coisas ao acaso. Um licenciando afirma que a ciência deve ser “[...] objetiva no estudo dos fenômenos do mundo, deve primar pela imparcialidade para evitar erros em sua implementação” (T11, p. 109, tradução nossa)³¹, demonstrando acreditar que as observações são neutras.

A quinta visão presente nas falas e/ou escritas de docentes e alunos foi a *acumulativa de crescimento linear* (descriptor 7). Essa é a *visão deformada* que entende que o conhecimento científico sempre cresce de forma linear, sendo acumulado com o passar do tempo. Ignoram-se as crises, remodelações e os

²⁹ La ciencia es considerada actualmente como una actividad que promueve el progreso y desarrollo técnico y tecnológico.

³⁰ Tiene una metodología estructurada y sistemática para llegar a formular leyes, aplicables y verificables.

³¹ Es objetiva en el estudio de fenómenos del mundo, debe primar la imparcialidad para evitar errores en su implementación.

processos de mudança que ocorrem na ciência. Um licenciando disse que “por exemplo, a matemática, na época grega era diferente, não havia sistema de medição, havia a necessidade de criar um sistema de medição” (T11, p. 121, tradução nossa)³².

A visão que menos apareceu nas falas e/ou escritas dos professores e alunos foi a *individualista e elitista* (descriptor 2). Nessa visão deformada acredita-se que o conhecimento é fruto do trabalho individual de gênios. Assim, o trabalho científico acaba ficando restrito à um grupo específico de pessoas (superdotados, em sua maioria homens e de classes sociais altas). Pode-se perceber isso na fala de uma licencianda:

A ciência é individualista, já que cada um dos chamados cientistas procura resolver algumas dúvidas sobre o ser humano, mas isso, por sua vez, não compartilha com o ser que ele quer ajudar, já que está trancado em laboratório e realiza experimentos que antes fazer contato com algum ser humano faz isso com um animal, que sofrerá as consequências das decisões tomadas por esse cientista no caso dele ter fracassos, a vida da ‘cobaia’ como estes (cientistas) os chamam, é como um objeto que para aqueles que querem descobrir e inovar nos problemas da ciência não vale absolutamente nada, por não ser um ser humano, de pensamentos e sentimentos, esses mesmos cientistas declararam esses seres vivos animais irracionais e sem nenhum tipo de carinho (T11, p. 111, tradução nossa)³³.

A *visão deformada analítica* (descriptor 6) não foi encontrada nas falas e/ou escritas de professores e alunos.

7.2 AS TESES E DISSERTAÇÕES COM ENFOQUE NA NATUREZA DA CIÊNCIA

No universo dos 69 trabalhos, encontramos apenas quatro teses e dissertações que tiveram objetivos relacionados com a NdC: D10, D23, T9 e T11, as quais serão discutidas agora.

³² Por ejemplo, la matemática, en la época griega, era diferente, no había sistema de medición, hubo necesidad de crear un sistema de medición.

³³ La ciencia es individualista, ya que cada uno de los llamados científicos busca resolver algunas dudas sobre el ser humano, pero este a su vez no comparte con el ser al cual quiere ayudar, ya que se encierra en un laboratorio y realiza experimentos que antes de hacer contacto con algún ser humano lo hace con un animal, el cual sufrirá las consecuencias de las decisiones tomadas por este científico en caso de que este tuviera fallas, la vida del "conejillo de indias" como estos (los científicos) los llama, es como un objeto, que para quien quiere descubrir e innovar en las problemáticas de la ciencia no vale absolutamente nada, por no ser un ser humano, de pensamientos y sentimientos, estos mismos científicos han declarado a estos seres vivos animales irracionales y sin ningún tipo de afecto.

7. 2. 1 Dissertação 10

D10 é uma dissertação do Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência da Unesp/Bauru, defendida no ano de 2013. Seu título é 'O tratamento de questões sociocientíficas em um grupo de professores e a natureza do processo formativo fundamentado em uma perspectiva crítica' e seu problema principal é:

Como se dá um processo de instauração e sustentação de um Pequeno Grupo de Pesquisa constituído a partir da relação Universidade-Escola, com a participação de professores de uma Escola Pública e sujeitos da Universidade, cuja tônica é a discussão de questões do domínio da Ciência e da Tecnologia, com vistas à constituição e tratamento de uma Questão Sociocientífica e os aspectos educacionais que se desdobram a partir daí? (D10, p. 19).

Sendo que o trabalho tem ênfase em dois aspectos: (i) como a formação de um pequeno grupo de pesquisa sobre CSC pode ser um espaço de formação crítica e humana e (ii) como a discussão de CSC pode ser usada para a problematização dos aspectos da NdC.

O autor de D10 dedica uma parte de um capítulo à discussão da NdC, em que discorre sobre a epistemologia da ciência de acordo com alguns epistemólogos. O pesquisador começa apresentando a visão de Thomas Kuhn, discutindo sua obra 'A estrutura das revoluções científicas'. Posteriormente aborda o falseacionismo de Popper, os programas de pesquisa de Lakatos e os obstáculos epistemológicos de Bachelard. Em seguida, faz um apanhado geral de como estas epistemologias são usadas no Ensino de Ciências. Apresenta a abordagem da História e Filosofia da Ciência, usando como referência Matthews. E discute a compreensão de ciência e tecnologia que as pessoas têm, com base nos trabalhos de McComas, Clough, Almazroa, Adúriz-Bravo, Khishfe e Lederman. A fundamentação sobre a NdC de D10 fica, dessa forma, focada na teoria dos aspectos consensuais.

Em termos práticos, o pesquisador de D10 organizou um pequeno grupo de pesquisa que "[...] se caracteriza como uma associação de pessoas, guiadas pela livre escolha de participação, com intuito de problematizar questões do campo escolar" (D10, p. 76). O grupo contava com o pesquisador da dissertação, um professor-coordenador (licenciado em física e professor da rede pública) e uma professora e um professor da rede pública de ensino (ela de história e ele de química).

O grupo se encontrou 22 vezes durante nove meses. O resumo das atividades realizadas em cada reunião está no Quadro 15.

QUADRO 15 – REUNIÕES DO PEQUENO GRUPO DE PESQUISA.

Reunião	Atividades realizadas
1 ^a	Apresentação da proposta para a escola
2 ^a e 3 ^a	Esclarecimentos e direcionamentos prévios
4 ^a	Discussão sobre o que são as CSC e sobre a presença da ciência e tecnologia na sociedade.
5 ^a e 6 ^a	Discussão de aspectos da educação e das políticas públicas para a mesma. Debate de um texto sobre CSC e de aspectos da NdC.
7 ^o	Debate de aspectos da NdC e da interdisciplinaridade no Ensino de Ciências. Busca de potenciais CSC.
8 ^a	Discussão sobre uma potencial CSC (a produção de etanol e suas implicações). Debate de texto sobre CSC. Elaboração de um questionário para investigar o conhecimento dos alunos sobre a ciência e a tecnologia.
9 ^a , 10 ^a e 11 ^a	Discussão das características das CSC. Debate de aspectos da NdC. Continuação do questionário para investigar o conhecimento dos alunos sobre a ciência e a tecnologia.
12 ^a	Escrita de um Plano Político Pedagógico para a escola.
13 ^a	Debate sobre as CSC e suas características. Discussão de aspectos da NdC.
14 ^a	Proposta de CSC (processos químicos para o alisamento capilar). Criação de um blogue para divulgar o grupo.
15 ^a	Discussão da CSC do encontro anterior e suas potencialidades. Proposta de trabalho investigativo com alunos.
16 ^a	Planejamento de atividade investigativa com a participação de alunos.
17 ^a	Participação de cinco alunos de Ensino Médio e Fundamental nas discussões de CSC.
18 ^a	Reflexões sobre a participação de alunos no encontro anterior. Sugestões de outras práticas.
19 ^a	Discussão de texto sobre CSC.
20 ^a	Escrita do resumo para o VIII ENPEFIS (Encontro de Prática de Ensino de Física de Ilha Solteira – UNESP).
21 ^a e 22 ^a	Reflexões sobre as CSC e propostas de tratamento de CSC.

FONTE: a autora (2019).

O autor de D10 utilizou quatro situações pra iniciar as discussões sobre os aspectos da NdC. A primeira foi a do Quadro 16, a qual abre debates sobre o ‘método científico’, a confiabilidade e a certeza do conhecimento científico. Com esta abordagem é possível verificar se os professores envolvidos no grupo tinham *visões deformadas* sobre a ciência.

QUADRO 16 – ABORDAGEM DA NDC UTILIZADA EM D10.

É comum ouvirmos na TV, lermos na internet ou em outros meios de comunicação, propagandas de produtos que geralmente utilizam os termos: ‘Este produto é testado por especialista’; ‘Sua eficácia é cientificamente comprovada’; ‘Este produto é testado clinicamente e sua qualidade é garantida’. O que as pessoas normalmente entendem desse ‘cientificamente comprovado’? O que expressa para o cidadão comum (não cientista) esse termo ‘científico’ ou ‘cientificamente’?

FONTE: D10, p. 141.

Nesta abordagem desencadearam-se discussões sobre os descritores 1 e 8 (socialmente neutra e ciência influenciada por fatores externos), 3 e 10 (empírico-indutivista e atórica e observação influenciada pela teoria), 4 e 11 (rígida e pluralismo metodológico), 5 e 12 (Aproblemática e ahistórica e caráter histórico e dinâmico da ciência).

Não foi possível identificar se os professores defendiam ou não o método científico, mas este estava bastante presente nas discussões e era usado pelos docentes como forma de posicionamento por sua suposta credibilidade. No entanto, foi possível notar que os professores entendem a provisoriedade do conhecimento, percebendo que o mesmo é mutável. Os docentes também compreendem que a ciência não é neutra, mas influencia e é influenciada pela sociedade.

A segunda abordagem foi a do Quadro 17, a qual questiona as delimitações do que é ciência e conhecimento. Isto abre espaço para discutir o conceito de *semelhança familiar* de Irzik e Nola (2011), por exemplo, e as ideias de estudiosos como Popper e Lakatos. Pode-se discutir os diferentes modos de trabalho, mas também as diferenças em termos de objetivos, pois as ciências humanas estudam situações que nem sempre podem ser enquadradas na concepção positivista de ciência.

QUADRO 17 – ABORDAGEM DA NDC UTILIZADA EM D10.

Quando falamos de ciência, geralmente ligamos a área de conhecimento como a Física, a Biologia, a Química... O que diferem estas áreas da arte ou da astrologia, por exemplo, que normalmente não são aceitas como ciência? Como elas poderiam ser definidas, então?

FONTE: D10, p. 142.

Nesta abordagem foram discutidos os descritores 1 e 8 (socialmente neutra e ciência influenciada por fatores externos), 3 e 10 (empírico-indutivista e atórica e observação influenciada pela teoria) e 4 e 11 (rígida e pluralismo metodológico). Os professores questionam a suposta neutralidade da ciência e o método científico.

A terceira abordagem utilizada em D10 foi a do Quadro 18. Esta questiona a demarcação do que é conhecimento científico ou não. Abre discussão em relação aos procedimentos, quais deles creditam mais ou menos validade para os resultados.

QUADRO 18 – ABORDAGEM DA NDC UTILIZADA EM D10.

Durante milênios, a medicina foi baseada em teorias improváveis, experiências individuais, ideologias e crendices populares. Bastava alguém dizer que aquela poção era boa para tratar ou prevenir determinada doença, para que todos passassem a usá-la.

Reflexos desse empirismo resistiram à passagem do tempo: ainda tomamos o remédio que a vovó receitava, chás milagrosos indicados por terceiros e assistimos à enxurrada de comerciais que apregoam, no rádio e na TV, as propriedades mágicas da vitamina C, de comprimidos que curam gripes e de uma infinidade de outras panaceias.

Condutas médicas esdrúxulas foram adotadas durante séculos, sem qualquer contestação científica. As parturientes eram obrigadas a guardar quarentena sem fazer sexo, sair de casa ou lavar a cabeça, e a tomar Malzebier para engrossar o leite. Crianças com hepatite A passavam dois meses de cama para proteger o fígado. Pessoas com mais de cinquenta anos deviam fazer repouso para poupar o coração. Vento frio nas costas provoca gripes e resfriados.

[...] Hoje sabemos que o cigarro provoca câncer, que o ácido acetilsalicílico pode evitar infartos do miocárdio, que a quimioterapia aumenta os índices de cura das mulheres operadas de câncer de mama e que a atividade física é benéfica para o organismo em todas as fases da vida, porque chegamos a essas conclusões após análises estatísticas de pesquisas que envolveram milhares de participantes.

Drauzio Varella

Adaptado de: <http://drauziovarella.com.br/wiki-saude/medicina-baseada-em-evidencias/>

Algumas reflexões:

- O que podemos afirmar sobre a **validade** dos procedimentos adotados corriqueiramente e os procedimentos aconselhados pelos médicos?
- A lobotomia (ou leucotomia), por exemplo, é hoje considerado um procedimento bárbaro, porém rendeu ao neurologista português Egas Moniz, em 1949, o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina pelo desenvolvimento desta técnica. A lobotomia consiste na inserção de um instrumento cortante no cérebro por meio de duas cavidades no crânio, uma de cada lado da cabeça. Por meio no manuseio deste 'instrumento cirúrgico', os lobos frontais eram desligados do resto do cérebro, o que, segundo os médicos, se converteria em cura aos esquizofrênicos, fóbicos e outros diagnosticados com alguma doença mental. Depois de muitas críticas e uma sucessão de poucos sucessos e muitos fracassos, que perdurou por aproximadamente 20 anos, a técnica foi abandonada.
- O que confere o status de barbaridade à lobotomia nos dias de hoje?
- Apesar de ter rendido um Prêmio Nobel, que possui certa credibilidade, a técnica foi abandonada 20 anos depois. O que podemos dizer sobre a pouca longevidade do procedimento?
- 'Depois que a URSS proibiu as lobotomias em 1953, um artigo do New York Times mencionou o psiquiatra soviético Dr. Nicolai Oseresky ao dizer, durante uma reunião da Federação Mundial de Saúde Mental, que as lobotomias 'violam os princípios da humanidade' e transformam 'uma pessoa insana' em 'um idiota'. O que podemos dizer sobre os valores envolvidos na pesquisa em lobotomia?

FONTE: D10, p. 142-143.

Nesta abordagem foram discutidos os descritores 1 e 8 (socialmente neutra e ciência influenciada por fatores externos), 5 e 12 (Aproblemática e ahistórica e caráter histórico e dinâmico da ciência) e 7 e 14 (acumulativa de crescimento linear e rupturas e controvérsias científicas). Foi discutida a relação entre os conhecimentos populares e científicos e como este saber tradicional pode influenciar a atividade científica.

A última abordagem utilizada em D10 foi a do Quadro 19, a qual visa discutir:

A diferenciação entre conhecimentos de naturezas distintas, ou seja, do conhecimento científico e tradicional, bem como os principais elementos que demarcam essa diferenciação; a problematização da supremacia do conhecimento científico sobre os outros conhecimentos e como esse poder é legitimado pela sociedade; a ponderação sobre a influência do Estado na dinâmica da ciência, bem como os prós e contras advindos desta relação; destaque de questões éticas e de respeito aos conhecimentos tradicionais e a ideia de desenvolvimento científico (D10, p. 145).

QUADRO 19 – ABORDAGEM DA NDC UTILIZADA EM D10.

Texto para o desenvolvimento do debate:

O dilema da bioprospecção no Brasil, por Aray P. Nabuco, 13 de junho de 2012, Revista Caros Amigos.

Algumas reflexões:

- No texto, a pesquisadora Cecília Nunes se posiciona pela revisão da medida provisória a fim de que haja uma 'flexibilização para que de fato a lei fomente (e não proíba) a bioprospecção ética'.
- O que podemos apontar sobre a influência do Estado no desenvolvimento científico? Qual caminho de regulação da atividade científica seria mais legítimo: do Estado para a comunidade científica ou da comunidade científica para o Estado?
- É possível o Estado atravancar grandes empreendimentos científicos e tecnológicos por conta de leis mal propostas? Por outro lado, é possível que se fira princípios éticos fundamentais caso a própria ciência se autorregule?
- O Art.4º, Capítulo 1, da Medida Provisória nº 2.186-16, de 23 de agosto de 2001, expressa-se da seguinte maneira:

“É preservado o intercâmbio e a difusão de componente do patrimônio genético e do conhecimento tradicional associado praticado entre si por comunidades indígenas e comunidades locais para seu próprio benefício e baseados em prática costumeira”.

Os itens I, II e V do Art.7º, Capítulo 2, definem **patrimônio genético, conhecimento tradicional associado** e **acesso ao conhecimento tradicional associado**:

“ I - patrimônio genético: informação de origem genética, contida em amostras do todo ou de parte de espécime vegetal, fúngico, microbiano ou animal, na forma de moléculas e substâncias provenientes do metabolismo destes seres vivos e de extratos obtidos destes organismos vivos ou mortos, encontrados em condições **in situ**, inclusive domesticados, ou mantidos em coleções **ex situ**, desde que coletados em condições **in situ** no território nacional, na plataforma continental ou na zona econômica exclusiva; II - conhecimento tradicional associado: informação ou prática individual ou

coletiva de comunidade indígena ou de comunidade local, com valor real ou potencial, associada ao patrimônio genético; V - acesso ao conhecimento tradicional associado: obtenção de informação sobre conhecimento ou prática individual ou coletiva, associada ao patrimônio genético, de comunidade indígena ou de comunidade local, para fins de pesquisa científica, desenvolvimento tecnológico ou bioprospecção, visando sua aplicação industrial ou de outra natureza”.

- O que podemos afirmar sobre a validade e a necessidade do ‘acesso ao conhecimento tradicional associado’ para o desenvolvimento científico, vistas pela lógica da ciência e pela lógica legal (que concede o direito às comunidades de decidir sobre a utilização desse conhecimento)?
- Considerando que as comunidades locais não tenham conhecimento científico do patrimônio genético (apenas o tradicional), é legítimo que os mesmos possam, legalmente, influenciar e até vetar os rumos da pesquisa científica?

FONTE: D10, p. 144-145.

Nesta abordagem discutiram-se principalmente os descritores 1 e 8 (socialmente neutra e ciência influenciada por fatores externos) e a questão da ética na ciência. Debateu-se a relação, muitas vezes conflituosa, entre conhecimento científico e saberes populares e como o primeiro acaba sobressaindo-se.

Além destes momentos de discussão, no pequeno grupo de pesquisa ocorreu a construção de um questionário sobre NdC. O mesmo continha perguntas sobre a compreensão da ciência e tecnologia, critérios de escolha de um produto, a valorização dos produtos da ciência e tecnologia e as consequências do uso destes. O questionário foi aplicado aos alunos, mas acabou não sendo analisado pelo autor de D10.

7. 2. 2 Dissertação 23

A segunda dissertação que teve objetivos relacionados com a NdC foi D23. Esta pesquisa foi desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais no ano de 2016. Seu título é ‘Ensino explícito e integrado de Natureza da Ciência e argumentação em um contexto sociocientífico para estudantes de química do Ensino Médio’ e seu objetivo principal é “investigar se e como a abordagem integrada e explícita de argumentação e NC [Natureza da Ciência] contribui para o desenvolvimento de uma visão adequada de ciência pelos estudantes do ensino médio e influencia seus raciocínios argumentativos expressos” (D23, p. 2).

Em termos de fundamentação teórica, a autora de D23 apresenta a ideia dos aspectos consensuais (usando trabalhos de pesquisadores como Lederman, Khishfe, McComas, Olson,...). Mas, não se restringe a esta visão de ciência, também

aponta estudos que criticam a proposição de listas de aspectos consensuais (apresentando as pesquisas de Hodson, Allchin, Matthews,...).

A pesquisadora de D23 preparou atividades didáticas, com licenciandos participantes do PIBID (Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência) de uma universidade pública federal, para serem aplicadas em escolas. Assim, o projeto ocorreu no contexto da formação de professores. Participaram 16 licenciandos, três supervisores (professores de escola pública) e uma coordenadora (pesquisadora da universidade). No entanto, na intervenção didática em que ocorreu a constituição dos dados, participaram apenas quatro licenciandos e uma supervisora, sendo a constituição realizada pela autora de D23 e mais duas pesquisadoras. A turma da escola que foi investigada era de primeiro ano do Ensino Médio e tinha dezoito alunos. A intervenção durou 14 aulas de 50 minutos e todas foram gravadas em áudio e vídeo.

A sequência didática realizada contou com quatro etapas. Na primeira os estudantes construíram cartazes com exemplos de alimentos transgênicos e o símbolo do mesmo e os espalharam pela escola. O objetivo era chamar a atenção para o tema. A segunda etapa consistiu em fazer um lanche com alimentos transgênicos e outros não e verificar se os estudantes olhavam os rótulos. Depois os alunos assistiram dois vídeos sobre o assunto e discutiram os alimentos transgênicos. A terceira etapa focava na argumentação, pois os educandos deviam fazer uma pesquisa sobre a temática e apresentar seus argumentos e conhecimentos. Também foram discutidos aspectos da NdC. Na quarta etapa foi realizado um júri simulado, em que alguns alunos deveriam argumentar em favor do investimento em pesquisa com transgênicos e outro grupo seria contra. Ao final, o resultado do júri seria discutido de modo a explicitar os argumentos usados e os aspectos da NdC envolvidos. O resumo das aulas e os aspectos da NdC evidenciados em cada uma estão no Quadro 20.

Ao final das atividades e análise destas, a autora de D23 concluiu que:

[...] a abordagem integrada e explícita de NC [Natureza da Ciência] e argumentação em contexto sociocientífico favoreceu o desenvolvimento de uma visão ampla sobre a ciência nos estudantes investigados. Isso porque a visão destes sobre a ciência era restrita e ingênua no início do processo, visto que eles avaliaram que a ciência não influenciava suas vidas, não reconheceram a existência de diferentes influências (política, social, ambiental, econômica, ética) no processo de desenvolvimento de um produto científico e apenas explicitaram a influência de interesses

econômicos e éticos no processo de disseminação de um produto científico, sendo que o aspecto ético não foi justificado. Por outro lado, durante o júri simulado, percebemos que os estudantes expressaram características da ciência mais adequadas e amplas do que as apresentadas no início do processo, isto é, explicitaram vários aspectos que foram coerentes com a ciência e estabeleceram relações entre diferentes esferas (D23, p. 147).

QUADRO 20 – ASPECTOS DA NDC DE CADA AULA.

Aula	Atividade	Aspectos da NdC evidenciados
1 e 2	Lanche com alimentos transgênicos ou não, vídeos sobre o assunto e discussão do tema.	O conhecimento já está pronto e a ciência apenas descobre ou ele é construído (descritores 3 e 10 – empírico-indutivista e atórica e observação influenciada pela teoria). A ciência é coletiva ou individual (descritores 2 e 9 – individualista e elitista e ciência como atividade coletiva). O conhecimento é uma certeza ou controverso (descritores 7 e 14 – acumulativa de crescimento linear e rupturas e controvérsias científicas). Existência ou não de interesses nas pesquisas científicas (descritores 1 e 8 – socialmente neutra e ciência influenciada por fatores externos).
3 e 4	Discussão de um texto que apresenta evidências de que um crânio encontrado é de Copérnico, os alunos deveriam dizer se as evidências apresentadas são suficientes.	A ciência e suas evidências são confiáveis ou não (descritores 4 e 11 – rígida e pluralismo metodológico – e descritores 3 e 10 – empírico-indutivista e atórica e observação influenciada pela teoria).
5 e 6	Estudantes apresentaram pesquisas que fizeram sobre transgênicos.	A ciência é objetiva ou parcial (descritores 1 e 8 – socialmente neutra e ciência influenciada por fatores externos).
7, 8, 9, 10, 11 e 12	Separação dos grupos para o júri simulado e preparação dos argumentos pela leitura de textos	A ciência é objetiva ou parcial (descritores 1 e 8 – socialmente neutra e ciência influenciada por fatores externos). As pesquisas são feitas por pessoas sozinhas ou por grupos (descritores 2 e 9 – individualista e elitista e ciência como atividade coletiva).
13 e 14	Júri simulado	-

FONTE: a autora (2019).

7. 2. 3 Tese 9

O terceiro trabalho, desta vez uma tese, que teve objetivos relacionados com a NdC foi T9. Esta tese foi defendida no Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência da Unesp/Bauru no ano de 2015. O título é 'Percepção pública da ciência e da tecnologia dos medicamentos: subsídios para o ensino de ciências'. O objetivo da pesquisa é “[...] compreender a percepção pública acerca da C&T

[ciência e tecnologia] dos medicamentos para subsidiar o ensino de ciências” (T9, p. 21).

A fundamentação teórica da tese, em termos de NdC, baseia-se, quase que exclusivamente, nos trabalhos de Hugh Lacey.

A autora de T9 desenvolveu uma pesquisa quantitativa, realizada em quatro etapas: (i) elaboração de um questionário para acessar a percepção pública de ciência e tecnologia; (ii) definição da amostra; (iii) aplicação do questionário e (iv) análise quantitativa dos dados.

Inicialmente foram aplicados dois testes pilotos do questionário. Posteriormente, depois de corrigir as divergências, o instrumento de pesquisa foi aplicado a 551 moradores da cidade de Maringá (PR), de bairros e situações sociais variadas. O questionário contém 13 questões, as quais têm por objetivo identificar:

- as características demográficas e socioeconômicas da amostra;
- as fontes de informação usadas pelas pessoas para se informar sobre medicamentos;
- as relações que os indivíduos fazem entre ciência e conhecimento;
- se a população relaciona os medicamentos com riscos;
- o interesse das pessoas nos medicamentos;
- o grau de informação científica sobre o tema;
- a importância atribuída aos medicamentos.

A autora concluiu com a pesquisa que a fonte de informação mais usada pelos moradores com melhores condições financeiras é a internet. Já nos bairros mais carentes, onde nem todos tem acesso à internet, utiliza-se mais a bula, o farmacêutico e o médico. As mulheres, idosos e pessoas com menor nível de escolaridades mostraram-se mais interessadas pelo assunto dos medicamentos. Notou-se que, independente do nível de escolaridade ou condição social, os indivíduos tem níveis de informação sobre os medicamentos muito parecidos, confiam nestes como fruto de um conhecimento científico verdadeiro e não percebem os interesses particulares das indústrias farmacêuticas. Assim,

[...] foi possível concluir que a percepção sobre a C&T [ciência e tecnologia] dos medicamentos sofre maior influência da vivência dos indivíduos em conflitos e tentativas de solução dos problemas concretos relacionados ao tema, e pouco tem sido influenciada pelo nível de escolaridade dos indivíduos, mesmo após vários anos de estudo e transcorrendo diversos níveis de escolaridade (T9, p. 216).

A autora coloca que estas visões deformadas de ciência são transmitidas pela mídia e, principalmente, pelo Ensino de Ciências. O qual “[...] é insuficiente para promover a aprendizagem que ultrapasse a abrangência conceitual, não possibilitando a compreensão crítica e consciente acerca dos medicamentos e de outras aplicações da C&T presentes em nosso dia a dia” (T9, p. 216). Por isso, o nível de escolaridade não foi um diferenciador na visão que se tem de ciência.

7. 2. 4 Tese 11

A quarta pesquisa sobre CSC que tem em seus objetivos a NdC é T11. Esta tese também foi defendida no Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência da Unesp/Bauru no ano de 2015, intitulada ‘Compreensões sobre a natureza da ciência de licenciandos a partir da experiência com questões sociocientíficas: possibilidades para a formação inicial’. O objetivo da pesquisa é “[...] analisar as compreensões dos licenciandos de diferentes áreas sobre a NdC, ao discutirem as controvérsias do Diagnóstico genético de pré-implantação (DGPI) e da Célula Sintética, e identificar as contribuições dessas compreensões para a formação inicial de professores” (T11, p. 22-23).

A fundamentação teórica contém um capítulo dedicado a NdC, no qual é discutida a ideia dos aspectos consensuais. A autora baseia-se em autores como Abd-El-Khalick, Lederman, Popper, Lakatos, Khun.

A pesquisa de T11 foi realizada na cidade de Bogotá (Colômbia), na Universidad Distrital Francisco José de Caldas. A pesquisadora desenvolveu uma disciplina optativa chamada ‘Formação de docentes em Questões Sociocientíficas’, a qual contou com 25 aulas, cujas atividades estão resumidas no Quadro 21. Participaram da disciplina 14 licenciandos de quatro cursos diferentes (Biologia, Pedagogia, Ciências Sociais e Inglês).

A autora de T11 identificou as visões de ciência dos licenciandos. Percebeu que seis licenciandos tinham visões absolutas, acreditando que as ciências naturais são lógicas, exatas e objetivas, desenvolvendo-se de acordo com o método científico. Já as ciências sociais são subjetivas, flexíveis e qualitativas. Outros dois licenciandos entendiam a ciência de forma mais integrada, pensando que as áreas sociais e naturais podem unir-se. Outros dois licenciandos percebiam a ciência como dinâmica, ou seja, ela sofre mudanças com o passar do tempo. Outros quatro

licenciandos demonstraram ter uma visão contextualizada, entendendo que a ciência é construída de forma coletiva e é influenciada pelos fatores externos, como os interesses econômicos e políticos.

QUADRO 21 – ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NAS AULAS DA DISCIPLINA OPTATIVA DE T11.

Aula	Atividade
1	Apresentação da disciplina.
2	Preenchimento de questionário para caracterizar o entendimento de ciência dos alunos e leitura e discussão de texto sobre definição de ciência.
3 e 4	Leitura e discussão de texto sobre definição de ciência.
5, 6, 7 e 8	Leitura e discussão de notícias envolvendo ciência e caracterização inicial sobre o que são as CSC.
9 e 10	Discussão de vídeo sobre célula sintética.
11	Apresentação sobre Projeto Genoma Humano.
12 e 13	Leituras, vídeos e discussões sobre Diagnóstico Genético de Pré-implantação.
14 e 15	Leitura e discussão sobre NdC.
16, 17, 18 e 19	Apresentação de grupos sobre: desenvolvimento embrionário e conceito de vida, Diagnóstico Genético de Pré-implantação, implicações ambientais da manipulação genética, visões de vida.
20	Apresentação sobre as CSC.
21 e 22	Discussão sobre manipulação genética e sua relação comercial.
23, 24 e 25	Discussão sobre as CSC, suas características, e sua utilização no ensino.

FONTE: a autora (2019).

Ademais, a autora de T11 notou que os licenciandos de Biologia e Ciências Sociais apresentaram visões mais abrangentes de ciência. Já os licenciandos que tinham as visões mais restritas eram do curso de Pedagogia e Inglês, visto que nesses cursos não se estudam os aspectos da construção do conhecimento científico.

No entanto, depois das discussões realizadas na disciplina a autora de T11 notou que os licenciandos mudaram suas visões de ciência:

Os posicionamentos éticos dos licenciandos nos possibilitaram caracterizar avanços na sua compreensão da NdC, pois o entendimento de aspectos éticos eram desconsiderados no início da disciplina. Assim, a análise da mudança de noção de vida e de ser humano desencadearam a ideia de que a atividade científica atual está fortemente influenciada por discussões públicas sobre os limites de seu desenvolvimento, o que está ligado a determinados interesses do poder político e econômico. Nestes termos, a ciência é considerada pelos licenciandos segundo uma visão mais humana, com erros e valores e com uma importante responsabilidade social no sentido de que cabe ao Estado e aos cidadãos problematizá-la e regulá-la,

de forma que a tecnocracia é questionada para abrir as possibilidades de participação (T11, p. 214).

Assim, a abordagem das CSC mostrou-se efetiva como forma de discutir a NdC.

7.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS DO CAPÍTULO

Foi possível perceber, com este capítulo, que nas pesquisas que envolvem CSC, mesma quando o objetivo não envolve a discussão da NdC, essa aparece nos trabalhos. Identificamos que os aspectos mais presentes nas teses e dissertações foram o descritor 8 – ciência influenciada por fatores externos – e 12 – caráter histórico e dinâmico da ciência. Estes aspectos da ciência são os que ficam mais claros quando se fala de CSC. Afinal, como as CSC são situações que envolvem as relações CTS, expõem-se com clareza as influências que a ciência recebe e desenvolve em relação à sociedade. Percebe-se como os fatores políticos, econômicos e morais afetam o desenvolvimento científico e a tomada de decisão desses assuntos. Além disso, é possível notar as mudanças que ocorrem na ciência com o passar do tempo, evidenciando-se seu caráter histórico e dinâmico.

Adicionalmente, encontramos apenas quatro pesquisas cujos objetivos envolviam diretamente a NdC: D10, D23, T9 e T11. Dessas, D10 e T11 envolveram a formação e professores, com propostas de um grupo de pesquisa e uma disciplina sobre as CSC e a NdC. Já T9 voltou-se para a comunidade externa, buscando entender as visões de ciência da população de uma cidade, usando como contexto uma CSC. E D23 foi a única pesquisa que se voltou para os estudantes do Ensino Médio, propondo atividades que permitissem a abordagem de CSC e da NdC.

Portanto, concluímos que a NdC é pouco abordada nas pesquisas que envolvem as CSC. A maior parte dos trabalhos que envolvem as CSC, foca nas relações CTS, no desenvolvimento da argumentação e na preparação para a tomada de decisões. Dessa forma, a NdC acaba ficando em segundo plano.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.1 RESPOSTAS ÀS QUESTÕES ORIENTADORAS DESTA INVESTIGAÇÃO

Este trabalho teve como base a premissa de que o Ensino de Ciências deve fomentar a formação de cidadãos críticos, conscientes e participativos em uma sociedade democrática. Para tanto, os estudantes precisam, além de entender os conceitos científicos, compreender as relações entre CTS e como ocorre a construção do conhecimento científico, ou seja, aspectos relativos à NdC. Existem na literatura da área de ensino de ciências, diversas propostas didáticas e abordagens específicas que visam estes objetivos de formação cidadã e, uma destas envolve a discussão sobre CSC. Consideramos que atividades envolvendo CSC têm potencial para facilitar o entendimento da NdC em sala de aula. Em função disso, o objetivo desta pesquisa foi analisar se e como a NdC está sendo discutida nas pesquisas brasileiras sobre CSC.

Assim, a questão orientadora desta investigação foi: Como a NdC está sendo discutida nas pesquisas brasileiras sobre CSC? E para responder esta questão tivemos como objetivos específicos:

- a) Caracterizar as discussões teóricas acerca das CSC e da NdC na área de Educação em Ciências.
- b) Mapear as teses e dissertações cujo escopo são as CSC no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) nos últimos 20 anos (1997-2016).
- c) Entender como as CSC estão sendo abordadas nas teses e dissertações.
- d) Analisar as tendências e abordagens da NdC nas pesquisas sobre CSC.
- e) Discutir a relevância da NdC e das CSC para a Educação em Ciências.

O primeiro objetivo específico foi desenvolvido nos capítulos 2, 3 e 4 desta dissertação, em que discutimos um pouco sobre a NdC, as CSC e por que essas são importantes para o Ensino de Ciências que visa a AC. Apesar de não existir uma definição exata do que é a NdC na literatura, existem visões que são consideradas deformadas por Pérez et al., (2001), que devem ser evitadas no ensino, por irem de encontro às visões consensuais, que são aquelas consideradas mais contextualizadas sobre a construção do conhecimento científico ou às visões de semelhança familiar (IRZIK; NOLA, 2011).

Em relação às CSC tem-se que estas são situações controversas envolvendo ciência e tecnologia e seus aspectos éticos, morais, econômicos, políticos, sociais, entre outros (KOLSTO, 2001). Discutimos como as CSC podem desenvolver habilidades importantes para a cidadania e, em especial, como evidenciam a NdC.

O segundo objetivo específico foi alcançado no capítulo 5, em que explicamos a metodologia da pesquisa, da constituição dos dados e da análise dos mesmos. Utilizamos um dos bancos de teses e dissertações mais completos do Brasil: o Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, em que foram encontradas 69 teses e dissertações brasileiras sobre CSC defendidas até o ano de 2017 em PPG de Ensino ou Educação.

No capítulo 6 atingimos o terceiro objetivo específico, ao analisar as teses e dissertações sobre CSC. Identificamos que a produção brasileira sobre a temática é recente e concentra-se na região sudeste do Brasil, em especial, na Unesp. A maior parte das teses e dissertações versam sobre a formação de professores e estratégias didáticas para ensinar usando as CSC. Esse dado é positivo, pois o primeiro passo para a mudança do Ensino é a formação adequada de docentes, seguida de propostas didáticas que possam ser utilizadas por estes. No entanto, constatamos que existem poucas pesquisas teóricas e poucos pesquisadores brasileiros que discutem as CSC.

O quarto e quinto objetivos específicos foram atingidos no capítulo 7. No qual foi possível perceber que a NdC é pouco abordada nos trabalhos sobre CSC, sendo priorizadas as relações CTS. Além disso, mesmo quando a NdC aparece, apenas alguns aspectos da mesma são citados. Os dois mais encontrados dizem respeito ao enfrentamento de visões deformadas e foram: a *ciência influenciada por fatores externos* e o *caráter histórico e dinâmico da ciência*. Apenas quatro teses e dissertações tinham como objetivo discutir e/ou analisar e/ou estimular o entendimento sobre a NdC no contexto das CSC. Sendo duas de formação de professores, uma de percepção pública de ciência e apenas uma voltada para o Ensino Médio.

É importante que existam pesquisas com propostas de sequências didáticas e outras atividades para serem desenvolvidas na Educação Básica. Afinal, como Moura (2014) coloca, hoje não se discute mais a importância de refletir sobre NdC, isso já é consenso. O desafio atualmente é desenvolver formas de estimular tal

reflexão em sala de aula. Logo, é preciso prover os docentes de exemplos de ações concretas que envolvam a NdC e as CSC. Afinal, muitos professores acreditam não existir tempo para desenvolver atividades de discussão nas aulas de química. Entretanto, “ao longo das últimas três décadas, a premissa fundamental da educação científica não é ensinar mais e mais conteúdo, mas sim focar o que é essencial para a alfabetização científica (AC) e ensiná-la de forma mais eficaz e de maneira autêntica aos alunos” (KARISAN; ZEIDLER, 2017, p. 139, tradução nossa). Assim, o ensino de ciências não deve apenas ensinar os conteúdos, pois essa é apenas uma parte da AC, é preciso também propiciar reflexões sobre NdC e as relações CTS e, nesse sentido, argumentamos que as CSC têm rico potencial.

8.2 REFLEXÕES PESSOAIS E DESAFIOS

A realização desta pesquisa foi um desafio, o qual foi sendo compreendido e realizado em um processo de extremo aprendizado. Inicialmente, foi necessário ler muito para compreender o que é a NdC e o que são as CSC para, então, escrever os capítulos de fundamentação teórica. Nesta etapa, a maior dificuldade foi sintetizar e selecionar o que era mais importante e deveria ser mencionado no texto.

Posteriormente constitui os dados no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. Nesse momento a dificuldade foi selecionar quais pesquisas realmente eram sobre CSC, sendo necessário ler os resumos de cada uma. Também foi difícil encontrar algumas teses e dissertações, pois nem todas estavam disponíveis em formato PDF no catálogo, apenas eram mencionadas no mesmo. Assim, algumas vezes, foi necessário buscar as teses e dissertações nos sites dos PPG em que foram defendidas.

Depois de ter todas as teses e dissertações em mãos, comecei a analisar como as CSC estavam sendo abordadas, de modo a verificar as tendências e lacunas. Nessa etapa o desafio foi realizar a ATD e construir as categorias. Posteriormente iniciei as análises relativas a NdC e sua abordagem nas teses e dissertações. Essa etapa envolve grande mergulho nas teses e dissertações, que foram lidas e relidas em busca dos aspectos da NdC. Surpreendeu-me o fato de que poucas pesquisas usavam as CSC para abordar a NdC. Certamente, aspectos do conhecimento científico sempre eram citados nas teses e dissertações, pois seria

impossível falar das CSC sem mencionar algo sobre a construção e funcionamento da ciência. No entanto, discussões a fundo sobre a NdC foram raras.

8.3 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Esta pesquisa indicou as tendências e lacunas no estudo das CSC. A partir dessas, sugerimos que sejam realizadas mais propostas didáticas com foco na EJA e no Ensino Fundamental, pois esses níveis de ensino são pouco explorados no que se refere às CSC e à NdC. Além disso, sugerimos a realização de estudos teóricos sobre as CSC.

Em termos da NdC, essa precisa ser mais discutida nos trabalhos e podem ser realizadas pesquisas para verificar como as CSC melhoram o entendimento da NdC e como essa afeta a tomada de decisões em situações controversas. Seria interessante que fossem construídas propostas de sequências didáticas que tivessem a NdC e as CSC como foco principal. Pois, das quatro pesquisas que tinham a NdC como objetivo, apenas uma correspondia à uma atividade para o Ensino Médio. Assim, é preciso fornecer propostas para que os professores tenham material referencial para seguir e aplicar em suas aulas.

REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000.

AIKENHEAD, G. S. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. S. **STS education: international perspectives on reform**. New York: Teachers College Press, 1994, p.47-59.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Disponível em: <http://formsus.datasus.gov.br/site/resultado.php?id_aplicacao=45725>. Acesso em: 18 nov. 2019.

ARAUJO, S. N. **Produção de uma sequência didática com abordagem socioambiental na educação de jovens e adultos**. 106 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação e Docência) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 122-134, jul./dez. 2001.

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.

AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Revisão sistemática de trabalhos sobre concepções de natureza da ciência no ensino de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 17, n. 2, p. 579-619, ago, 2017.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, MEC, 2000. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.

BRASIL. **Orientações Curriculares Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, MEC, 2002. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 10 out. 2019.

BYBEE, R.W. Achieving Scientific Literacy. **The Science Teacher**, Arlington, v. 62, n. 7, p. 28-33, 1995.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P.; SILVA, D. Relações entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de física. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 152-166, jul./dez. 2000.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. Lisboa: Portico, c1962.

CARVALHO, E. M.; GAMBOA, S. S. O estado da arte da produção do conhecimento sobre as ações afirmativas nas universidades estaduais paulistas. **Revista Pedagógica**, Chapecó, v. 16, n. 32, jan./jul. 2014.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Percepção pública de C&T no Brasil**: resumo executivo. Brasília, 2019.

CHALMERS, A. L. O que é ciência afinal? São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 22, p. 89-100, 2003.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DO PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). Acesso à Informação. Como funciona o catálogo de teses e dissertações da CAPES? Fev. 2010. Disponível em <
<http://www.capes.gov.br/acesoainformacao/perguntas-frequentes/periodicos/3571-como-funciona-o-banco-de-teses>>. Acesso: 21 jan. 2019.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). Diretoria de Avaliação. **Relatório de avaliação 2013-2016 quadrienal 2017**. Brasília, 2017.

COSTANTIN, A. C. C. Museus interativos de ciências: espaços complementares de educação? **Interciencia**, Caracas, v. 26, n. 5, p. 195-200, maio 2001.

CRESWELL, J. W. **Pesquisa de métodos mistos**. 2. ed Porto Alegre: Penso, 2013.

DACORÉGIO, G. A.; ALVES, J. A. P.; LORENZETTI, L. Tendências de pesquisas em ENPECs sobre questões sociocientíficas. **Actio**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 79-96, out./dez. 2017.

EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, P. L. B. Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre história e filosofia das ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 265-313, 2004.

ESPÍRITO SANTO, M.; REIS, P. Utilização de Blogues na discussão de controvérsias sociocientíficas na disciplina de Ciências da natureza. **Caderno Pedagógico**, Lajeado, v. 10, n. 1, p. 9-24, 2013.

EUROPEAN COMMISSION. **Europeans, Science and Technology**. Special Eurobarometer 224, 2005. Disponível em:
http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs_224_report_en.pdf. Acesso em: 15 jan. 2018.

FERREIRA, N. S. A. As pesquisas denominadas 'estado da arte'. **Educação & Sociedade**, Campinas, ano XXIII, nº 79, p. 257-271, ago. 2002.

FILHO, J. C. S.; GAMBOA, S. S. **Pesquisa Educacional: quantidade-qualidade**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

FLECK, L. **Genesis and development of a scientific fact**. London: University of Chicago Press, 1981.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R de A. Historiografia e natureza da Ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 27-59, abr. 2011.

FOUREZ, G. Crise no Ensino de Ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.

GALVÃO, C.; REIS, P.; FREIRE, S. A discussão de controvérsias sociocientíficas na formação de professores. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 3, p. 505-522, 2011.

HILÁRIO, T.; REIS, P. R. Potencialidades e limitações de sessões de discussão de controvérsias sociocientíficas como contributos para a literacia científica. **Revista de Estudos Universitários**, Sorocaba, v. 35, n. 2, p. 167-183, 2009.

HURD, P. Scientific literacy: its meaning for American schools. **Educational Leadership**, Alexandria, v. 16, p. 13-16, out. 1958.

_____. Scientific literacy: new minds for a changing world. **Science Education**, v. 82, n. 3, p. 407-416, 1998.

IRZIK, G.; NOLA, R. A family resemblance approach to the nature of Science for Science education. **Science & Education**, Dordrecht, v. 20, p. 591-607, 2011.

KARISAN, D.; ZEIDLER, D. L. Contextualization of Nature of Science within the Socioscientific Issues Framework: A Review of Research. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**, Meram, v. 5, n. 2, p. 139-152, 2017.

KOLSTO, S. D. Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the Science Dimension of Controversial Socioscientific Issues. **Science Education**, Georgetown, USA, v. 85, p. 291-310, 2001.

KRUPCZAK, C.; AIRES, J. A. Natureza da Ciência: o que os pesquisadores brasileiros discutem? **Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemática**, Manaus, v. 14, n. 32, p. 19-32, jul./dez. 2018.

LAVAQUI, V.; BATISTA, I. L. Interdisciplinaridade em ensino de ciências e de matemática no ensino médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 3, p. 399-420, 2007.

LEDERMAN, N. G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of a research. **Journal of Research in Science Teaching**, Champaign, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; SCHWARTZ, R. S. Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, Champaign, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

LEDERMAN, N. G.; ANTINK, A.; BARTOS, S. Nature of science, scientific inquiry, and socio-scientific issues arising from genetics: A pathway to developing a scientifically literate citizenry. **Science & Education**, Parañaque, v. 23, n. 2, p. 285-302, 2014.

LINHARES, E.; REIS, P. R. Concepções e experiências dos alunos de uma instituição de ensino superior sobre a discussão em contexto escolar. **Revista de Estudos Universitários**, Sorocaba, v. 35, n. 2, p. 121-138, 2009.

LOPES, N. C. **A constituição de associações livres e o trabalho com as questões sociocientíficas na formação de professores**. 389 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2013.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 45-61, jan./jun. 2001.

MACHADO, D. S.; RAZERA, J. C. C.; GUIMARÃES, M. A. Resultados de pesquisas sobre compreensão de natureza da ciência nos últimos anos: implicações diacrônicas acerca da formação de professores. **Enseñanza de las Ciencias**, n. extraordinário, p. 631-636, 2017.

MARQUES, A. C. T. L.; MARANDINO, M. Alfabetização científica, criança e espaços de educação não formal: diálogos possíveis. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 44, p. 1-19, 2018.

MARTIN, E. The egg and the sperm: how science has constructed a romance based on stereotypical male-female roles. **Signs**, v. 16, n. 3, p. 485-501, 1991.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em 'temas' e 'questões'. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703-737, dez. 2015.

MARTINS, R. A. O que é Ciência, do ponto de vista da epistemologia? **Caderno de Metodologia e Técnica de Pesquisa**, n. 9, p. 5-20, 1999.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MICHAELS, D.; MONFORTON, C. Manufacturing uncertainty: contested science and the protection of the public's health and environment. **American Journal of Public Health**, v. 95, n. S1, p. 39-48, 2005.

MILLER, J. D. Scientific Literacy: a conceptual and empirical review. **Daedalus**, Cambridge, v. 112, n. 2, p. 29-48, 1983.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva**. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2013.

MORAIS, A. M.; NEVES, I. P.; FERREIRA, S.; SARAIVA, L. A natureza da ciência na educação em ciência: teorias e práticas. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v. 13, n. 1, p. 8-32, jan./abr. 2018.

MOURA, B. A. 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, v. 7, n. 1, p. 32-46, jan/jun 2014.

MUNDIM, J. V.; SANTOS, W. L. P. Ensino de ciências no ensino fundamental por meio de temas sociocientíficos: análise de uma prática pedagógica com vista à superação do ensino disciplinar. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 18, n. 4, p. 787-802, 2012.

NARDI, R. A pesquisa em ensino de ciências e matemática no Brasil. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 21, n. 2, p. I-V, abr./ jun. 2015.

OKI, M. C. M.; MORADILLO, E. F. O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008.

OLIVEIRA, T. C. **Educação CTS**: uma experiência didática com o tema substâncias psicoativas. 217 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2016.

OLIVEIRA, W. C. **Ensinando sobre a natureza da ciência**: uma abordagem explícita e contextualizada a partir da história do vácuo. 473 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

OLIVEIRA, D. N.; CORREIA, L. L.; JUNIOR, V. A. A.; NOVAK, M. F. V. O acompanhamento do programa ciência na escola para expansão da alfabetização científica no Amazonas. **Areté – Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, Manaus, v. 9, n. 18, p. 13-22, jan./jul. 2016.

PALANCH, W. B. L.; FREITAS, A. V. Estado da arte como método de trabalho científico na área de Educação Matemática: possibilidades e limitações. **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande, v. 8, n. temático, p. 784-802, 2015.

PÉREZ, L. F. M.; CARVALHO, W. L. P.; LOPES, N. C.; CARNIO, M. P.; VARGAS, N. J. B. A abordagem de questões sociocientíficas no Ensino de Ciências: contribuições à pesquisa da área. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8, 2011, Campinas. **Trabalhos completos**, Campinas: Unicamp, 2011. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1606-1.pdf>>. Acesso em março de 2018.

PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

POPPER, K. R. **Conjecturas e refutações**: o desenvolvimento do conhecimento científico. Coimbra: Almedina, 2006.

PRAIA, J.; PÉREZ, D. G.; VILCHES, A. O papel da natureza da Ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

RANGEL, F. O.; SANTOS, L. S. F.; RIBEIRO, C. E. Ensino de física mediado por tecnologias digitais de informação e comunicação e a literacia científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. especial 1, p. 651-677, set. 2012.

REIS, P. Acción socio-política sobre cuestiones socio-científicas: reconstruyendo la formación docente y el currículo. **Uni-pluri/versidad**, Medellín, v. 14, n. 2, p. 16-26, 2014.

_____. Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de cidadania. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, Santo Ângelo, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2013.

_____. Ciência e Controvérsia. **Revista de Estudos Universitários**, Sorocaba, v. 32, p. 9-15, 2009.

_____. Os temas controversos na Educação Ambiental. **Pesquisa em Educação Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 125-140, 2007.

_____. Uma iniciativa de desenvolvimento profissional para a discussão de controvérsias sociocientíficas em sala de aula. **Revista Interações**, Lisboa, no. 4, p. 64-107, 2006.

_____. **Controvérsias sócio-científicas**: discutir ou não discutir? Percursos de aprendizagem na disciplina de Ciências da Terra e da Vida. 488 f. Tese (Doutorado em Educação) – Departamento de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2004.

_____. A discussão de assuntos controversos no ensino de Ciências. **Inovação**, Campinas, v. 12, p. 107-112, 1999.

REIS, P.; GALVÃO, C. Teaching controversial socio-scientific issues in biology and geology classes: a case study. **Electronic Journal of Science Education**, Fort Worth, v. 13, n. 1, p. 1-24, 2009.

_____;_____. Os professores de Ciências Naturais e a discussão de controvérsias sociocientíficas: dois casos distintos. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 3, p. 746-772, 2008.

_____;_____. O diagnóstico de concepção sobre os cientistas através da análise e discussão de histórias de ficção científica redigidas pelos alunos. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 213-234, 2006.

RODRIGUES, L. N.; BATISTA, R. S.; LEITE, S. Q. M.; GRECO, S. J.; NETO, A. C.; JUNIOR, V. L. Educação química no projeto escolar 'Quixaba': alfabetização científica com enfoque CTSA no ensino fundamental a partir de temas sociocientíficos. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, Campo Grande, v. 7, n. 1, p. 59-80, jan./ mar. 2015.

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. T. As pesquisas denominadas do tipo 'estado da arte' em educação. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 6, n. 19, p. 37-50, set./dez. 2006.

ROSO, C. C.; AULER, D. A participação na construção do currículo: práticas educativas vinculadas ao movimento CTS. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 22, n. 2, p. 371-389, 2016.

SADLER, T. D. Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. **Journal of Research in Science Teaching**, Champaign, v. 41, n. 5, p. 513-536, 2004.

SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. L. The morality of socioscientific issues: construal and resolution of genetic engineering dilemmas. **Science Education**, v. 88, n. 1, p. 4-27, 2004.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, Piracicaba, v. 1, n. especial, p. 1-12, nov. 2007.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 110-132, dez. 2000.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. A argumentação em discussões sócio-científicas: reflexões a partir de um estudo de caso. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 140-152, 2001.

SANTOS; J. V. A.; ROSA, M. D.; HOFFMANN, M. B. Concepções acerca da natureza da ciência e da ética científica em estudantes e egressos de um curso de

ciências biológicas. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 8, n. 1, p. 43-58, jan./jun. 2018.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino de física. Disponível em: http://moodle.stoa.usp.br/file.php/1129/AC_e_documentos_oficiais_brasileiros.pdf. Acessado em 27 de setembro de 2018.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de; Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

_____. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SCHARMANN, L. C. Enhancing the understanding of the premises of evolutionary theory: the influence of diversified instructional strategy. **School Science and Mathematics**, v. 90, p. 91-100, 1990.

SCHARMANN, L. C.; HARRIS, W. M. Teaching evolution: understanding and applying the nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, p. 375-388, 1992.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. Concepções sobre a natureza da ciência num curso de ciências biológicas: imagens que dificultam a educação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 157-181, 2007.

SCHEID, N. M. J.; REIS, P. G. As tecnologias da informação e da comunicação e a promoção da discussão e ação sociopolítica em aulas de Ciências naturais em contexto português. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 22, n. 1, p. 129-144, 2016.

SHEN, B. S. P. Scientific literacy: public understanding of science is becoming vitally needed in developing and industrialized countries alike. **American Scientist**, New Haven, v. 63, n. 3, p. 265-268, maio/ jun. 1975.

SILVA, E. C. C.; AIRES, J. A. Análise das visões sobre a natureza da ciência em produções científicas que se reportam a livros didáticos. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 141-160, 2014.

SOUSA, P. S. **Argumentação centrada em questões sociocientíficas e educação problematizadora**: possibilidades para o ensino de ciências. 148 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2015.

SOUZA, K. R.; KERBAUY, M. T. M. Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação. **Educação e Filosofia**, Uberlândia, v. 31, n. 61, p. 21-44, jan./ abr. 2017.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JR.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 3, p. 529-556, 2009.

ZEIDLER, D. L.; NICHOLS, B. H. Socioscientific issues: theory and practice. **Journal of Elementary Science Education**, Macomb, v. 21, n. 2, p. 49-58, 2009.