



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO,
FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS



MESTRADO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

DAIANE MARIA DOS SANTOS RIBEIRO

**ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
BASEADA EM UMA QSC SOBRE ENERGIA NUCLEAR SOB A PERSPECTIVA
FREIREANA**

**SALVADOR/BA
2018**

DAIANE MARIA DOS SANTOS RIBEIRO

**ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
BASEADA EM UMA QSC SOBRE ENERGIA NUCLEAR SOB A PERSPECTIVA
FREIREANA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestra em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Indianara Lima Silva

**SALVADOR/BA
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Ribeiro, Daiane Maria dos Santos

Elaboração e validação de uma sequência didática baseada em uma QSC sobre energia nuclear sob a perspectiva freireana / Daiane Maria dos Santos Ribeiro. -- Salvador, 2018.
199 f.

Orientadora: Indianara Lima Silva.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências) -- Universidade Federal da Bahia, Instituto de Física, 2018.

1. Pedagogia Libertadora de Paulo Freire. 2. Educação CTSA. 3. Questões Sociocientíficas. 4. Pesquisa de Design Educacional. 5. Ensino da FMC. I. Silva, Indianara Lima. II. Título.

DAIANE MARIA DOS SANTOS RIBEIRO

ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA
EM UMA QSC SOBRE ENERGIA NUCLEAR SOB A PERSPECTIVA FREIREANA

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências
Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana

Aprovada em: 19 de Novembro de 2018

Componentes da Banca Examinadora

Profa. Dra. Indianara Lima Silva (Presidente e Orientadora)
Universidade Estadual de Feira de Santana

Profa. Dra. Rosileia Oliveira de Almeida (Membro Interno)
Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior (Membro Externo)
Universidade Federal de Minas Gerais

SALVADOR/BA
2018



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO DE **DAIANE MARIA DOS SANTOS
RIBEIRO**, REALIZADA NO DIA 19/11/2018.

Ao décimo nono dia do mês de novembro do ano de dois mil e dezoito, às nove horas e trinta minutos, na Sala de Seminários do Instituto de física da Universidade Federal da Bahia, foi instalada pela Professora Dra. Indianara Lima Silva, a sessão pública para julgamento da Dissertação Final elaborada pela mestranda **DAIANE MARIA DOS SANTOS RIBEIRO**, intitulada “**ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM UMA QSC SOBRE ENERGIA NUCLEAR SOB A PERSPECTIVA FREIREANA**”. A banca julgadora foi constituída pela Professora Dra. Indianara Lima Silva (orientadora – UFBA), Professora Dra. Rosiléia Oliveira de Almeida (examinadora interna – UFBA) e Professor Dr. Orlando de Aguiar Jr. (examinador externo – UFMG). Passou-se à exposição da mestranda **DAIANE MARIA DOS SANTOS RIBEIRO**, seguida da arguição dos professores integrantes da banca. A banca reuniu-se, então, em separado, tendo resolvido, por unanimidade, pela **APROVAÇÃO**. Nada mais havendo a tratar, foi encerrada a sessão e lavrada a presente ata. Salvador, 19 de novembro de 2018.

Indianara Silva
Rosiléia Oliveira de Almeida
Orlando de Aguiar Jr.
Angelo M. Reis Filho
Maurício Souza de Sá
Daiane

Dedico esta pesquisa de mestrado à minha família e a todas as mulheres que lutaram e lutam pelo nosso espaço na sociedade.

Agradecimentos

É com grande satisfação e felicidade que venho aqui registrar os meus singelos agradecimentos a muitas pessoas que me ajudaram a finalizar mais um ciclo muito importante da minha formação.

Por isso agradeço imensamente:

À Minha família, em especial, a minha mãe, Vanilde, pelo apoio dado em todos os momentos e por ser exemplo de honestidade e bom caráter.

Às minhas irmãs amáveis Edilane e Tatyanny e aos meus irmãos queridos Romário, Luiz Eduardo e Marcos Antonio.

Às minhas tias e tios, primas e primos. As minhas sobrinhas adoráveis Rawane e Sawane e a minha afilhada linda Emily.

Ao meu avô Manoel “Manezim” e ao meu avô Ciro por todo aprendizado e apoio.

Às minhas avós Rosa (*in memorian*) e Joana (*in memorian*) por todo aprendizado e apoio.

À dona Nevolanda por ser um exemplo de mulher e pelo apoio dado.

À Lina, Tício e Rebeca pelo acolhimento em Salvador.

Ao meu esposo e amigo Marcelo pela companhia, pelos conselhos e apoio, pois sem ele tudo seria mais difícil.

Ao meu filho quadrúpede, Café, que sempre esteve ao meu lado, inclusive durante as madrugadas de leitura e escrita.

À minha filha quadrúpede, Tina, que chegou há pouco tempo, mas já é muito presente.

Aos meus colegas e professores por todo aprendizado.

À disciplina Questões Sociocientíficas e Argumentação no Ensino de Ciências e aos professores da mesma, Nei e Dália, que me deram um norte para a escolha do tema dessa pesquisa.

Aos colegas e amig@s do LACIC (Laboratório Ciência como Cultura).

Ao Olival Freire por ter intermediado o contato entre mim e a minha orientadora Indianara.

À secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e Histórias das Ciências.

Aos meus amigos que me deram apoio moral nos momentos difíceis, em especial a Adriana, Eriverton, Andréa, Getúlio, Lea, Angevaldo, Rafaelle, Filipe, Paulo Rosa, Rejane e Victor.

Aos colegas que avaliaram a sequência didática deste estudo, pois a contribuição deles foi muito importante para o aperfeiçoamento da intervenção didática desta pesquisa.

Ao IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro que me permitiu chegar até aqui.

À Rosiléia e ao Orlando, que são pessoas lindas e maravilhosas, pelas ricas contribuições dadas a esta pesquisa de mestrado.

À minha orientadora Indianara pela paciência, pelo apoio e pelas boas energias em todos os momentos.

A todas as mulheres que um dia lutaram e lutam pelos nossos direitos nessa sociedade machista e desigual. A luta dessas mulheres me permitiu estudar, trabalhar, me emancipar e me empoderar. Entretanto, temos muitos direitos, ainda, a conquistar.

Aos governos Lula e Dilma pela oportunidade de estudar em instituições públicas de qualidade.

Ao Instituto Federal do Piauí pelo apoio dado para a conclusão deste mestrado.

À CAPES pelo incentivo financeiro da bolsa de mestrado.

“Não me venha com justificativas genéricas, sociológicas ou históricas ou filosóficas para explicar a superioridade da branquitude sobre a negritude, dos homens sobre as mulheres, dos patrões sobre os empregados. Qualquer discriminação é imoral e lutar contra ela é um dever por mais que se reconheça a força dos condicionamentos a enfrentar. A boniteza de ser gente se acha, entre outras coisas, nessa possibilidade e nesse dever de brigar”.

Paulo Freire (1921-1997)

RESUMO

A educação libertadora de Paulo Freire e pesquisadores que trabalham com questão sociocientífica (QSC) na educação CTSA enfatizam a importância de se trabalhar, em sala de aula, com temas que tenham conexão com o contexto dos estudantes. Isso foi considerado ao escolhermos uma problemática baseada em um contexto local sobre a construção de uma usina nuclear no município de Itacuruba em Pernambuco. Devido à natureza do tema, utilizamos tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) e conhecimentos da filosofia moral para darem subsídios aos alunos na compreensão da problemática em questão. A nossa proposta educacional é inovadora e promissora por trabalhar temas de FMC no ensino médio através de uma QSC articulada à pedagogia de Freire, à educação CTSA, e por utilizar os pressupostos teórico-metodológicos da Pesquisa de Design Educacional (*design research*). O objetivo deste trabalho foi então elaborar de maneira colaborativa e validar por pares uma sequência didática (SD) que tem por base uma QSC sobre energia nuclear dentro da perspectiva freireana e da educação CTSA, com um potencial de promover o desenvolvimento de ações sociopolíticas e tomada de posição pelos estudantes do ensino médio do IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro, através da mobilização dos conteúdos científico e ético envolvidos na QSC. Utilizamos uma abordagem qualitativa para analisar detalhadamente as avaliações feitas pelos pares com o intuito de verificar a validade da intervenção didática proposta. Dois aspectos, muito importantes, validaram a sequência didática para aplicação no contexto de ensino: 1) A vasta avaliação positiva da intervenção didática; 2) A análise rigorosa para cada crítica, comentário, sugestão e/ou justificativa, feita pelos pares, com o intuito de aperfeiçoar a sequência didática. Essa validação atribuiu rigor e confiabilidade a sequência didática, conferindo-lhe grande potencial de atingir os objetivos propostos de modo a promover aprendizagens conceituais, tomada de posição e o desenvolvimento de ações sociopolíticas.

Palavras Chaves: Questões Sociocientíficas, Pedagogia libertadora de Paulo Freire, Educação CTSA, Ensino de Física, Pesquisa de Design Educacional, Sequência Didática

ABSTRACT

The liberating education of Paulo Freire and researchers working on socio-scientific issues (SSI) in STSE education emphasize the importance of working in the classroom with themes that have a connection with students' context. Considering this, we choose a problem based on a local context about the construction of a nuclear power plant in Itacuruba, Pernambuco. Due to the nature of the theme, we use topics of Modern and Contemporary Physics (MCP) and knowledge of moral philosophy to give students the possibility of understanding the problem in question. Our educational proposal is innovative and promising for using MCP topics through an articulated QSC to Freire's pedagogy, and the theoretical-methodological assumptions of the Design Research. The objective of this work was then to elaborate and validate by peers a didactic sequence based on a SSQ on nuclear energy, with the potential to promote the development of socio-political actions and positioning by high school students of the Sertão Campus Salgueiro through mobilization of the scientific and ethical content that SSI involves. We used a qualitative approach to analyze in detail the evaluations done by peers in order to verify the validity of the proposed didactic intervention. Two aspects, very important, validated didactic intervention for application in the context of teaching: 1) The vast positive evaluation of didactic intervention; 2) The rigorous analysis for each critic, comments, suggestions and / or justifications, made by peers, in order to perfect the didactic sequence. This validation attributed rigor and reliability to the didactic sequence, since it has a great potential to reach the proposed objectives in order to promote learning and the decision-making that the SSI involves.

Key Words: Socio-scientific Issue, Paulo Freire's liberating pedagogy, MCP Teaching, STSE Education, Physics Teaching, Design Research, Didactic Sequence.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Mapa da região atingida pela proposta de implantação da usina nuclear..... 26
- Figura 2-** Processo cíclico de desenvolvimento da pesquisa de design educacional..... 117

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Quantidade de publicações por revista.....	37
Gráfico 2- Percentual de publicações por ano.....	38
Gráfico 3- Percentual de trabalho por categoria analisada.....	87
Gráfico 4- Avaliação dos pares experientes com QSCs sobre a adequação dos objetivos e questões orientadoras às atividades e materiais propostos na sequência didática.....	130
Gráfico 5- Avaliação dos professores de Física sobre a adequação dos objetivos e questões orientadoras às atividades e materiais propostos na sequência didática.....	131

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Trabalhos selecionados para serem analisados.....	35 a 36
Tabela 2- Caracterização geral dos artigos analisados.....	40 a 50
Tabela 3- Sequência didática validada pelos pares.....	143 a 152

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Acquired Immunodeficiency Syndrome (AIDS)
Agência Nacional de Águas (ANA)
Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel)
American Association for the Advancement of science (AAAS)
Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)
Ciencia & Educação (C&E)
Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)
Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)
Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF)
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)
Conceituais, Procedimentais e Atitudinais (CPA)
Educação de Jovens e Adultos (EJA)
Encontro de Físicos do Norte e Nordeste (EFNNE)
Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF)
Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)
Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências (Ens.)
Enseñanza de las Ciencias (Enz)
Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)
Física Moderna e Contemporânea (FMC)
Future Learning Environments 2 (FLE2)
Human Immunodeficiency Virus (HIV)
Human Papiloma Virus (HPV)
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro)
International Journal of Science Education (IJSE)
Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)
Journal of Research in Science Teaching (JRST)
Laboratório Ciência como Cultura (LACIC)

Luiz Inácio Lula da Silva (Lula)
Ministério da Educação (MEC)
National Assessment of Education Progress (NAEP)
National Research Council (NRC)
Natureza da Ciência (NdC)
Plano Nacional de Energia (PNE)
Pernambuco (PE)
Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC)
Prototypic Reflective Judgment Interview (PRJI)
Questões sociocientíficas (QSCs)
Questão sociocientífica (QSC)
Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)
Revista Electrónica de Enseñanza de la Ciencias (REEC)
Science Education (SE)
Science & Education (S&E)
Sequência didática (SD)
Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)
Sistema de Apoio à Gestão Educacional (SAGE)
Sistema de Seleção Unificada (SISU)
Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)
Temas Sociocientíficos (TS)
Test for Ethical Sensitivity in Science (TESSplus)
Third International Mathematics & Science Study (TIMSS)
Transactional Argumentation Analysis” (TAA)
Universidade de Pernambuco (UPE)
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Web-based Science Environment (WISE)
Views of Nature of Science (form C) (VNOS-C)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	17
INTRODUÇÃO	17
1.1 TRAJETÓRIA PESSOAL	17
1.2 JUSTIFICATIVA	20
1.3 OBJETIVO GERAL	23
1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
1.4 CONTEXTO DA PESQUISA	24
CAPÍTULO 2	29
REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA SOBRE O USO DIDÁTICO DE QSCS NO ENSINO MÉDIO	29
2.1 INTRODUÇÃO	29
2.2 Procedimentos metodológicos para seleção dos artigos	32
2.3 Resultados e análise	34
2.3.1 Caracterização geral dos trabalhos revisados	34
2.4 PRINCIPAIS RESULTADOS APRESENTADOS NOS ARTIGOS ANALISADOS	52
2.4.1 Primeira categoria: argumentação/discussão	53
2.4.2 Segunda categoria: tomada de decisão	66
2.4.3 Terceira categoria: natureza da ciência	74
2.4.4 Quarta categoria: aprendizagem do conteúdo científico ou de conceitos	79
2.4.5 Quinta categoria: julgamento reflexivo	83
2.4.6 Sexta categoria: raciocínio moral e ético	84
2.5 LIMITAÇÕES	88
2.6 CONCLUSÕES	88
CAPÍTULO 3	93
REFERENCIAL TEÓRICO: USO DIDÁTICO DE QSCS DENTRO DA ABORDAGEM CTSA E NA PERSPECTIVA FREIREANA	93
3.1 PERSPECTIVA TEÓRICA FREIREANA	93
3.1.1 Curiosidade epistemológica e educação libertadora na superação da condição de opressão	94
3.2 APROXIMAÇÃO ENTRE O USO DIDÁTICO DE QSCS NA VERTENTE CTSA E A PERSPECTIVA FREIREANA	100
3.3 Ação sociopolítica	103
3.4 DIMENSÕES CONCEITUAIS, PROCEDIMENTAIS E ATITUDINAIS	107
3.4.1 Dimensão conceitual dos conteúdos	108
3.4.2 Dimensão procedimental dos conteúdos	109
3.4.3 Dimensão atitudinal dos conteúdos	110

3.5 PRINCIPAIS TEORIAS ÉTICAS DA FILOSOFIA MORAL OCIDENTAL	112
3.5.1 As três grandes vertentes da ontologia moral	113
CAPÍTULO 4.....	115
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	115
4.1 PESQUISA COLABORATIVA	120
4.2 A IMPORTÂNCIA DO PROCESSO DE VALIDAÇÃO EM UMA PESQUISA.....	121
4.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS BAREMAS.....	124
CAPÍTULO 5.....	126
A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	126
5.1 RESULTADO E DISCUSSÃO DO PROCESSO DE VALIDAÇÃO PELOS PARES	127
5.1.1 Sequência didática validada: primeiro protótipo da intervenção educacional	138
5.1.2 Descrição das atividades proposta na sequência didática	153
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	161
REFERÊNCIAS	165
APÊNDICES	176
ANEXO	197

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Esta dissertação foi produzida no formato monográfico. Escolhemos esse formato, pois ele permite que os aspectos teóricos, metodológicos e os resultados da pesquisa sejam apresentados e discutidos com maiores detalhes e profundidade. Dessa maneira, a dissertação é composta por cinco capítulos e as considerações finais.

Nessa Introdução, que constitui o primeiro capítulo, apresentaremos um pouco da minha trajetória pessoal, a justificativa da pesquisa, os objetivos da pesquisa, e o contexto do público-alvo do trabalho. No segundo capítulo, apresentaremos o panorama da utilização das questões sociocientíficas como propostas de ensino no nível médio tanto no Brasil como no exterior. No terceiro capítulo, apresentaremos o referencial teórico da pesquisa e estabeleceremos diálogos entre a perspectiva freireana e o uso didático de questões sociocientíficas na perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Ainda nesse capítulo, discutiremos brevemente sobre ações sociopolíticas, questões éticas e as dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais do conteúdo científico. No quarto capítulo, exibiremos a metodologia que utilizamos para elaborar e validar a intervenção didática. No quinto capítulo, apresentaremos os resultados do processo de validação e primeiro protótipo da sequência didática. Por fim, abordaremos as considerações finais do trabalho.

1.1 Trajetória Pessoal

Peço licença poética para escrever esta seção em primeira pessoa, uma vez que vou descrever aqui um pouco da minha trajetória pessoal. Toda vez que tenho que falar da minha trajetória pessoal me emociono bastante por razões que elencarei a seguir.

Nasci em Salgueiro Pernambuco (PE), município que está localizado a mais ou menos 500 km de Recife, e sou a filha mais velha. No entanto, morei até os meus oito anos de idade na cidade de Terra Nova (PE), que foi quando meus pais se separaram e eu, meus irmãos e minha mãe fomos morar na casa dos meus avós na zona rural de Terra Nova e lá eu fiquei até os meus dezenove anos. Ao todo na casa moravam dez pessoas: eu, meus cinco irmãos, a minha mãe, o meu avô, a minha avó e a minha tia. Tivemos que trabalhar na roça desde muito cedo para ajudar nas despesas, mas nunca deixei de estudar por isso, uma vez que minha mãe sempre me incentivou a estudar e eu sempre gostei.

Eu cursei quase todo o ensino fundamental I em uma escola multiseriada (ou seja, uma classe com alunos de idades e níveis educacionais diferentes que é conduzida pelo mesmo professor), que possuía apenas uma sala de mais ou menos 40 m².

Depois que concluí o ensino fundamental I, fui estudar o ensino fundamental II e o ensino médio no distrito de Umãs, que pertence ao município de Salgueiro. Esse distrito fica a mais ou menos cinco quilômetros de casa. Muitas vezes tive que ir e voltar a pé da escola, pois às vezes a prefeitura não fornecia o transporte. Mas isso também não foi motivo para eu desistir dos meus estudos.

Entretanto, depois que concluí o ensino médio, em dezembro de 2010, vi a possibilidade dos meus estudos serem interrompidos, pois eu e a minha família não tínhamos condições de pagar uma faculdade particular, e muito menos condições de sair para estudar em uma cidade mais distante. A única universidade pública que existia em Salgueiro, na época, era a Universidade de Pernambuco (UPE), que por sinal era bem elitista. Só que graças, ao Presidente Luiz Inácio Lula da Silva (Lula) e o seu governo, foi inaugurado em 2010 o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro), na cidade de Salgueiro. Em 2011, iniciou-se o curso de Licenciatura em Física nessa instituição.

Pois bem, eu não tinha a menor ideia do que seria o curso de Física, mas decidi me inscrever no Sistema de Seleção Unificada (SISU) e colocar a minha nota do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) para esse curso, nessa instituição.

Não entrei no curso de Física por escolha, já que essa foi a minha única opção, mas, com certeza, escolhi permanecer nele até o final. Hoje posso afirmar que se pudesse voltar no tempo e escolher o que gostaria de estudar, com certeza escolheria a Licenciatura em Física, pois me encantei pelo curso e ele transformou a minha vida. Costumo dizer que depois de iniciar a minha graduação eu deixei de ser um pássaro preso em uma gaiola, ganhando a liberdade para conhecer o mundo e transformar a própria realidade oprimida e a de minha família e ser uma mulher empoderada e emancipada. No IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro, tive a oportunidade de conhecer muitas pessoas boas nas quais me espelhei bastante, buscando ser uma pessoa muito mais humana e amável.

No entanto, para cursar e concluir a licenciatura em Física enfrentei muitos percalços, pois tinha que pegar o ônibus em Umã todos os dias para ir a Salgueiro e quando chegava em Salgueiro tinha que pegar o ônibus coletivo, cuja passagem custava R\$ 1,80, para ir ao IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro, que fica fora da cidade. Nos primeiros quinze dias, vi a possibilidade da minha graduação ser interrompida, pois não tinha condições de custear o transporte coletivo. Mas, novamente, o governo Dilma me deu a chance de continuar estudando através de uma bolsa de extensão. Depois que ganhei a bolsa de extensão, decidi sair da casa dos meus avós e morar em uma república, em Salgueiro, por questões de logística.

Além de ser bolsista de extensão, também fui bolsista de iniciação científica e de monitoria. Tive a oportunidade de desenvolver vários projetos e pesquisas, e de participar de vários eventos científicos. Aproveitei todas as oportunidades que me foram dadas. Inclusive o meu interesse pelo ensino de ciências foi despertado por essas oportunidades, culminando com a minha monografia sobre ensino de ciências, a qual focou na análise das concepções sobre a natureza da ciência dos estudantes que entravam no curso de Física e a relação dessas concepções com as de seus professores do ensino médio. Finalizei a minha graduação em março de 2015.

Em 2016, tive a oportunidade de ingressar na pós-graduação que escolhi, que foi o mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências na Universidade Federal da Bahia (UFBA) e Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), no qual tive a oportunidade de aprender e amadurecer ainda mais enquanto pessoa,

pesquisadora e professora. Então, essa dissertação marca o final de mais um ciclo da minha formação.

Para finalizar a descrição da minha trajetória gostaria de enfatizar que em janeiro deste ano (2018) tomei posse como professora de Física no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) e, por meio da minha profissão, espero contribuir positivamente com a formação de cidadãos ativos, emancipados e socialmente responsáveis.

Mais uma vez, espesso aqui o meu sentimento de gratidão aos governos Lula e Dilma pelas oportunidades que tive de estudar e trabalhar em instituições públicas de qualidade. Essas oportunidades transformaram a minha vida e a de minha família. A minha mãe hoje tem a sua casa própria graças a essas oportunidades que me foram dadas e que, por tabela, ela acabou se beneficiando muito.

1.2 Justificativa

Paulo Freire defende que o ambiente educacional problematize o contexto no qual os estudantes estão inseridos, para que os alunos desenvolvam uma consciência crítica sobre a sua realidade, se tornem cidadãos empoderados capazes de transformar a realidade opressora em que vivem. A partir da problematização do contexto dos estudantes devem emergir a escolha dos conteúdos mais pertinentes para promover a compreensão da problemática presente na realidade dos alunos, quando o conteúdo científico está subordinado a realidade dos estudantes nós temos uma aproximação com perspectiva Freireana (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2007; FREIRE, 2017a; FREIRE, 2017b). Dessa maneira, A construção da sequência didática, deste estudo, se baseou em uma realidade local, pois, como afirma Freire (2017a), o conteúdo científico precisa ser relevante para o aluno e deve ser abordado dentro do seu contexto.

A escolha do tema dessa pesquisa se deu a partir da discussão de uma proposta de implantação de uma usina nuclear no município de Itacuruba, Pernambuco, sendo amadurecida na disciplina de Questões Sociocientíficas e

Argumentação no Ensino de Ciências, oferecida pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC). Depois de identificada a problemática presente no contexto dos estudantes foram destacados alguns conteúdos conceituais relacionados à física atômica e nuclear, que são tópicos da Física Moderna e Contemporânea (FMC), e conhecimentos relacionados a filosofia moral, para darem subsídios aos alunos na compreensão da problemática em questão.

A Física evoluiu bastante depois do desenvolvimento da Física Nuclear e da Mecânica Quântica. Entretanto, a inserção de tópicos da FMC no nível médio ainda é um desafio para o ensino de Física, pois muitas vezes os professores não possuem uma formação inicial e continuada para trabalharem com os tópicos da FMC, os professores do ensino médio, em geral, têm uma carga horária elevada, entre outros. Por isso, existe uma demanda crescente de desenvolvimento de propostas metodológicas e curriculares inovadoras para o ensino de Física na educação básica (BATISTA; SIQUEIRA, 2017). Dessa maneira, a inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino de Física, que é uma linha de pesquisa bem consolidada na área (MONTEIRO; NARDI; BASTOS FILHO, 2012), juntamente com o uso didático das Questões Sociocientíficas (QSCs) dentro da perspectiva freireana pode ser uma das principais alternativas para alcançar essa inovação.

As QSCs são consideradas propostas inovadoras para o ensino de Ciências, pois tratam de temas científicos polêmicos, controversos e complexos que possuem ligações conceituais com a sociedade, o meio ambiente e questões éticas (SADLER; DONNELLY, 2006;). As QSCs, em geral, fazem parte de um conjunto de problemas sem consenso e soluções, tendo em vista que elas envolvem pontos de vista opostos e conflitos de interesse que estão associados aos problemas ambientais, sociais, éticos, econômicos, políticos e científicos (LEVINSON, 2006). Explorar as QSCs em salas de aulas permite que os estudantes tenham contato com questões científicas e tecnológicas polêmicas e atuais, que são debatidas tanto dentro da comunidade científica como na sociedade. Assim, os alunos têm a oportunidade de desenvolver a consciência crítica sobre o mundo e se inserir nos debates sobre

essas questões polêmicas, uma vez que as QSCs também promovem atividades discursivas em salas de aula.

Dessa maneira, acreditamos que o ensino da FMC, por meio do uso didático de QSCs dentro da perspectiva freireana, nas aulas de Física do ensino médio pode ser uma abordagem de ensino inovadora e promissora para a área da Física, pois além de abordar os conteúdos científicos enfatiza também questões éticas, que estão associadas à problemática presente no contexto dos estudantes, promovendo uma formação mais integral aos alunos.

Infelizmente, o ensino de Física está pautado pela educação bancária, pois, em geral, os conteúdos que são abordados não são acessíveis aos alunos e tampouco se considera o contexto dos estudantes. É por essa razão que os estudantes, normalmente, não gostam de estudar Física e se referem a ela como uma área do conhecimento difícil, que é para poucos.

O ensino de Física tem que ser problematizador, sendo necessário superar a concepção bancária do ensino de Física que é baseada no livro didático e centrada na transmissão de conhecimentos pelo professor. É importante que o professor conheça as concepções prévias dos alunos sobre o tema, leve em conta a realidade de seus educandos, pois esses não são corpos vazios que precisam ser preenchidos de conhecimentos e valores. É interessante que o ensino de Física seja desenvolvido em uma constante interação entre professores e estudantes, mediatizados pelo mundo através do diálogo, pois, de acordo com Freire (2017a), o professor ao ensinar também aprende, assim como os alunos ao serem ensinados também ensinam. Os estudantes e professores precisam desenvolver a consciência sobre o desenvolvimento científico e tecnológico e o impacto do mesmo no seu contexto e no mundo, para conseguirem superar a condição de oprimidos. É extremamente importante desenvolver condições para a emancipação dos indivíduos para que eles participem das lutas políticas e culturais e isso só é possível através de uma educação libertadora e dialógica.

Desse modo, essa pesquisa está embasada nas ideias de Paulo Freire, e na abordagem da pesquisa de design educacional. A pesquisa de design educacional é uma abordagem de pesquisa inovadora que tem como finalidade sanar alguns

problemas complexos do contexto educacional, além de aumentar os conhecimentos sobre as características da intervenção (PLOMP, 2009).

A pesquisa de design educacional é composta de três fases cíclicas: *pesquisa preliminar* – que é constituída pela análise do contexto da pesquisa e de uma revisão de literatura, sendo marcada pela construção dos princípios de *design* da sequência didática; *fase de prototipagem* – se configura como a aplicação e o teste da intervenção de ensino no contexto educacional; e finaliza com a *fase avaliativa* – que é caracterizada pela avaliação dos problemas da intervenção didática e pelo aperfeiçoamento da mesma. Isso implica numa produção de conhecimento teórico que está relacionado aos princípios de *design* e conhecimento prático que está associado aos resultados da sequência didática.

Dessa maneira, nessa pesquisa de mestrado procuramos elaborar e validar uma sequência didática, baseada em uma realidade local, por meio do uso didático de QSC para o ensino de um tópico da FMC. A sequência didática validada constitui, assim, o primeiro protótipo desta pesquisa, que será testada empiricamente, avaliada e aperfeiçoada em um outro momento.

A fase preliminar dessa pesquisa está caracterizada pela análise do contexto no qual a pesquisa será aplicada futuramente, pela revisão de literatura sobre o uso didático das QSCs no ensino médio, pelos pressupostos da educação libertadora de Paulo Freire e pelos pressupostos teórico-metodológicos da pesquisa de design educacional. A partir daí foram construídos os princípios de *design* que orientaram a elaboração do primeiro protótipo da sequência didática. Os princípios de *design* são hipóteses que procuramos afirmar, reconstruir ou até mesmo rejeitar, por meio de pesquisas e aperfeiçoamento da intervenção de ensino.

Desse modo, temos os seguintes objetivos geral e específicos de pesquisa.

1.3 Objetivo geral

Elaborar de maneira colaborativa e validar por pares uma sequência didática que tem por base uma QSC sobre energia nuclear dentro da perspectiva freireana e da educação CTSA, com um potencial de promover o desenvolvimento de ações

sociopolíticas e tomada de posição pelos estudantes do ensino médio do IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro, através da mobilização dos conteúdos científico e ético envolvidos na QSC.

1.3.1 Objetivos específicos

- Investigar o panorama atual do uso didático das QSCs no ensino médio.
- Adotar a aproximação entre a perspectiva teórica freireana e o uso didático de QSCs na perspectiva CTSA.
- Desenvolver os princípios de design da sequência didática sobre energia nuclear.
- Identificar o potencial da sequência didática para que os estudantes desenvolvam a tomada de posição e ações sociopolíticas através da mobilização de conteúdos científicos e éticos envolvidos na QSC.

1.4 Contexto da pesquisa

A SD desta pesquisa foi elaborada a partir da discussão de uma proposta de implantação de uma usina nuclear em Itacuruba-PE. O Plano Nacional de Energia (PNE) afirma que até 2030 deverão ser construídas no mínimo quatro e no máximo oito novas usinas nucleares no Brasil. Então, alguns estudos começaram a ser realizados na região Nordeste desde 2009 para escolher a área mais propícia para a instalação de uma usina nuclear (ELETROBRAS, 2014).

Essas pesquisas adotaram bases de dados públicas, como, por exemplo, as do Ministério do Meio Ambiente, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), da Agência Nacional de Águas (ANA), etc. Tais pesquisas também levaram em conta características geográficas, geológicas, demográficas, meteorológicas, hidrológicas, sismológicas e geotécnicas dos locais mais favoráveis para a construção da usina nuclear (ELETROBRAS, 2014). Dessa maneira, depois dessas análises, o município de

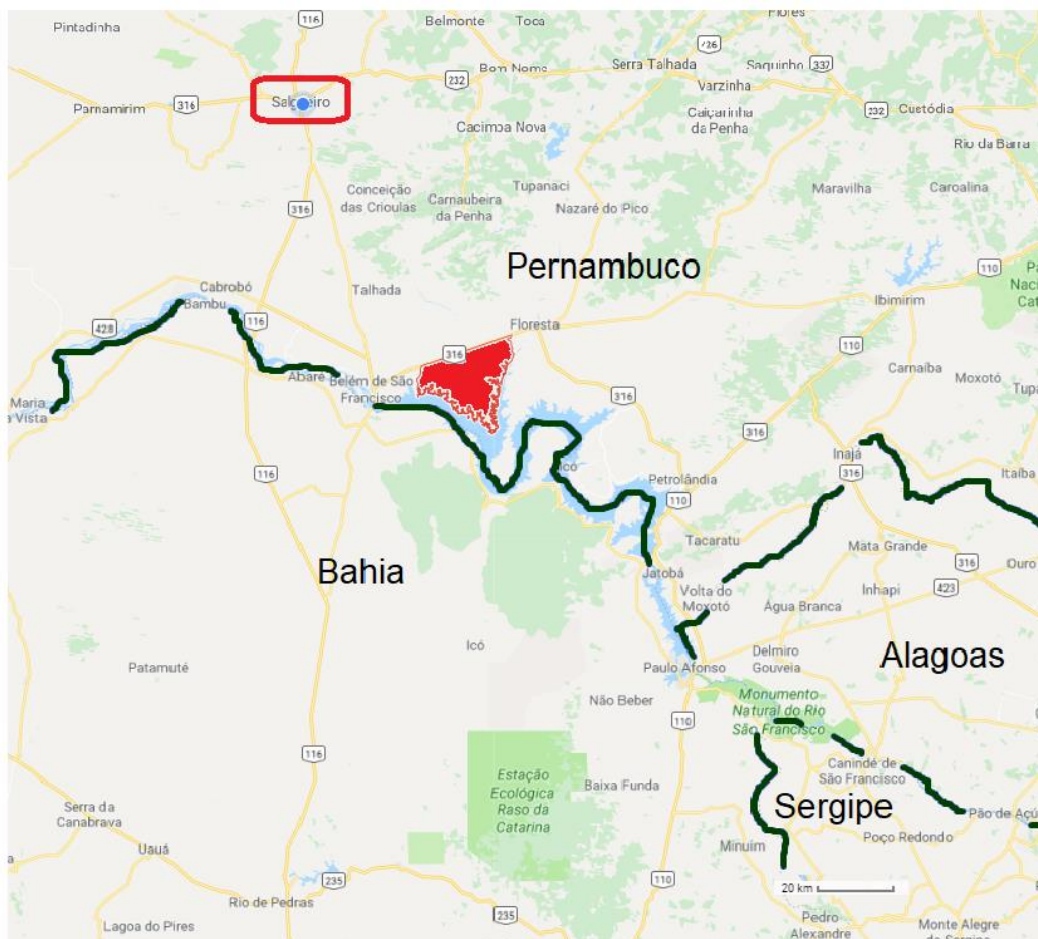
Itacuruba foi eleito o mais propício para a instalação da usina nuclear, pois fica próximo ao lago de Itaparica, tendo água em abundância para resfriar os reatores da central nuclear; possui terreno estável; está bem próximo das linhas de transmissão da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF); possui uma densidade populacional baixa e está localizado próximo aos principais centros consumidores da região Nordeste, tais como Recife, Salvador e Fortaleza (SANTOS; MELO; CANDIDO, 2016).

Itacuruba é um município localizado às margens do lago de Itaparica, entre as cidades de Belém de São Francisco e Floresta. Segundo dados do IBGE (2017), a população da cidade era de aproximadamente 4.858 habitantes e possui uma área territorial de 430,038 km². É uma região que está localizada no semiárido brasileiro e sua vegetação, como a maioria dos municípios de Pernambuco, é composta pela caatinga.

A população dessa região é composta por muitas comunidades indígenas e quilombolas. No município de Itacuruba há três comunidades tradicionais: a comunidade quilombola de Poço dos Cavalos, a comunidade quilombola Negos do Gilu, e o povo indígena Pankará, da Aldeia do Serrote dos Campos (ATAÍDE; MAIA; MENDES, 2016). Depois dos debates do governo e de empresas sobre a proposta de construção da central nuclear no município, a população da cidade e de alguns municípios vizinhos já fizeram uma manifestação contra a implantação dessa central na região, conhecida como Marcha das Águas, que foi realizada em 2012 (SANTOS; MELO; CANDIDO, 2016).

A implantação dessa usina nuclear no município de Itacuruba influenciará diretamente quatro estados brasileiros: Pernambuco, Bahia, Alagoas e Sergipe, conforme mostra a Figura 1. A região em vermelho representa o município de Itacuruba e ao seu redor é possível notar a presença de vários municípios.

Figura 1- Mapa da região atingida pela proposta de implantação da usina nuclear.



Fonte: Adaptado do site <https://www.google.com.br/maps/place/Itacuruba>.

Toda essa região do sertão pernambucano tem sofrido grandes impactos ambientais, sociais e econômicos em decorrência das obras da transposição do Rio São Francisco e da Ferrovia Transnordestina. Essas grandes obras provocaram grandes desmatamentos na região, retiraram muitos moradores de suas comunidades, dentre outros impactos.

Além disso, temos a cidade de Salgueiro, destacada na Figura 1, que também será um dos municípios da região atingidos pela proposta de implantação dessa usina nuclear. A cidade de Salgueiro está a aproximadamente 133 km do município de Itacuruba. Salgueiro fica na região do Sertão Central em Pernambuco, tem o clima semiárido e sua vegetação é típica do bioma caatinga. Esse município tem uma população de aproximadamente 60.453 pessoas. Foi uma das cidades-

sede para a obra de Transposição do Rio São Francisco e da Ferrovia Transnordestina. Salgueiro está localizada no coração do Nordeste e possui uma posição estratégica do ponto de vista logístico. Além disso, é considerada uma cidade polo da região, pois os moradores de vários municípios recorrem a ela tanto para educação, saúde como para economia.

Por isso, escolhemos o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano Campus Salgueiro (IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro) para ser o contexto dessa pesquisa de mestrado. O IF Sertão Pernambucano é uma instituição nova. Foi criada através da Lei 11.892, de 29 de dezembro de 2008, é uma autarquia federal, que possui autonomia administrativa, patrimonial, financeira, didático-pedagógica e disciplinar, vinculada ao Ministério da Educação (MEC).

O IF Sertão Pernambucano é uma instituição de educação com diferentes níveis de ensino: nível superior, ensino médio na modalidade técnica e na modalidade de educação de jovens e adultos – EJA. Além disso, é uma instituição pluricurricular e multicampi que busca interiorizar o conhecimento.

O Campus Salgueiro começou as suas atividades pedagógicas em 2010 com os cursos Técnicos Subsequentes em Agropecuária, Edificações e Informática. Em 2011 começou a receber alunos do ensino técnico, na modalidade de ensino médio integrado, nos cursos de Agropecuária, Edificações e Informática. Atualmente a Instituição oferece, também, os cursos superiores de Licenciatura em Física, Tecnologia em Alimentos e Sistemas para Internet.

Segundo os dados do Sistema de Apoio à Gestão Educacional (SAGE), atualmente (semestre 2018.2), a instituição é composta por 273 alunos do ensino médio integrado, 375 estudantes do ensino superior, 182 alunos do subsequente e 77 alunos da EJA e 22 alunos de mestrado, totalizando, assim, 929 estudantes na instituição.

O Campus Salgueiro é uma instituição de ensino pública bem heterogênea, pois abrange estudantes da zona rural e urbana de vários municípios vizinhos, assim como estudantes de comunidades quilombolas e indígenas da região. A grande maioria dos estudantes da instituição são oriundos de escolas públicas dos

municípios vizinhos de Salgueiro, bem como de outros estados, como Ceará e Bahia. Dessa maneira, consideramos que essa é a instituição mais apropriada para aplicar futuramente a nossa intervenção, pois ela é composta por estudantes dos municípios que serão diretamente atingidos pela proposta de implantação da usina nuclear, assim como de outros municípios e estados que serão afetados indiretamente.

Portanto, as populações de todos os municípios envolvidos na proposta de construção dessa usina precisam sair da condição de oprimidos, a opinião da população deve ser ouvida e respeitada, eles não têm que aceitar ações que são impostas ou argumentos por autoridade. Então, é importante que temas controversos, como a geração de energia nuclear, sejam trabalhados nas escolas dessa região, possibilitando o engajamento desses indivíduos em ações sociopolíticas, buscando maximizar o bem-estar comum e a superação das desigualdades. É preciso uma tomada de posição socialmente responsável por meio de um debate informado por conhecimentos científicos e filosóficos. Desse modo, o público-alvo dessa pesquisa são os alunos do ensino técnico integrado ao médio do Campus Salgueiro.

Paulo Freire defende que a educação tem que ser libertadora, pois o indivíduo precisa se emancipar e participar de lutas políticas, sociais e culturais. Dessa maneira, a proposta de ensino com base em QSCs pode auxiliar os alunos a desenvolver habilidades para atuar como cidadãos participativos, discutindo e ponderando diferentes opiniões sobre várias problemáticas do seu contexto e do mundo e tomando posição comprometida com a justiça socioambiental.

CAPÍTULO 2

REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA SOBRE O USO DIDÁTICO DE QSCs NO ENSINO MÉDIO

2.1 Introdução

A expressão questões sociocientíficas (QSCs) representa questões sociais polêmicas que têm relações conceituais, procedimentais ou tecnológicas com a ciência. Em geral, as QSCs são controversas e complexas, isso implica que elas fazem parte de um escopo de problemas abertos que estão sujeitos a múltiplas perspectivas e soluções. Um dos motivos para essa natureza controversa é que elas são normalmente carregadas de valor. As QSCs possuem claramente laços conceituais com o conhecimento científico, entretanto, elas também estão sujeitas às considerações morais dos indivíduos (SADLER; DONNELLY, 2006; KOLSTØ, 2001a; SADLER, 2004; ZEIDLER et al., 2005).

As QSCs estão na interface entre o conhecimento científico e a sociedade. Por isso, nos últimos anos, os debates sobre temas sociocientíficos controversos, tais como células-tronco, aquecimento global, energia nuclear, clonagem, entre outros, têm ganhado força. Independentemente da aceitação ou rejeição da sociedade com relação a esses temas, questões científicas com enlaces sociais continuarão surgindo, pois os avanços na medicina, na ciência e na tecnologia em conjunto com o crescimento da população mundial geram esses temas controversos (SADLER, 2004).

Ademais, as QSCs, normalmente, envolvem opiniões concorrentes e conflitos de interesse incorporados aos problemas ambientais, sociais, éticos, econômicos, políticos e científicos (LEVINSON, 2006). Logo, uma das vantagens de explorar as QSCs na sala de aula de ciências é que, além delas destacarem o conhecimento científico, elas oferecem oportunidades para os alunos vivenciem a complexidade de tais temas controversos, tanto no campo da ciência como no da ética, pois elas permitem que os estudantes avaliem e debatam afirmações

científicas polêmicas e sem consenso. Isso significa que as QSCs se configuram como uma abordagem pedagógica que proporciona atividades discursivas em sala de aula. Nessas atividades, os alunos têm acesso a múltiplas interpretações, posições e evidências sobre um mesmo tema controverso, e a partir daí podem compreender que a ciência é dinâmica e complexa (WALKER; ZEIDLER, 2007; ZEIDLER et al., 2005). Além do mais, as QSCs podem ajudar os alunos a desenvolverem habilidades para atuarem como cidadãos em uma sociedade democrática, discutindo e avaliando diferentes pontos de vista específicos relacionados às QSCs (RUNDGREN, 2011; SADLER; ZEIDLER, 2005).

Inúmeras pesquisas revelaram que as instruções baseadas em QSCs foram consideradas eficazes para o desenvolvimento de diversas habilidades nos alunos, tais como a argumentação baseada em evidências, a compreensão da natureza da ciência (NdC), a tomada de decisão, a criatividade, a motivação, o desenvolvimento do raciocínio moral, a compreensão do conteúdo científico, entre outras (SADLER; ROMINE; TOPÇU, 2016; SADLER, 2009).

O desenvolvimento de algumas dessas habilidades, como a compreensão da NdC e a tomada de decisão sobre as QSCs, é fundamental para a alfabetização científica (SADLER; ROMINE; TOPÇU, 2016). A alfabetização científica, ultimamente, tem sido muito discutida pelos documentos de reforma da educação científica e tem sido considerada um dos principais objetivos a serem alcançados no ensino de ciências (American Association for the Advancement of Science-AAAS, 1989; Curriculum Council-Western Australia, 1998; National Research Council-NRC, 1996). Algumas pesquisas têm considerado as QSCs uma instrução promissora para alcançar esse objetivo, pois as propostas didáticas baseadas em QSCs podem ajudar os alunos a desenvolverem habilidades argumentativas, compreenderem a NdC, se envolverem em tomada de decisões sobre QSCs etc. (GRACE et al., 2015).

Como as QSCs são constituídas por temas polêmicos que envolvem considerações sociais e éticas, elas são problemas que fazem parte do mundo real, para os quais não existe uma solução definitiva e, no mínimo, elas incorporam dois elementos principais: (1) conexões com conteúdo científico e (2) significância social (EASTWOOD et al., 2012). Desse modo, alguns pesquisadores, como Eastwood et

al. (2012), defendem a importância da consideração do contexto no qual os alunos estão inseridos, ao abordar temas sociocientíficos nas salas de ciências. Eles se apoiam no pensamento de Greeno (1998 apud EASTWOOD et al., 2012). Este autor enfatiza que a aprendizagem ocorre quando os alunos interagem com outros indivíduos e recursos, bem como através da interação entre o indivíduo e o contexto.

Em geral, as QSCs estão relacionadas com ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Por isso, Wals et al. (2014) sugeriram que a convergência entre a educação científica e a educação ambiental é necessária para que os alunos desenvolvam a compreensão e consciência de que o conhecimento científico desempenha impactos na sociedade e vice-versa, logo o conhecimento científico deve transcender os muros das escolas, de forma que os estudantes consigam associar o conhecimento científico a diferentes contextos, inclusive a contextos locais nos quais eles estão inseridos.

Segundo Kolstør (2001b), quando os estudantes do ensino médio têm contato com questões sociocientíficas controversas, eles se deparam com dificuldades em julgar e classificar as informações e em identificar fontes confiáveis. Isso ocorre porque, além de não haver um consenso dentro da comunidade científica sobre essas questões, o ensino tradicional de ciências enfatiza excessivamente o conteúdo científico e foca na resolução de questões bem estruturadas ao invés de envolver os alunos em processos científicos com problemas autênticos, onde os alunos são obrigados a coordenar conhecimentos e habilidades simultaneamente ao lidar com QSCs (ROSE; BARTON, 2012). Isso implica que os alunos necessitam de auxílios para lidarem com QSCs. Então, o professor de Ciências precisa estar bem preparado para trabalhar com QSCs na sala de aula e auxiliar os alunos no que for necessário.

Dessa maneira, achamos pertinente fazer uma revisão de literatura para conhecer como as propostas de ensino com QSCs têm sido trabalhadas nas salas de aula do ensino médio. Logo, este capítulo retrata uma revisão sistemática¹ de

¹ A revisão sistemática de literatura tem como objetivo apresentar uma boa pesquisa sobre uma questão específica, por meio da síntese dos resultados de vários e diferentes estudos, que são relevantes para uma área em estudo. Uma revisão sistemática de literatura utiliza critérios e métodos precisos, transparentes e sistemáticos para identificar, selecionar e avaliar fontes bibliográficas com

literatura, que tem como objetivo apresentar o panorama das pesquisas empíricas, nacionais e internacionais, que investigam a utilização do uso didático das QSCs nas salas de aula do ensino médio.

2.2 Procedimentos metodológicos para seleção dos artigos

Os artigos, da presente revisão, foram consultados nas principais revistas de educação e/ou ensino de ciências brasileiras e internacionais, no período compreendido entre janeiro de 2000 a setembro de 2017. O critério utilizado para a seleção das revistas foi baseado no sistema de avaliação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (WebQualis). Desse modo, foram consideradas as revistas que possuíam Qualis A em Ensino/Educação. Devido à presença de um grande número de revistas Qualis A, foram selecionadas um total de doze revistas com essa qualificação, nós selecionamos essas doze revistas, pois algumas delas estavam presentes na revisão de literatura desenvolvida por Teixeira, Greca e Freire Jr (2012) sobre o uso didático de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física no Brasil, e todas as doze revistas selecionadas foram verificadas na revisão de literatura realizada por Pereira e Ostermann (2009) sobre o ensino da Física Moderna e Contemporânea. Dessas doze, seis são brasileiras: Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Ciência & Educação (C&E), Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências (Ens.), Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC), Investigações em Ensino de Ciências (IENCI). Enquanto que as seis restantes são revistas internacionais: Enseñanza de las Ciencias (Enz), International Journal of Science Education (IJSE), Journal of Research in Science Teaching (JRST), Revista Electrónica de Enseñanza de la Ciencias (REEC), Science Education (SE), Science & Education (S&E). Dessa maneira, o levantamento dos artigos para análise foi realizado através dos sites dessas revistas. Os artigos foram

muita rigorosidade. De acordo com a literatura, uma revisão sistemática de literatura precisa deixar claro a maneira como as fontes são selecionadas, para que as conclusões estabelecidas sobre o tema em investigação possam ser cientificamente sólidas (DENYER; TRANFIELD, 2009; RAMOS; FARIA; FARIA, 2014).

selecionados através da leitura dos títulos e dos resumos em todos os volumes e números das doze revistas selecionadas, de janeiro de 2000 a setembro de 2017.

Através desse levantamento foram encontrados 105 trabalhos que enfocam as QSCs como metodologia de ensino. Contudo, é possível que alguns artigos tenham passado despercebidos nessa pesquisa. Para minimizar esse risco, quando os artigos não especificavam em seus títulos ou resumos em qual nível de ensino as pesquisas tinham sido desenvolvidas nós realizamos uma leitura superficial dos trabalhos para identificar o nível de ensino em que as propostas tinham sido implementadas. Além disso, os artigos encontrados foram submetidos a filtros de exclusão a fim de facilitar a análise dos artigos restantes. Os filtros de exclusão utilizados foram os seguintes:

- (i) Artigos cujas pesquisas com QSCs não tinham aplicações diretas no ensino, como, por exemplo, as revisões de literatura, as propostas didáticas sem aplicação, entre outras. A partir desse critério foram excluídos 22 artigos, que correspondem a aproximadamente 21% do total de artigos coletados. Esse filtro de exclusão reduziu uma pequena parcela do todo, por isso foi necessário usar um segundo filtro de exclusão.
- (ii) Artigos cujas propostas de ensino com QSCs foram utilizadas em outros níveis de ensino que não o ensino médio. Devido a esse filtro foram excluídos 58 artigos, que representam aproximadamente 55% do total de artigos encontrados.

Desse modo, depois da aplicação dos filtros de exclusão, restaram 25 artigos para serem analisados, que correspondem a aproximadamente 24% de todos os artigos selecionados. O número de artigos para uma análise mais profunda foi alto, no entanto não foi possível estabelecer mais filtros de exclusão sem comprometer a qualidade da revisão, por isso optamos por analisar os 25 artigos restantes. Esses trabalhos envolviam pesquisas empíricas com QSCs apenas em salas de aula do ensino médio no Brasil (1º, 2º e 3º ano) ou em graus equivalentes em outros países.

A partir da leitura dos artigos, foi possível estabelecer categorias de análise dos 25 artigos selecionados. Desse modo, as categorias foram determinadas de

acordo com os objetivos dos trabalhos, a fim de deixar a categorização mais abrangente e, depois, foram apresentados os principais resultados relatados nos artigos, bem como algumas limitações apresentadas ou detectadas em alguns trabalhos.

Os artigos analisados foram classificados em seis grandes categorias: 1) argumentação/discussão; 2) tomada de decisão; 3) natureza da ciência; 4) aprendizagem do conteúdo científico ou de conceitos; 5) julgamento reflexivo; 6) raciocínio moral e ético. Vale destacar que a categorização feita nessa revisão não é a única possível e que alguns trabalhos podem se encaixar em mais de uma categoria. Contudo, antes de abordar os principais resultados de cada categoria achamos pertinente apresentar uma caracterização geral de cada artigo analisado.

2.3 Resultados e análise

2.3.1 Caracterização geral dos trabalhos revisados

A fim de facilitar a análise, assim como a leitura deste trabalho, apresentamos a Tabela 1, com uma breve descrição dos 25 trabalhos analisados. Esses artigos passam a ser nomeados nas tabelas seguintes e no texto por meio dos códigos alfanuméricos A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22, A23, A24, A25. Esses artigos estão ordenados na Tabela 1 a partir das publicações em revistas brasileiras seguidas das publicações em revistas internacionais.

Tabela 1- Trabalhos selecionados para serem analisados.

Trabalho	Título do Trabalho	Autor(es)	Revista	Ano
A1	A argumentação em discussões sócio-científicas: reflexões a partir de um estudo de caso	SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F.; SCOTT. P. H.	RBPEC	2001
A2	Raciocínio moral na tomada de decisões em relação a questões sociocientíficas: o exemplo do melhoramento genético humano	GUIMARÃES, M. A.; CARVALHO, W. L. P.; OLIVEIRA, M. S.	C&E	2010
A3	Controvérsias sobre o aquecimento global: circulação de vozes e de sentidos produzidos em sala de aula	BARBOSA, L. G. D'Carlos; LIMA, M. E. C. C.; MACHADO, A. H.	Ensaio	2012
A4	Tema sociocientífico “cachaça” em aulas práticas de química na educação profissional: uma abordagem CTS	SANTOS, M. S.; AMARAL, C. L. C.; MACIEL, M. D.	Ensaio	2012
A5	'To trust or not to trust,...'-pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue	KOLSTØ, S. D.	IJSE	2001
A6	Socio-scientific controversies and students' conceptions about scientists	REIS, P.; GALVÃO, C.	IJSE	2004
A7	Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue	SADLER, T. D.; CHAMBERS, F. W.; ZEIDLER, D. L.	IJSE	2004
A8	Discussion of socio-scientific issues: the role of science knowledge	LEWIS, J.; LEACH, J.	IJSE	2006
A9	Promoting discourse about socioscientific issues through scaffolded inquiry	WALKER, K. A.; ZEIDLER, D. L.	IJSE	2007
A10	High school students' informal reasoning on a socio-scientific issue: qualitative and quantitative analyses	WU, Y. T.; TSAI, C. C.	IJSE	2007
A11	Students' meaning-making of socioscientific issues in computer mediated settings: exploring learning through interaction trajectories	FURBERG, A.; LUDVIGSEN, S.	IJSE	2008
A12	Moral sensitivity in the context of socioscientific issues in high school science students	FOWLERA, S. R.; ZEIDLER, D. L.; SADLER, T. D.	IJSE	2009
A13	Multi-level assessment of scientific content knowledge gains associated with socioscientific issues-based instruction	KLOSTERMAN, M. L.; SADLER, T. D.	IJSE	2010
A14	Contextualizing nature of science instruction in socioscientific issues	EASTWOOD, J. L.; SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. L.; LEWIS, A.; AMIRI, L.; APPLEBAUM, S.	IJSE	2012
A15	Arguing from nature: the role of 'nature' in students' argumentations on a socio-scientific issue	NIELSEN, J. A.	IJSE	2012
A16	Students' perception of risk about nanotechnology after an SAQ teaching strategy	SIMONNEAUX, L.; PANISSAL,	IJSE	2013

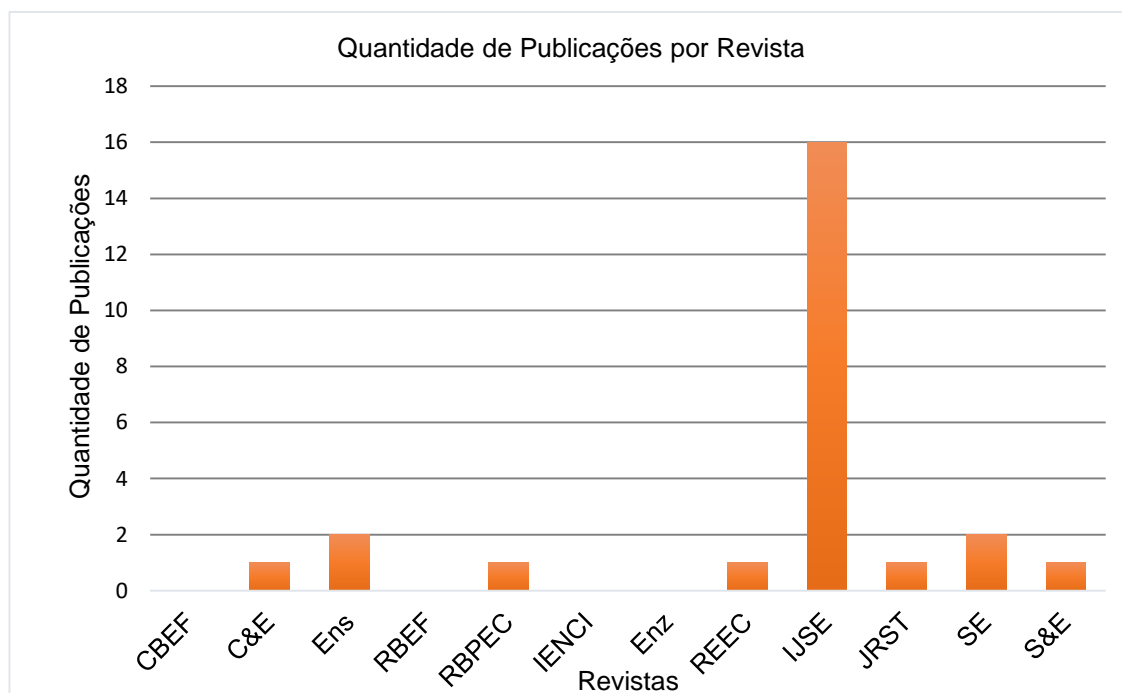
		N.; BROSSAIS, E.		
A17	Training in decision-making strategies: an approach to enhance students' competence to deal with socio-scientific issues	GRESCH, H.; HASSELHORN, M; BÖGEHOLZ, S.	IJSE	2013
A18	Student decision-making about a globally familiar socioscientific issue: the value of sharing and comparing views with international counterparts	GRACE, M.; LEE, Y. C.; ASSHOFF, R.; WALLIN, A.	IJSE	2015
A19	Learning science content through socio-scientific issues-based instruction: a multi-level assessment study	SADLER, T. D.; ROMINE, W. L.; TOPÇU, M. S.	IJSE	2016
A20	Prompting students to make socioscientific decisions: embedding metacognitive guidance in an e-learning environment	HSU, Y. S.; LIN, S. S.	IJSE	2017
A21	Advancing reflective judgment through socioscientific issues	ZEIDLER, D. L.; SADLER, T. D.; APPLEBAUM, S.; CALLAHAN, B. E.	JRST	2009
A22	Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sócio-científicas com alunos do ensino médio	BRITO, J. Q. A.; SÁ, L. P.	REEC	2010
A23	Investigating the intertwinement of knowledge, value, and experience of upper secondary students' argumentation concerning socioscientific issues	RUNDGREN, CARL-JOHAN; ERIKSSON, M.; RUNDGREN, S.N. C.	S&E	2016
A24	Science in discussions: an analysis of the use of science content in socioscientific discussions	NIELSEN, J. A.	Science Education	2012
A25	Analyzing students' learning in classroom discussions about socioscientific issues	RUDSBERG, K.; OHMAN, J.; OSTMAN, L.	Science Education	2013

Fonte: Elaborado pelas autoras.

A partir da Tabela 1 é possível perceber que, dos 25 artigos analisados, apenas 4 foram publicados em revistas brasileiras e 1 pesquisa brasileira foi publicada na revista espanhola REEC, enquanto que os 20 artigos restantes foram publicações internacionais. Isso implica que o número de pesquisas brasileiras que enfatizam as QSCs como propostas de ensino no nível médio ainda é bastante limitado, ou pelos menos os trabalhos brasileiros que estão sendo desenvolvidos com essa perspectiva não estão sendo publicados nas revistas brasileiras analisadas. As pesquisas brasileiras representam uma pequena porcentagem, somente 20% de todos os artigos analisados, nessa revisão sistemática.

Por outro lado, o Gráfico 1 mostra que o maior número de pesquisas com QSCs aplicadas no ensino médio foi publicado na revista IJSE, com um total de 16 publicações, que corresponde a aproximadamente 64% do total de artigos analisados. Esse é um percentual muito alto para uma única revista, considerando que algumas revistas tiveram no máximo duas publicações e outras não tiveram nenhuma publicação.

Gráfico 1- Quantidade de publicações por revista.

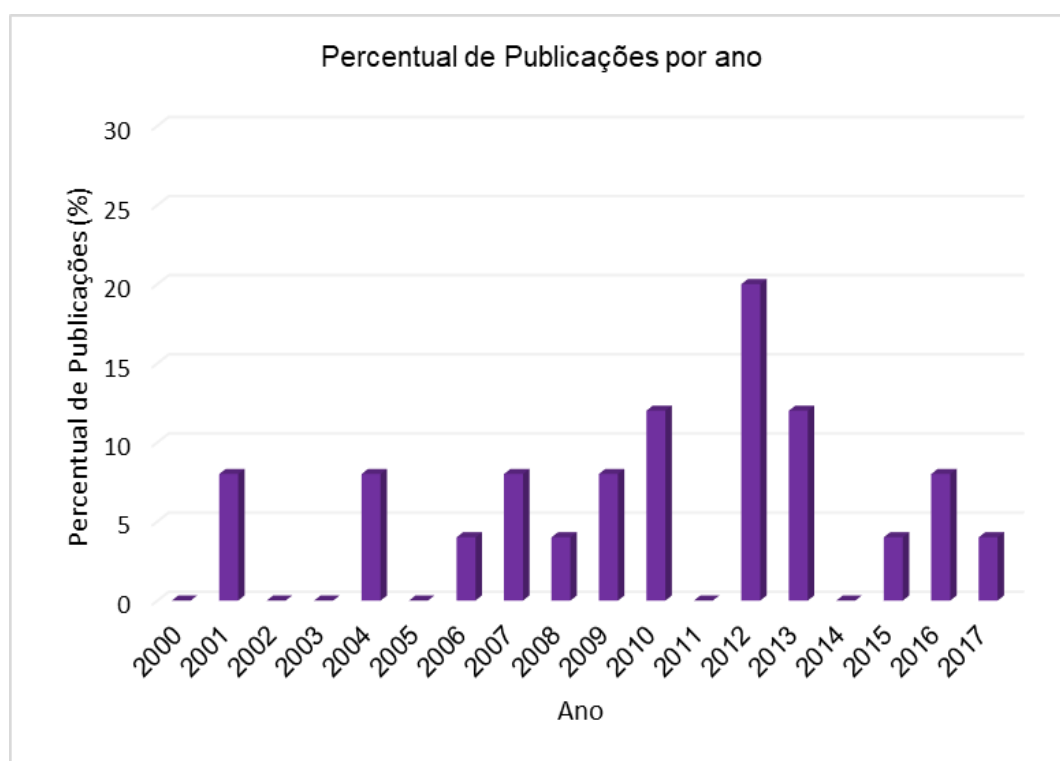


Fonte: Elaborado pelas autoras.

Outro resultado importante, ilustrado pelo gráfico acima, é que não há publicações de trabalhos sobre o uso didático de QSCs no ensino médio nas revistas brasileiras de ensino de Física (por exemplo CBEF, RBEF). Isso implica que o número de publicações sobre QSCs aplicadas no ensino médio na disciplina de Física no Brasil ainda é escasso, tendo em vista que essas são as duas maiores revistas de ensino de Física brasileiras. Além disso, a presente revisão de literatura compreende um período de quase 18 anos de pesquisas sobre a utilização didática de QSCs no nível médio, então é um longo período sem publicação de pesquisas sob essa perspectiva no ensino de Física nessas revistas.

Ademais, podemos perceber, através do Gráfico 2, que não houve publicações em todos os anos compreendidos por essa revisão (2000-2017). O gráfico abaixo ilustra que foram seis anos sem publicações sobre o uso didático de QSCs no nível médio nas revistas analisadas, o que corresponde a um terço do tempo compreendido pela presente revisão de literatura.

Gráfico 2- Percentual de publicações por ano.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

O ano que mais teve publicações de trabalhos envolvendo propostas de ensino com QSCs aplicadas ao ensino médio foi 2012, com um total de 5 publicações. Os outros anos que tiveram pesquisas publicados ficaram com uma média de mais ou menos dois artigos por ano.

Até aqui apresentamos uma breve descrição dos artigos analisados. A partir de agora iremos apresentar uma caracterização mais geral dos trabalhos revisados. Para fazer essa caracterização geral, foram considerados os seguintes aspectos: 1) QSC(s) trabalhada(s); 2) objetivos gerais do trabalho; 3) em qual(is) disciplina(s) as propostas foram implementadas; 4) procedimentos metodológicos de pesquisa adotados; 5) estratégias de ensino. Esses cinco aspectos estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Caracterização geral dos artigos analisados.

Trabalho	QSC	Objetivo(s)	Disciplina(s) (Ensino Médio)	Procedimentos metodológicos	Estratégia de ensino
A1	Religião, Ciência e Magia	Compreender como são introduzidos, pelo professor, os aspectos sociocientíficos em sala de aula	Química	Pesquisa qualitativa com estudo de caso. Os dados foram registrados a partir de fotos, vídeos e entrevistas semiestruturadas com o professor da turma e os alunos	Foram realizados debates sobre os temas sociocientíficos: religião, ciência e magia, e foram feitas pesquisas em livros sobre esses temas sociocientíficos.
A2	Melhoramento genético humano	Entender como estudantes do ensino médio percebem e interpretam questões relacionadas à manipulação genética em seres humanos; compreender como esses alunos tomam decisões em relação a QSC sobre melhoramento genético em seres humanos	Biologia	Pesquisa qualitativa fenomenográfica. Os dados foram coletados através de entrevistas com os alunos	Os estudantes participaram de um curso de quarenta horas intitulado “Encontrando parentesco entre seres vivos”, nesse curso foram utilizados cladogramas ² para o ensino de evolução, discussão de temas recentes relacionados à biotecnologia, discussão dos conteúdos científicos que a QSC envolve além disso, foi feita a exibição e debate do filme de ficção científica GATTACA: a experiência genética
A3	Aquecimento global e efeito estufa	Analisar o processo das interações discursivas dos estudantes frente ao problema sociocientífico do aquecimento global, focalizando tomadas de consciência acerca da	Química	Pesquisa qualitativa. Os dados foram registrados através de fotografias, gravação de áudio, vídeo e registros escritos	A professora costumava dividir os alunos da turma em seis grupos para desenvolver as suas atividades e no desenvolvimento da aula baseada em uma QSC foi mantida essa prática da docente. Desse modo, como estratégias de ensino foi utilizado um

² Cladogramas são diagramas que apresentam a relação de parentesco entre os seres vivos, levando em consideração a sua origem comum. Isso implica que a evolução dos organismos é um elemento importante nas classificações (GUIMARÃES; CARVALHO; OLIVEIRA, 2010).

		existência de controvérsias em relação às causas do mesmo, bem como seus posicionamentos teóricos e atitudinais			material paradidático intitulado “Aquecimento global e efeito estufa: a ciência por trás de uma controvérsia”. No primeiro encontro os estudantes fizeram uma atividade intitulada “O que sabemos e o que queremos saber sobre os fenômenos efeito estufa e aquecimento global. No segundo encontro a professora pediu aos alunos que fizessem uma pesquisa de reportagens sobre o aquecimento global. Nesse encontro, a professora entregou a cada grupo dois textos: um deles defendia que as causas do aquecimento global são antropogênicas e o outro apresentava afinidade com a opinião de cientistas que defendem que as causas do aquecimento global são naturais e alguns pesquisadores questionam a existência atual do aquecimento global. Por fim foi realizado um grande debate sobre a QSC
A4	Cachaça	Acompanhar: a) o desenvolvimento do controle de qualidade para os temas sociocientíficos (TS) com abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), tendo como centralidade o trabalho prático; b) a promoção da discussão desses TS de forma a se envolverem os estudantes e se lhes atribuir um significado real; c) o registro das interações e das discussões	Química Orgânica Aplicada	Pesquisa qualitativa referente a um estudo de caso. Os dados foram coletados a partir de observações, registros em cadernos de campo, gravações, filmagens e questionários	Uso de Aulas experimentais centradas em temas sociocientíficos na perspectiva CTS. E realização de debates/discussão através de seminários sobre os TS

		entre professor e estudantes nessas aulas práticas; d) a verificação do desenvolvimento de atitudes e valores dos estudantes frente à ciência, à tecnologia e à sociedade; e) a observação e o registro da didática do professor de Química			
A5	Linhas de transmissão de energia como possível causa da leucemia infantil	Obter insights sobre como os alunos avaliam a confiabilidade das informações e declarações de conhecimento quando envolvidos em uma questão sociocientífica (QSC) abrangida pela mídia local e como eles incluem essas informações na sua tomada de decisão	Ciências	Pesquisa qualitativa. Os dados foram registrados através de entrevistas semiestruturadas	Utilização de slides para a apresentação de artigos de jornais, relatórios de pesquisas e documentos oficiais que apresentam opiniões diferentes sobre a QSC. Em seguida foram feitas discussões em grupo sobre o tema controverso
A6	Clonagem; engenharia genética; cura de doenças como a acquired immunodeficiency syndrome (AIDS) e o câncer; viagens espaciais etc	Estudar os possíveis impactos que as recentes QSCs controversas causam nas concepções dos estudantes portugueses sobre os cientistas	Ciências da Vida e da Terra	Pesquisa qualitativa. Os dados foram registrados através de questionário aberto, registros escritos dos alunos e entrevistas semiestruturadas	Cada aluno escreveu uma história de ficção científica envolvendo um grupo de cientistas que trabalhava em uma situação particular
A7	Aquecimento global	Investigar como os alunos de biologia do ensino médio conceitualizam alguns aspectos da NdC no contexto de uma QSC e como esses	Biologia	Pesquisa qualitativa. Os dados foram registrados através da aplicação de um questionário aberto e	Utilização de dois textos com diferentes opiniões sobre o aquecimento global. O primeiro texto 'Global Warming: An Impending Environmental Crisis' relatava que o aquecimento global era causado

		alunos interpretam e avaliam informações conflitantes em relação a uma questão sociocientífica		da realização de entrevistas	principalmente por seres humanos e se configura uma verdadeira ameaça para o ambiente, o segundo texto intitulado 'Global Warming Myth: Evidence Against Environmental Crisis' apresentou evidências que sugeriam que o aquecimento global era um acontecimento natural e não apresenta uma ameaça real para o ambiente
A8	Tecnologia genética	Investigar a discussão dos alunos sobre as consequências sociais da engenharia genética e verificar o papel desempenhado pelo conhecimento científico nessa discussão	Não Especificada(s)	Pesquisa qualitativa. Os dados foram coletados através de discussões emparelhadas e discussão em grupo	Utilização de um vídeo sobre fibrose cística, exposição de um minidrama em áudio sobre a fibrose cística, discussão em grupo sobre a utilização da triagem pré-natal para a fibrose cística e sobre o uso da engenharia genética para o desenvolvimento de ratos de laboratório, produção de hormônio de crescimento humano, terapia genética somativa, terapia genética germinal, pragas resistentes e desenvolvimento de culturas de alto rendimento
A9	Alimentos geneticamente modificados	Promover o discurso sobre uma QSC através de uma atividade de estruturas investigativas na web e examinar até que ponto os alunos são capazes de reconhecer e utilizar ligações conceituais explícitas com a NdC na QSC; examinar quais recursos de argumentação e discurso são utilizados pelos alunos à medida que se envolvem nesta unidade de estudo	Ciências	Pesquisa qualitativa referente a um estudo de caso. Os dados foram coletados através da observação da aula do professor; do teste denominado Nature of Scientific Knowledge Scale; de entrevistas semiestruturadas com a utilização do Views on the Nature of Science Questionnaire, perguntas online, gravação de vídeo e	O professor introduziu a questão controversa em sala de aula e também discutiu os aspectos da NdC que a QSC envolve; utilizou uma apostila sobre vários aspectos da NdC relacionados à QSC. Além disso foi utilizado atividades através do Web-based Science Environment (WISE), sobre o tema; uso de artigos com diferentes opiniões sobre alimentos geneticamente modificados e debates

				notas de campo	
A10	Energia Nuclear	Investigar o desenvolvimento do raciocínio informal dos estudantes através de uma QSC sobre energia nuclear	Não Especificada(s)	Pesquisa qualitativa e quantitativa. A coleta e análise dos dados foram feitas através das anotações dos alunos e da aplicação de um questionário aberto	Utilização de um relatório que apresenta as vantagens e as desvantagens da utilização da energia nuclear por meio de múltiplas perspectivas, como a ecológica, econômica e segurança
A11	Tecnologia genética	Examinar como os estudantes constroem significados dos conceitos centrais do conteúdo científico a partir de uma QSC mediada pela argumentação e pela Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	Não Especificada(s)	Pesquisa qualitativa. Os dados foram coletados através de gravações de vídeos, entrevistas, notas de campo, registro de dados no ambiente virtual e anotações dos alunos	Utilização de um groupware denominado Future Learning Environments 2 (FLE2) que apresentava o conteúdo científico e ético sobre biotecnologia; livros; notas; enciclopédias sobre modificação genética de alimentos e escrita de textos pelas alunas
A12	Transplante de órgãos, segurança no uso da maconha, células-tronco, eutanásia entre outros	Investigar os efeitos de um currículo baseado em QSCs no desenvolvimento da sensibilidade moral dos alunos	Anatomia e Fisiologia	Pesquisa quantitativa. Para a coleta de dados foi aplicado um pré e pós-teste, denominado Test for Ethical Sensitivity in Science (TESSplus)	Para o grupo de comparação foi utilizado uma abordagem de ensino tradicional com o livro didático sobre o conteúdo de anatomia e fisiologia, palestras, atividades de laboratório, discussão sobre o conteúdo e um ensino explícito da NdC. Para o grupo de tratamento foram utilizadas atividades em grupos e os conteúdos de anatomia e fisiologia foram abordados por meio de QSCs. Esse grupo recebeu uma instrução explícita da NdC e da argumentação
A13	Aquecimento global	Investigar o impacto da utilização de um currículo baseado em QSCs no desenvolvimento do conhecimento do conteúdo científico nos alunos	Ciência Ambiental e Química	Pesquisa qualitativa e quantitativa. Os dados foram coletados através da gravação em vídeo, anotações de campo, anotações dos	Utilização da discussão sobre o aquecimento global nos noticiários, apresentação de pontos de vista diferentes sobre o aquecimento global, ênfase na complexidade sociopolítica do aquecimento global, atividades de laboratório para

				estudantes, registro de e-mails, do teste distal desenvolvido a partir dos testes padronizados: TIMSS (Third International Mathematics & Science Study) e NAEP (National Assessment of Education Progress), e de avaliações dos estados de Oklahoma, Califórnia, Flórida, e Nova York e do teste alinhado ao currículo com perguntas abertas	explorar os conceitos básicos sobre o tema e discussão
A14	Células-tronco, eutanásia, segurança no uso da maconha, consumo de fast food, saúde entre outros	Investigar os efeitos que dois contextos de aprendizagem sobre instrução explícita-reflexiva da NdC causam nas concepções dos estudantes a respeito da NdC, um dos contextos era baseado em QSCs e o outro foi orientado pelo conteúdo	Anatomia e Fisiologia	Pesquisa qualitativa e quantitativa. Para a coleta de dados foi utilizado um pré e pós-teste, denominado Views of Nature of Science (form C) (VNOS-C)	Para os alunos que fizeram parte do grupo de QSCs foram utilizadas uma abordagem explícita-reflexiva da NdC que estabeleceu conexões entre a NdC e o conteúdo científico, utilização de QSCs relacionadas a anatomia e fisiologia, atividade em grupo, discussão sobre os temas controversos, palestras e atividades em laboratórios. Para os estudantes do grupo de conteúdo foram utilizados uma abordagem tradicional sobre o conteúdo de anatomia e fisiologia através do livro didático, palestras, atividades experimentais, discussão e uma instrução explícita sobre a NdC
A15	Terapia genética humana	Investigar como os estudantes articulam diferentes concepções sobre a natureza por meio de discussões	Biologia	Pesquisa qualitativa. Os dados foram coletados através da gravação de vídeo e de	Utilização de uma material intitulado intitulado “Gene Therapy – A Dilemma for the Future?” e de debates sobre terapia genética humana

		sociocientíficas sobre terapia genética humana		áudio	
A16	Nanotecnologia	Investigar o impacto de uma estratégia de ensino na compreensão dos alunos sobre os riscos associados à nanotecnologia e como eles discutem os aspectos sociais e éticos relacionados a esse tema	Ciências	Pesquisa qualitativa. Os dados foram coletados através da gravação de vídeo	Utilização de textos científicos, relatórios filosóficos e éticos, artigos de imprensas internacionais e artigos para informar aos alunos as controvérsias atuais relacionadas à nanotecnologia. Palestras com especialistas em nanotecnologia, trabalhos de laboratório e debates
A17	Desenvolvimento sustentável	Investigar se o treinamento sobre o uso de estratégias de tomada de decisão contribui para o raciocínio sistemático e elaborado no campo das questões sobre sustentabilidade. Determinar se os auxílios de meta-decisão, que se baseiam no quadro da aprendizagem autorregulada, aumentam o processo de tomada de decisão dos alunos	Biologia	Pesquisa quantitativa. Os dados foram coletados a partir de um questionário pré e pós-teste, de um questionário para avaliar a motivação intrínseca dos estudantes e de um teste de acompanhamento aplicado três meses após a intervenção	O primeiro e o segundo grupo de treinamento receberam uma instrução explícita, por meio de um programa de treinamento na web sobre como utilizar as três estratégias de tomada de decisão: estratégia não compensatória, estratégia compensatória e estratégia mista. Em seguida os estudantes dos dois grupos aplicaram essas estratégias de tomada de decisão e foram solicitados a selecionar a estratégia que melhor se ajustasse a cada contexto. Ademais, um elemento de aprendizagem autorregulada ³ foi inserida apenas no segundo grupo de treinamento. Já os estudantes do grupo de controle não receberam um treinamento sobre o uso das estratégias de tomada de decisão, ao invés disso eles tiveram informações adicionais sobre ecologia para a tomada de decisão.
A18	Caça às baleias	Investigar como alunos de	Ciências	Pesquisa qualitativa.	Os alunos das quatro localidades diferentes

³ Os alunos do segundo grupo de treinamento realizaram uma análise explícita e refletiram sobre a melhor estratégia de tomada de decisão que se adequava ao contexto da QSC. Isso exigiu o uso de habilidades de meta-decisão (GRESCH; HASSELHORN; GEHOLZ, 2013).

		quatro localidades internacionais culturalmente diferentes (Inglaterra, Alemanha, Hong Kong e Suécia) respondem à atividade de tomada de decisão sobre caça às baleias e explorar a importância de proporcionar aos alunos a oportunidade de ouvirem as opiniões de seus homólogos internacionais		Os dados foram coletados através de um pré e pós- teste, gravação de vídeo, entrevistas e anotações dos alunos	realizaram atividades nas suas aulas de ciências, como por exemplo a utilização de um vídeo sobre caça às baleias, leitura de textos sobre caça às baleias, discussão e apresentação sobre as opiniões de cada grupo para toda a turma acerca do tema, essas apresentações foram gravadas em vídeos pelos estudantes ingleses, chineses e suecos. As apresentações gravadas em vídeos foram legendadas em inglês e apresentadas aos estudantes das quatro localidades envolvidas na pesquisa
A19	Biotecnologia	Investigar a eficácia da instrução baseada em QSC para apoiar a aprendizagem dos alunos sobre o conhecimento do conteúdo relacionado à biologia molecular e genética	Ciências integradas e Biologia	Pesquisa quantitativa. Os dados foram registrados através de um pré-teste e um pós-teste	Os professores utilizaram um ensino baseado em QSC dando ênfase na utilização da biotecnologia para identificação e tratamento de doenças sexualmente transmissíveis. Desse modo, o tema controverso “Biotecnologia” foi apresentado e caracterizado pelos professores; os estudantes realizaram pesquisas sobre o tema, utilizaram a internet e a TIC para coletar e divulgar informação sobre o Human Papiloma Virus (HPV) e Human Immunodeficiency Virus (HIV); atividades investigativas para identificar o agente causador do HPV; discussões em grupos sobre as responsabilidades sociais quanto à prevenção de doenças sexualmente transmissíveis; palestras e atividades de laboratório ministradas pelos professores sobre o tema controverso
A20	Construção de uma barragem em um Rio	Investigar se uma orientação metacognitiva em um ambiente e-learning exerce efeitos	Ciências da Terra	Pesquisa quantitativa. Os dados foram coletados através de	Tanto o grupo de controle como o grupo experimental realizaram leituras e discussões de textos para ajudar os alunos

		significativos nas habilidades de tomada de decisão dos alunos relacionadas a uma QSC		um pré-teste e pós-teste, e de planilhas preenchidas pelos alunos	a compreenderem o conceito de “evidência” e a importância da validade e da confiabilidade da evidência; demonstração pelo professor de como aplicar as estratégias de tomada de decisão para escolher uma solução apropriada; realização de atividade em grupo para a tomada de decisão dos alunos por meio de uma estrutura de tomada de decisão baseada em três fases 1) reconhecimento do problema; 2) diferenciação; 3) consolidação pós-decisão. Essa estrutura de tomada de decisão orienta os alunos a experimentarem o processo de tomada de decisão e ajuda eles a desenvolverem habilidades de tomada de decisão, por meio da produção, de critérios, da análise de alternativas, da aplicação de uma estratégia de tomada de decisão e da avaliação dos resultados da tomada de decisão. Apenas o grupo experimental recebeu uma instrução metacognitiva ⁴ para o desenvolvimento de habilidades de tomada de decisão
A21	Células-tronco, eutanásia, segurança no uso da maconha, consumo de fast food, saúde entre outros	Explorar possíveis relações entre a instrução com QSCs e o desenvolvimento do julgamento reflexivo dos alunos	Anatomia e Fisiologia	Pesquisa quantitativa e qualitativa. Para a coleta de dados foi usado um pré e pós-teste, denominado Prototypic Reflective Judgment Interview	Instrução sobre a NdC tanto para o grupo de controle como para o de tratamento. Para o grupo de controle foi utilizado uma abordagem de ensino tradicional sobre o conteúdo de Anatomia e Fisiologia por meio do livro didático, de palestras e atividade de laboratório. Enquanto que, para o grupo de

⁴ A instrução metacognitiva permite que os alunos reflitam sobre a importância: das evidências, dos critérios de seleção, do ponderamento das vantagens e das desvantagens de cada decisão tomada.

				(PRJI)	tratamento foi utilizado uma proposta de ensino baseada em QSCs; discussão do conteúdo científico relacionado às QSCs; foco explícito na argumentação e no discurso; atividades em pequenos grupos; pesquisa feita pelos estudantes sobre QSCs; leituras sobre textos controversos sobre as QSCs, atividade de laboratório; tomada de decisão no contexto das QSCs
A22	Biocombustíveis	Estimular a argumentação dos alunos do ensino médio sobre QSC relacionada ao tema biocombustíveis	Química	Pesquisa qualitativa. Os dados foram coletados a partir da observação, questionários e gravações em vídeo	Utilização de textos sobre biocombustíveis; apresentação aos estudantes do caso intitulado “A Fábrica de Biodiesel”; atividades em grupo; pesquisa na internet sobre o tema; abordagem sobre o conteúdo químico envolvido no tema “biocombustíveis”, através de atividades experimentais, exercícios e do livro didático; e por último foi realizado o Júri Químico
A23	O problema de toxinas ambientais em peixes do mar Báltico	Investigar a influência do conhecimento, valores e experiências sobre a argumentação e tomada de decisão dos alunos sobre uma QSC	Ciências	Pesquisa qualitativa. Os dados foram coletados através da gravação de áudio, anotações dos alunos e entrevistas semiestruturadas	Foi utilizado um módulo instrucional de seis etapas baseado em uma abordagem interdisciplinar para abordar QSC denominada “Post it”. Na etapa 1, o professor apresentou a QSC aos alunos e discutiu os aspectos científicos que a QSC envolve e explicou aos alunos como a negociação de tais questões devem ser conduzidas, ainda nessa etapa os estudantes receberam artigos que continham informações divergentes sobre o tema. Na etapa 2, os estudantes fizeram pesquisas sobre o tema e formularam argumentos a respeito da questão. Na etapa 3, os alunos realizam a categorização do argumento em diferentes grupos. Na etapa

					4, os alunos participam de uma discussão em grupo sobre a complexidade do problema. Na etapa 5, os estudantes tomaram as suas próprias decisões sobre a QSC. Na etapa 6 o professor forneceu um feedback sobre a argumentação informal e a tomada de decisão dos alunos e resumiu os principais pontos chave decorrentes da atividade
A24	Terapia genética humana	Investigar o papel argumentativo nas discussões dos estudantes em que aparecem o conteúdo científico que a QSC envolve	Biologia	Pesquisa qualitativa. Não explicitou como os dados foram coletados	Utilização do matéria didático intitulado “Gene Therapy – A Dilemma for the Future?”; discussão em grupo sobre a QSC
A25	Problemas ambientais	Desenvolver e ilustrar um método que facilita a investigação de processos de aprendizagens dos estudantes em discussões em sala de aula sobre QSCs	Não Especificada(s)	Pesquisa qualitativa. Os dados foram coletados através da gravação em vídeo de uma aula	Discussão sobre a QSC “resolução de problemas ambientais”

Fonte: Elaborado pelas autoras.

O primeiro aspecto que chamou a atenção, a partir da análise da Tabela 2, foi a grande quantidade de pesquisas com QSCs que são desenvolvidas dentro do ramo de conhecimento da Biologia, sendo 6 pesquisas aplicadas diretamente na disciplina de Biologia (A2, A7, A15, A17, A19, A24); 3 desenvolvidas na disciplina de Anatomia e Fisiologia (A12, 14, A21), 4 realizadas nas disciplinas de Ciências (A9, A18, A6, A20) e 2 em disciplinas não especificadas pelos autores dos trabalhos (A8, A11). Isso quer dizer que 60% dos trabalhos analisados estão diretamente ligados ao ramo da Biologia, sendo que a maioria deles enfoca QSCs sobre biotecnologia e problemas ambientais. Cabe ressaltar também que 24% (6 artigos) dos trabalhos analisados tiveram uma abrangência interdisciplinar, sendo que 3 deles foram implementados nas disciplinas de Ciências (A5, A16, A23), 1 foi aplicado na disciplina de Ciência Ambiental e Química (A13) e os outros 2 trabalhos os autores não informaram em quais disciplinas foram desenvolvidos (A10, A25). Por fim, das 25 pesquisas analisadas, quatro delas foram desenvolvidas na disciplina de Química (A1, A3, A4, A22), o que corresponde a 16% das pesquisas analisadas.

Desse modo, é possível notar que as pesquisas publicadas em revistas brasileiras e internacionais não desenvolveram propostas com o uso didático de QSC para serem aplicadas diretamente na disciplina de Física no nível médio. Dos vinte e cinco trabalhos analisados, somente três retrataram nas propostas de ensino com QSCs a interdisciplinaridade entre a Física e outras áreas, por exemplo, o trabalho A5 utilizou uma proposta interdisciplinar entre a Física e a Biologia, tendo em vista que os autores focaram na questão controversa sobre as linhas de transmissão de energia como possível causa da leucemia infantil; o trabalho A16 também desenvolveu uma proposta interdisciplinar entre a Física, a Matemática, a Biologia, a História, a Filosofia, a Nanotecnologia, entre outras áreas, e o trabalho A10 desenvolveu uma proposta interdisciplinar entre a Física e as Ciências da Terra, quando trabalhou com o tema energia nuclear. É importante enfatizar que essas três pesquisas que trabalharam com temas ligados a Física por meio do uso didático de QSCs são pesquisas internacionais.

Isso implica que não houve pesquisas publicadas nas revistas brasileiras analisadas que focaram no uso didático de QSCs no ensino de Física, nem de maneira interdisciplinar, nem de maneira disciplinar. Portanto, a partir desse resultado, é notório que a investigação sobre o uso didático de QSCs envolvendo a

disciplina de Física no nível médio ainda é escasso tanto nas pesquisas brasileiras quanto nas pesquisas desenvolvidas em outros países, pelos menos nas revistas analisadas. Parece que os trabalhos que envolvem QSCs como propostas de ensino para o nível médio têm tido pouca repercussão entre os pesquisadores de ensino de Física.

Ademais, o método de pesquisa predominante nos trabalhos analisados foi o qualitativo. De forma consistente com o tipo de procedimento metodológico predominante, os instrumentos de coleta utilizados com mais frequência foram as observações, questionários, entrevistas, anotações feitas pelos estudantes, gravação de áudio e de vídeo.

Depois de ter ilustrado essa categorização geral dos artigos revisados, iremos apresentar, a seguir, uma síntese dos principais resultados apresentados por tais trabalhos, assim como as limitações mais frequentes verificadas nessas pesquisas.

2.4 Principais resultados apresentados nos artigos analisados

A apresentação dos principais resultados traz informações sobre a aplicação didática das QSCs nas salas de aula do ensino médio. Essas informações são essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa de mestrado, bem como para os pesquisadores que atuam nessa área.

A partir da análise dos artigos foram identificados seis objetivos distintos a serem alcançados com o uso didático de QSCs no nível médio: promover o desenvolvimento da argumentação; promover a tomada de decisão; promover uma compreensão sobre a NdC; promover a aprendizagem do conteúdo científico ou de conceitos; promover o julgamento reflexivo, promover o desenvolvimento do raciocínio moral. De acordo com esses principais objetivos foram desenvolvidas seis grandes categorias, por meio das quais estão apresentados os principais resultados dos trabalhos revisados. As categorias são as seguintes: 1) argumentação/discussão; 2) tomada de decisão; 3) natureza da ciência; 4) aprendizagem do conteúdo científico ou de conceitos; 5) julgamento reflexivo e 6) raciocínio moral e ético. Ademais, vale destacar que essas categorias não são

excludentes entre si, pois tem trabalhos que estão representados em mais de uma categoria.

2.4.1 Primeira categoria: argumentação/discussão

Dos 25 trabalhos analisados, treze estão dentro da categoria 1) argumentação/discussão, são eles: A1, A3, A4, A8, A9, A10, A11, A15, A16, A22, A23, A24 e A25. Isso implica que metade dos trabalhos revisados focaram na argumentação/discussão.

De um modo geral, os trabalhos que investigaram a argumentação/discussão dos estudantes do ensino médio registraram ganhos significativos nas habilidades argumentativas dos mesmos, com exceção dos trabalhos A1, A9 e A15, que verificaram que a intervenção com QSCs contribuiu muito pouco para a qualidade da argumentação dos estudantes.

O trabalho A1, de Santos, Mortimer e Scott (2001), foi desenvolvido em uma escola pública de ensino médio, na cidade de Taguatinga – Distrito Federal. O tema sociocientífico analisado nessa pesquisa foi sobre ciência, religião e mito.

A atividade proposta pelo professor tinha dois objetivos, que eram (i) promover o debate sobre ciência, religião e mito para desenvolver a argumentação dos alunos e (ii) discutir a natureza do conhecimento científico. O segundo objetivo dessa proposta está discutido dentro da categoria 3) natureza da ciência.

Os resultados revelaram que o professor incentivou bastante a participação dos alunos nos debates, sempre solicitando que os alunos emitissem suas opiniões sobre a temática. Essa intervenção majoritária do professor apresenta indicadores de que ele foi o responsável por manter o debate e o interesse dos alunos.

Contudo, o professor teve dificuldades em conduzir o debate e a argumentação na sala de aula. Segundo Santos, Mortimer e Scott (2001), essas dificuldades podem estar associadas: à falta de utilização de um referencial para avaliar a construção, estrutura e natureza da argumentação e à complexidade do tema. Logo, a principal conclusão do trabalho foi que as aulas, provavelmente, contribuíram muito pouco para melhorar a qualidade dos argumentos dos estudantes, pois o professor não explicitou, nos debates dos alunos, a natureza do

argumento, ele apenas explorou a opinião dos estudantes sobre a temática ciência, religião e mito.

O trabalho A3 foi desenvolvido no Brasil. Barbosa, Lima e Machado (2012) analisaram o processo das interações discursivas dos estudantes frente ao problema sociocientífico do aquecimento global, focalizando suas tomadas de consciência acerca da existência de controvérsias em relação às causas do mesmo. Para isso, foi utilizado como referencial teórico o pensamento de M. M. Bakhtin, porque ele aborda o ser humano como sujeito dialógico.

“Bakhtin desvela o sujeito e sua constituição pela linguagem. Para ele, as ‘palavras alheias’ ou ‘palavras do outro’, pela interpretação e reacentuação, tornam-se ‘minhas-alheias’ até se tornarem propriamente minhas” (BAKHTIN, 2003 apud BARBOSA; LIMA; MACHADO, 2012, p. 117).

Essa aproximação com o outro é para Bakhtin o suporte para a formação do sujeito, que por meio do diálogo vai se tornando humanizado. Quando Bakhtin propõe a sua Teoria da Enunciação ele considera que existe uma relação íntima entre as interações orais ou escritas e os fatores que estão presentes no contexto daquele que enuncia. De acordo com esse autor, é por meio do discurso que construímos o mundo e a nossa própria consciência (BARBOSA; LIMA; MACHADO, 2012).

Os resultados dessa pesquisa revelaram que os alunos compreenderam o efeito estufa como sendo natural. Além do mais, os estudantes, inicialmente, não tinham consciência de que o aquecimento global era um tema controverso. Os alunos partiram da conjectura de que: o aquecimento global existe; o aumento do efeito estufa é a causa do aquecimento global e as causas desses fenômenos são antropogênicas. Essas concepções já eram esperadas pelos autores dessa pesquisa, tendo em vista que a mídia vem associando efeito estufa ao aquecimento global e responsabilizando o ser humano pela queima de combustíveis fósseis.

Entretanto, a partir da leitura dos dois textos que apresentavam opiniões distintas sobre o aquecimento global, os estudantes tomaram consciência da existência de controvérsias com relação ao tema explorado nas aulas. Eles ainda reconheceram as diferentes vozes que expressam ideias antagônicas. De acordo com a teoria da enunciação de Bakhtin, diferentes vozes foram trazidas para debate, “com uma atitude ativa responsiva, única, singular e individual” (BARBOSA; LIMA;

MACHADO, 2012, p. 128). A apropriação das vozes ocorreu de diversas maneiras entre os participantes do mesmo grupo e entre os indivíduos dos diferentes grupos.

Além disso, a professora provocou os alunos a refletirem sobre a autoria dos textos e de que lugares os autores falavam. Para Barbosa, Lima e Machado (2012), esse cuidado apresenta uma aproximação com a perspectiva bakhtiniana, pois ela se preocupa em mostrar para os estudantes a importância de reconhecerem o sujeito que elabora o enunciado. Entretanto, ela parece defender a existência de lugares de autoridade para falar, isso implica que ela clama pela autoridade científica. Além do mais, não é possível falar de um lugar onde o conhecimento é construído sem sofrer influências do seu meio.

Por fim, os estudantes apresentaram um incômodo em aceitar o fato do aquecimento global ser um debate em aberto, sem soluções e consenso, pois eles acreditam numa verdade única e acabada. De acordo com Barbosa, Lima e Machado (2012), essa necessidade de encontrar uma compreensão livre de tensões está enraizado no ambiente escolar, pois “a escola vem se consagrando como lugar de se ensinar os conhecimentos consolidados da ciência” (p.128).

No trabalho A4 as autoras Santos, Amaral e Maciel (2012) acompanharam: o desenvolvimento do controle de qualidade para o tema sociocientífico (TS) cachaça com abordagem CTS; a promoção da discussão desse TS de forma a envolver os estudantes e estes lhe atribuírem um significado real; o registro das interações e das discussões entre professor e estudantes em aulas práticas; a verificação do desenvolvimento de atitudes e valores dos estudantes frente à ciência, à tecnologia e à sociedade; a observação e o registro da didática do professor de Química. Embora a professora da disciplina de Química orgânica aplicada tenha trabalhado na sua disciplina com oito temas sociocientíficos: mel, leite, cerveja, cachaça, detergente, sabão, gasolina e óleo diesel, para essa pesquisa as autoras resolveram explorar apenas um, que foi o tema sociocientífico cachaça. Além disso, os temas sociocientíficos trabalhados nessa disciplina foram escolhidos pelos estudantes e, em geral, esses temas estão presentes em sua vivência. Esse trabalho foi desenvolvido em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Os resultados dessa pesquisa revelaram que os estudantes desenvolveram habilidades processuais e técnicas, tomaram decisões, buscaram estabelecer

implicações sociais para os problemas apresentados e souberam lidar com problemáticas reais que estão presentes no seu contexto.

Além disso, os alunos estabeleceram várias relações entre a abordagem CTS e o TS cachaça e responderam aos questionamentos desafiadores feitos pela professora. Os estudantes apresentaram a importância da cachaça, seu mercado, a sua qualidade, os processos de fabricação artesanal e industrial da bebida. Ademais, levantaram os problemas ambientais que são causados pela produção da cachaça; pela composição e o consumo dessa bebida. Destacaram, também, a importância econômica da produção da cachaça para o Brasil.

As autoras afirmaram que as discussões do TS potencializaram as interações dialógicas entre os estudantes e o professor e “promoveram uma integração do conhecimento científico com a tecnologia e o mundo social de suas experiências do cotidiano” (SANTOS; AMARAL; MACIEL, 2012, p. 233).

A partir das análises das seis amostras de cachaça, os estudantes perceberam que todas as amostras seguiram os parâmetros exigidos pela legislação, entretanto enfatizaram que, para avaliarem a qualidade das bebidas, era necessário realizar os testes quantitativos.

Além disso, os resultados dos questionários revelaram que os estudantes apresentaram conceitos adequados sobre ciência e tecnologia em seus posicionamentos. Finalmente as autoras concluíram a pesquisa enfatizando que a experiência do professor e a utilização da abordagem CTS foram extremamente importantes para uma abordagem mais sistemática dos TS. Assim, a utilização de TS na perspectiva CTS que visa uma formação mais integral dos indivíduos depende das concepções dos professores e de sua prática pedagógica (SANTOS; AMARAL; MACIEL, 2012).

O trabalho A8, desenvolvido por Lewis e Leach (2006), investigou a discussão dos alunos sobre as consequências sociais da engenharia genética e o papel desempenhado pelo conhecimento científico nessa discussão.

Os resultados dessa pesquisa mostraram que, quando as questões sobre tecnologia genética eram tratadas dentro de um contexto amplo, os estudantes tinham muitas dificuldades em se envolverem com tais questões. Essa pesquisa revelou que os alunos tiveram dificuldades em emitir opiniões, reconhecer as questões relevantes e apresentar argumentos bem embasados. Entretanto, foi

verificado que quando os alunos tinham uma compreensão básica do conhecimento científico da questão e à medida que eles conheciam o contexto específico da questão (por exemplo, problemas agrícolas e ambientais relacionadas ao uso de pesticidas), a maioria desses estudantes conseguiram se envolver em discussões fundamentadas e justificavam seus posicionamentos.

O posicionamento dos estudantes foi analisado de acordo com a categorização proposta por Mercer (1996 apud LEWIS; LEACH, 2006): (i) interação com disputa e discussão, que envolve pequenas interações entre os estudantes, e essas interações são caracterizadas pela tomada de decisão individual ou discordância entre os alunos; (ii) interação cumulativa, são discussões superficiais e sem críticas entre os alunos; (iii) interação exploratória, são discussões críticas e construtivas sobre as ideias uns dos outros.

Dessa maneira, quando os autores utilizaram essas categorias para analisar a atividade sobre a "triagem pré-natal", os resultados revelaram que poucos grupos de estudantes utilizaram nas suas discussões a interação exploratória. A maioria dos grupos utilizou uma mistura das três categorias em suas discussões e alguns grupos utilizaram predominantemente a interação com disputa.

Maiores detalhes sobre o papel desempenhado pelo conhecimento científico, nessa pesquisa, estão descritos na categoria 4) aprendizagem do conteúdo científico ou de conceitos. Os autores desse trabalho não mencionaram em qual(is) disciplina(s) a pesquisa foi executada, apenas disseram que o trabalho foi desenvolvido com alunos do ensino médio.

O trabalho A9 foi desenvolvido nos Estados Unidos por Walker e Zeidler (2007). Essa pesquisa analisou como os estudantes identificaram, em seus argumentos/discurso, aspectos da NdC dentro da QSC sobre alimentos geneticamente modificados. Os aspectos da NdC apresentados nessa pesquisa estão discutidos na categoria 3) natureza da ciência.

Os resultados revelaram que os alunos não apresentaram criticidade para avaliar os artigos selecionados pelo professor, nem buscaram saber que interesses e valores estavam por trás das informações de tais textos. Os estudantes simplesmente afirmaram que as informações contidas nos artigos eram válidas e confiáveis porque eram artigos do governo, e o governo não pode emitir informações falsas.

Outro resultado revelado nessa pesquisa foi que muitos alunos apresentaram argumentos que não estavam de acordo com o modelo de argumentação de Toulmin. Os pesquisadores encontraram vários exemplos de argumentos baseados no raciocínio hipotético e cheio de falácias. Entretanto, teve um grupo de estudantes que apresentou em seus argumentos boas evidências e um conhecimento geral do conteúdo científico envolvido na QSC sobre alimentos geneticamente modificados.

O objetivo do trabalho A10, de Wu e Tsai (2007), foi obter indicadores qualitativos e quantitativos do raciocínio informal⁵ dos estudantes através de uma QSC sobre energia nuclear. Essa pesquisa foi desenvolvida em Taiwan. A escolha da QSC sobre energia nuclear se deu por causa da presença de debates sobre o dilema da implantação de uma quarta usina nuclear em Taiwan.

Dessa maneira, os resultados revelaram que os estudantes apresentaram predominantemente argumentos baseados em aspectos ecológicos e econômicos, e, em menor quantidade, eles utilizaram argumentos baseados em aspectos científicos, tecnológicos e sociais. Para os autores dessa pesquisa, os estudantes utilizaram menos argumentos embasados na ciência e tecnologia porque eles têm dificuldades de estabelecer uma conexão entre o conteúdo científico visto na escola e as questões sociocientíficas presentes na sua realidade.

Nesse estudo, os alunos utilizaram mais do que dois modos de raciocínio em seus argumentos, ou seja, esses estudantes utilizaram, por exemplo, argumentos baseados em aspectos ecológicos, econômicos e sociais, isso implica que eles conseguiram raciocinar a partir de múltiplas perspectivas.

Os estudantes com o nível mais elevado de raciocínio foram aqueles que conseguiram elaborar argumentos de apoio, contra-argumentos e refutações para justificar as suas opiniões sobre a construção de mais uma usina nuclear em Taiwan, no entanto, os resultados revelaram que mais da metade dos alunos tinham um nível menos elaborado de raciocínio, visto que eles tinham dificuldades em

⁵ O raciocínio informal envolve a construção de posicionamentos em resposta à questões complexas que carecem de soluções claras. Os indivíduos desenvolvem o raciocínio informal quando consideram as causas e consequências, os prós e contra e as posições alternativas sobre determinado problema. O raciocínio informal pode ser utilizado para analisar problemas controversos e complexos, principalmente quando exige que o sujeito tome decisão e construa argumentos para apoiar os seus pontos de vista. Dessa maneira, as QSCs são questões ideais para a aplicação do raciocínio informal (SADLER, 2004).

elaborar contra-argumentos e refutações. Por outro lado, os estudantes com níveis mais elevados de raciocínio conseguiram construir refutações e apresentaram uma quantidade significativa de argumentos baseados em fatores ecológicos, na ciência ou na tecnologia. À medida que os estudantes utilizavam uma quantidade maior de modos de raciocínio um número maior de argumentos de apoio, contra-argumentos e refutações surgiram.

Além disso, os autores investigaram, nessa pesquisa, se existiam diferenças no desenvolvimento do raciocínio informal entre os estudantes do sexo feminino e os estudantes do sexo masculino, sob a justificativa de que a diferença de gênero é sempre uma das questões importantes para os pesquisadores em educação científica. Entretanto, os resultados desse trabalho revelaram que não houve distinção entre o desenvolvimento do raciocínio informal nas alunas e nos alunos do ensino médio. Por isso, os autores sugeriram que outras pesquisas sejam feitas em diferentes níveis de ensino para constatar se há ou não diferenças no desenvolvimento do raciocínio informal entre homens e mulheres.

A tomada de decisão dos alunos, verificada nessa pesquisa, está explicitada na categoria 2) tomada de decisão. Os autores desse trabalho não mencionaram em qual(is) disciplina(s) a pesquisa foi executada, apenas disseram que o trabalho foi desenvolvido com alunos do ensino médio.

No trabalho A11 Furberg e Ludvigsen (2008) focaram na trajetória de interação entre duas alunas, Vera e Maya. A intenção foi observar como os conceitos centrais da tecnologia genética foram construídos através da argumentação e da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). Os autores desse trabalho não mencionaram em qual(is) disciplina(s) a pesquisa foi executada, apenas disseram que o trabalho foi desenvolvido com duas turmas do ensino médio, em escolas localizadas em Bergen e Oslo.

Os pesquisadores utilizaram como referencial pedagógico, nessa pesquisa, a perspectiva sociocultural para avaliar a interação entre as alunas, baseando-se em Vygotsky e outros pesquisadores. Eles deram muita ênfase nas interações entre as alunas, destacando que o conhecimento e os significados são contruídos a partir da interação e se desenvolvem ao longo do tempo.

Os resultados revelaram que o texto produzido pelas duas alunas estava bem escrito e era composto por argumentos bem estruturados, parecendo até um

artigo científico bem avançado sobre tecnologia genética. No entanto, as análises da trajetória de interação entre as alunas revelaram que o texto era uma cópia de outros trabalhos disponíveis na internet e que foram usados pelas alunas.

Além disso, as estudantes julgaram que os textos que elas encontraram na internet eram relevantes. Contudo, elas não conseguiram discernir quais textos apresentavam uma maior fiabilidade. Apesar disso, elas conseguiram construir argumentos muito avançados.

O trabalho A15 foi desenvolvido na Dinamarca por Nielsen (2012a). Ele investigou como os estudantes invocaram diferentes concepções sobre a natureza em discussões sociocientíficas. Para analisar a argumentação dos alunos Nielsen utilizou uma estrutura de argumentação pragmático-normativa. Essa estrutura estuda o significado prático do uso da língua em interações argumentativas.

Os resultados mostraram que os alunos se referem à natureza em questões específicas dentro de uma variedade de contextos dialéticos nas discussões, como por exemplo, na discussão sobre a utilização da terapia genética germinativa e somativa. Em geral, a natureza foi mencionada sem críticas e raramente envolvia o conteúdo factual da ciência. Além disso, foi notado que os alunos quase não mencionavam a natureza em seus argumentos e, quando mencionavam, tinham dificuldades em apresentar um argumento bem estruturado para expressar as suas concepções sobre a natureza. Isso pode indicar que os alunos não compreenderam o que é natureza, por isso eles não conseguiram sustentar ou oferecer uma posição em seus argumentos sobre essa temática.

Outro resultado revelado pela análise do debate foi que os estudantes raramente criticavam o conceito de natureza dos seus pares. Isso implica que, em geral, eles aceitaram os argumentos que os seus pares apresentaram sobre a natureza.

No trabalho A16 Simonneaux, Brossais e Panissal (2013) analisaram o impacto de uma estratégia de ensino, com QSC, na compreensão dos alunos sobre nanotecnologia e como eles discutiam os aspectos sociais e éticos relacionados a esse tema. O tema desse estudo foi escolhido por meio de uma pesquisa sobre nanosistemas para diagnósticos médicos e testes sorológicos que estava sendo desenvolvida em um laboratório local, na França.

Para analisar os argumentos dos estudantes foram utilizadas as três categorias propostas por Mercer (1995 apud SIMONNEAUX; BROSSAIS; PANISSAL, 2013): (i) interação com disputa e discussão; (ii) interação cumulativa; (iii) interação exploratória, e complementadas por Mork com mais uma categoria (2005 apud SIMONNEAUX; BROSSAIS; PANISSAL, 2013): (iv) interação de disputa fundamentada, em que os estudantes apresentam opiniões diferentes, mas fornecem justificativas. As categorias proposta por Mercer já foram discutidas anteriormente por meio do trabalho A8, de Lewis e Leach (2006).

Por meio da análise do debate foi verificado que, dentro de cada grupo, os alunos desenvolveram interações cumulativas e exploratórias. Entre os dois grupos, a discussão que predominou foi a interação de disputa fundamentada, pois no debate dois tipos distintos de pontos de vista surgiram, que foram identificados como: o grupo dos pessimistas e o grupo dos otimistas. Esses dois grupos se diferenciavam pelas suas percepções sobre a nanotecnologia e, mais amplamente, pela suas concepções sobre o progresso tecnocientífico.

As opiniões das mulheres se enquadraram, predominantemente, dentro do grupo dos pessimistas, enquanto que as opiniões dos homens se ajustaram, principalmente, ao grupo dos otimistas.

Os estudantes do sexo masculino foram otimistas e individualistas, isto é, eles acreditam que a tecnociência promove o progresso. O foco é na inovação e no desenvolvimento econômico e estratégico, e não nos riscos desse progresso. Já as meninas foram pessimistas, igualitárias e críticas, ou seja, elas consideraram o risco do uso da nanotecnologia sobre a sociedade e o ambiente. Também reconheceram que a ciência produz avanços, mas também controvérsias e riscos que não podem ser ignorados. As pesquisadoras destacaram que essa diferença de opiniões entre estudantes do sexo feminino e do sexo masculino não estavam dentro das suas hipóteses iniciais.

Outro resultado revelado foi que, no debate, os estudantes quase não desenvolveram em seus argumentos a categoria (i) interação com disputa e discussão. As autoras acreditam que a pouca ênfase na interação de disputa verificada nos argumentos dos alunos, durante o debate, ocorreu por causa do processo de socialização das ideias sobre o tema que aconteceu ao longo da preparação do debate.

Os temas abordados pelos alunos estavam alinhados com as considerações do comitê de ética e debates públicos sobre a nanotecnologia.

Um aspecto bem interessante verificado nesse trabalho foi a interdisciplinaridade entre ciências naturais e ciências humanas, uma vez que os professores de ciências juntamente com os de História, Geografia, Direito Cívico, Estudos Sociais e Filosofia conceberam e prepararam o debate.

O trabalho A22, de Brito e Sá (2010), foi desenvolvido na cidade de Itabuna, Bahia. Essa pesquisa buscou estimular a argumentação dos alunos do ensino médio sobre a QSC relacionada ao tema biocombustíveis.

Os resultados do pré-teste mostraram que os alunos não tinham conhecimento sobre o tema biocombustíveis, nem compreendiam muito bem o que era energia, nem as fontes alternativas de energia. O conhecimento dessas concepções prévias foi fundamental para nortear o desenvolvimento das atividades propostas nessa pesquisa.

Com base na análise do Júri Químico foi observado que, depois da intervenção, os estudantes expuseram argumentos bem elaborados, de acordo com o modelo de Toulmin (1958 apud BRITO; SÁ, 2010). Os argumentos eram fundamentados em aspectos científicos, econômicos, sociais e ambientais. No entanto, foi verificado que os estudantes apresentaram algumas informações equivocadas e incompletas sobre o conhecimento tecnológico e científico a respeito do tema trabalhado. Os estudantes mostraram preocupação em fornecer argumentos que fundamentassem os seus posicionamentos, mas eles não se preocuparam em conferir o quão confiável eram as fontes que eles estavam lendo.

Também foi verificado um grande número de dados, justificativas, refutações e conhecimentos básicos, na argumentação dos alunos no Júri Químico. Esse resultado indica o esforço dos estudantes para fundamentar os seus posicionamentos e contestar as ideias do grupo opositor.

Os resultados sugerem que a abordagem de ensino baseada em QSC se mostrou adequada para estimular a argumentação dos alunos com relação ao tema controverso biocombustíveis. Ademais, os resultados obtidos a partir do questionário de avaliação sugerem que a atividade foi bem recebida pelos alunos, pois eles acreditam ter desenvolvido, além da argumentação, habilidades de trabalho em

grupo e de tomada de decisão. Mas essas habilidades não foram investigadas nesse estudo.

O trabalho A23, desenvolvido na Suécia por Rundgren, Eriksson e Rundgren (2016), investigou a influência do conhecimento, valores e experiências sobre a argumentação e tomada de decisão dos alunos sobre a QSC intitulada “o problema de toxinas ambientais em peixes do mar Báltico”.

Nessa pesquisa os alunos foram desafiados a responder a seguinte questão: o governo sueco tomou a decisão certa quando adotou uma isenção permanente da legislação que controla os níveis de dioxinas em peixes gordurosos do Mar Báltico⁶?

Para avaliar as habilidades argumentativas dos estudantes foi utilizada a estrutura analítica de Chang and Chiu (2008 apud RUNDGREN; ERIKSSON; RUNDGREN, 2016), que consiste na utilização da heurística negativa e heurística positiva no argumento do estudante. A heurística positiva está relacionada com a avaliação dos aspectos positivos que apoiam o argumento e a heurística negativa consiste na avaliação dos aspectos que se apresentam contrários ao argumento principal.

Os resultados revelaram que a utilização da heurística negativa pelos alunos em sua argumentação mostrou que a proposta de ensino baseada em QSC foi bem sucedida, pois os estudantes apresentaram contra-argumentos para as suas decisões tomadas, assim como a utilização da heurística positiva apresentou diferentes pontos de vista que favoreciam os seus argumentos. No entanto, os autores afirmaram que os dados dessa pesquisa não forneceram evidências suficientemente claras de que a utilização da heurística negativa aumentou a qualidade dos argumentos apresentados pelos estudantes individualmente.

Outro resultado obtido na pesquisa foi que todos os alunos exploraram em seus argumentos alguns dos aspectos multidisciplinares da questão, pois a QSC sobre o problema de toxinas ambientais em peixes do mar Báltico abrange fatores científicos, ambientais, culturais, econômicos, éticos e políticos.

Além disso, os alunos desse estudo tiveram acesso às mesmas informações, no entanto eles utilizaram essas informações para apoiar pontos de vista opostos. Dessa maneira, os resultados mostraram que parte dos alunos eram

⁶ Permissão da comercialização, na Suécia, de peixes com dioxinas além do limite permitido por lei, contudo esses peixes não podem ser exportados (RUNDGREN; ERIKSSON; RUNDGREN, 2016).

favoráveis à comercialização de peixes com toxinas além do limite permitido por lei na Suécia, e outros alunos eram contrários a essa comercialização.

O grupo de alunos que eram favoráveis à comercialização reconheceu os riscos do consumo excessivo de peixe com toxinas à saúde do ser humano. Entretanto, eles enfatizaram que os indivíduos tinham o direito de escolher livremente o que queriam comer. Além disso, eles compararam, em seus argumentos, que os riscos no consumo de tais peixes eram equivalentes ao risco do consumo do álcool e do tabaco para a saúde, apresentando, assim, uma visão relativista sobre os riscos envolvidos no consumo de peixes contaminados. Eles também reconheceram que nem todas as pessoas tinham consciência dos riscos em ingerir tais peixes, contudo, eles enfatizaram que é responsabilidade do consumidor estar ciente desses riscos.

Já o outro grupo de alunos argumentou que não concordava com a comercialização de peixes contaminados com toxinas. Os alunos desse grupo consideraram o argumento de risco à saúde humana acima de todos os outros, anulando, assim, todas as outras preocupações. Eles não consideravam que os argumentos econômicos e culturais fossem mais importantes ou equivalentes aos riscos à saúde. Os alunos deste grupo argumentavam que o governo tem uma responsabilidade especial de informar os cidadãos sobre os riscos à saúde e protegê-los de danos.

Outro resultado apontado na pesquisa foi que, embora o número de alunos que participaram da pesquisa tenha sido pequeno para afirmar a existência de diferenças de gênero na argumentação, as mulheres pareciam dar mais ênfase aos riscos no consumo de peixes com toxinas à saúde do que os homens.

O trabalho A24, de Nielsen (2012b), foi desenvolvido na Dinamarca. Essa pesquisa investigou o papel da argumentação nas discussões dos estudantes em que aparece o conteúdo científico envolvido na QSC. Para avaliar o argumento dos estudantes foi utilizada a estrutura de argumentação pragmático-normativa.

Os resultados mostraram que os alunos se basearam na ciência para articular e identificar questões que consideraram importantes para as suas discussões sobre a terapia genética humana, pois foi verificado muitas vezes que os alunos empregaram o conhecimento científico envolvido no tema em seus argumentos. Muitos estudantes apresentaram argumentos contrários à utilização da

terapia genética germinativa, pois eles alegaram que o uso dessa terapia produz efeitos hereditários, além de envolver discussões morais.

Além disso, o conhecimento científico desempenhou um papel importante na argumentação dos alunos, pois ofereceu um suporte para a defesa de seus posicionamentos sobre a temática. Contudo foi verificado que a argumentação foi comprometida algumas vezes pela falta de compreensão do conhecimento científico. Os resultados também revelaram que os estudantes utilizaram o conhecimento científico para um fim persuasivo.

O trabalho A25, de Rudsberg, Ohman e Ostman (2013), foi realizado na Suécia. Os autores desenvolveram e apresentaram um método analítico denominado “transactional argumentation analysis” (TAA), o qual permitiu analisar a aprendizagem nas discussões argumentativas dos estudantes através de estudos *in situ* sobre QSCs. Vele ressaltar que alguns resultados dessa pesquisa estão abordados também na categoria 4) aprendizagem do conteúdo científico ou de conceitos.

A partir dos resultados foi verificado que os estudantes melhoraram a qualidade de seus argumentos depois que participaram das discussões, pois eles incluíram qualificadores, novos dados e refutações. Os autores concluíram que a complexidade dos argumentos dos alunos aumentava à medida que eles participavam das discussões.

Os resultados mostraram também que os argumentos apresentados pelos alunos foram baseados em uma justificativa geral, confirmando, assim, a solidez de todos os argumentos apresentados durante a discussão. De acordo com Toulmin (1958/2003 apud RUDSBERG; OHMAN; OSTMAN, 2013), uma justificativa geral certifica a segurança de todos os argumentos caracterizados como adequados, estabelecendo a ligação entre os dados e a conclusão. Na discussão feita nessa pesquisa, a justificativa geral foi que “a solução de problemas ambientais é tratado como um valor desejável”.

Além disso, os resultados mostraram que os encontros com o professor também foram importantes para a progressão dos argumentos e do conhecimento do conteúdo pelos estudantes, assim como a discussão entre os estudantes.

Ao desenvolver as suas argumentações, os alunos criam relações entre o seu conhecimento prévio e as declarações de professores e colegas. A

argumentação foi, então, construída através dos aspectos intrapessoal e das dimensões interpessoais simultaneamente.

2.4.2 Segunda categoria: tomada de decisão

A categoria 2) tomada de decisão apresenta resultados interessantes, pois, em geral, todas as pesquisas que se encaixam nessa categoria concluíram que as propostas de ensino com QSCs nas aulas no ensino médio contribuíram para melhorar a tomada de decisão dos estudantes. Os trabalhos que estão representados por essa categoria são: A2, A5, A10, A17, A18, A20 e A23.

O trabalho A2, de Guimarães, Carvalho e Oliveira (2010), foi desenvolvido no Brasil. Os autores investigaram como estudantes do ensino médio perceberam e interpretaram questões relacionadas à manipulação genética em seres humanos e como esses estudantes tomaram decisões em relação à QSC.

Os principais resultados da pesquisa revelaram que as opiniões dos alunos sobre o assunto ficaram divididas em dois grupos distintos: um dos grupos apresentava em seus posicionamentos uma perspectiva religiosa do tema tratado e o outro grupo não apresentava essa perspectiva. Entretanto, os dois grupos de estudantes foram contra a utilização da manipulação genética para fins estéticos (eugenia positiva)⁷, em seres humanos. A maioria dos alunos se apresentou a favor da manipulação genética somente para fins terapêuticos (eugênia negativa)⁸.

O trabalho A5, desenvolvido por Kolstø (2001b), investigou como os estudantes noruegueses decidiram que tipo de informações e conhecimentos eram confiáveis quando eles estavam envolvidos no debate sobre uma QSC. A QSC escolhida foi sobre as linhas de transmissão de energia como possível causa da leucemia infantil. Essa QSC fazia parte da realidade dos estudantes, pois ela estava sendo muito debatida pelo jornal norueguês local.

Dessa maneira, o professor da disciplina apresentou aos estudantes pesquisas que enfatizavam a correlação entre as linhas de transmissão de energia e

⁷ A eugenia positiva é utilizada para melhorar as características individuais, como cor dos olhos, inteligência, aptidão física, entre outros (GUIMARÃES; CARVALHO; OLIVEIRA, 2010).

⁸ A eugenia negativa é utilizada para excluir defeitos que causam sofrimentos aos seres humanos (GUIMARÃES; CARVALHO; OLIVEIRA, 2010).

o aumento da leucemia infantil e pesquisas que revelavam que não há evidências da relação entre as linhas de transmissão de energia e a ocorrência da leucemia infantil.

Os resultados revelaram que os alunos utilizaram várias estratégias para decidir sobre quais informações eram mais confiáveis. Eles analisaram os argumentos apresentados nos artigos por meio: de indicadores de confiabilidade⁹; da aceitação da pesquisa científica como autoridade; da análise de competência, interesses, neutralidade e opinião sobre o risco que as linhas de transmissão de energia ofereciam ao ser humano.

Os alunos consideraram problemático o fato dos pesquisadores não concordarem se existe risco à saúde decorrente das linhas de transmissão de energia. Isso implica que os alunos não conheciam as características da ciência de fronteira; eles afirmaram que as pesquisas podem não ter uma qualidade satisfatória e alguns pesquisadores podem ter sido tendenciosos em suas pesquisas. Esses fatores tidos como problemáticos pelos alunos dificultaram a sua tomada de decisão a respeito da QSC.

Além disso, muitos estudantes enfatizaram a importância de levar em consideração as opiniões de todos os atores envolvidos. Entretanto, é necessário, também, que eles construam os seus próprios posicionamentos para realizarem avaliações autônomas.

Os resultados revelaram que, depois que os estudantes leram o relatório da companhia de energia, eles se manifestaram a favor das linhas de transmissão de energia subterrâneas em detrimento das aéreas. No entanto, eles enfatizaram que esse relatório não era muito confiável, pois a empresa tinha interesses econômicos na utilização das linhas de transmissão de energia.

Além do mais, os estudantes tiveram muitas dificuldades em avaliar a confiabilidade das informações tanto da mídia como das pesquisas científicas trabalhadas em sala de aula sobre a QSC. Eles utilizaram, inclusive, as opiniões dos moradores locais na sua tomada de decisão, bem como algumas informações

⁹ O conceito de “indicadores de confiabilidade” foi construído para descrever os diferentes critérios que os alunos utilizaram para fazer a avaliação das informações presentes dos textos trabalhados pelo professor (KOLSTØ, 2001b). Alguns indicadores de confiabilidade enfatizados pelos alunos foram: concordância entre os pesquisadores sobre o tema; compatibilidade da informação com o conhecimento que os estudantes possuíam, entre outros.

contidas no relatório da companhia de energia para apoiar os seus posicionamentos, todavia eles não questionaram muitas dessas informações.

Os estudantes atribuíam à pesquisa científica um caráter autoritário, pois eles consideravam que as informações apresentadas pela comunidade científica eram sempre de confiança. Poucos alunos mencionaram outras fontes de informação como confiáveis, além das pesquisas científicas.

Além do mais, eles consideravam mais confiáveis as pesquisas que enfocavam os riscos que as linhas de transmissão de energia ofereciam à saúde humana, bem como os resultados de pesquisas que eles conseguiam compreender.

O objetivo do trabalho A10 e alguns resultados foram discutidos acima, na categoria 1. Desse modo, os resultados para a categoria 2 mostraram que a maioria dos estudantes tomaram decisões baseadas em evidências. Alguns estudantes mudaram suas decisões depois de ler o relatório sobre a utilização de energia nuclear. Além disso, os alunos que tomaram decisões baseadas em evidências tiveram uma facilidade maior em mudar suas posições depois de ler o relatório, enquanto que os estudantes que tomaram decisões baseadas na intuição, em geral, mantiveram as suas opiniões primárias.

O trabalho A17, de Gresch, Hasselhorn e Geholz (2013), foi desenvolvido na Alemanha. Essa pesquisa investigou se o treinamento sobre o uso de estratégias de tomada de decisão contribuiu para o raciocínio sistemático e elaborado no campo das questões sobre sustentabilidade e analisou se os auxílios de metadecisão¹⁰, que se baseiam no quadro da aprendizagem autorregulada¹¹, aumentaram o processo de tomada de decisão.

Os estudantes que participaram da pesquisa foram divididos em três grupos: grupo de treinamento 1, grupo de treinamento 2 e grupo de controle. Os dois grupos de treinamento receberam instruções por meio de um programa de treinamento na

¹⁰ Para escolher a melhor estratégia de tomada de decisão é preciso considerar o problema da decisão, o ambiente da decisão e as características do sujeito que toma a decisão. A complexidade desses aspectos que influenciam na tomada de decisão necessita do auxílio da metadecisão para resolver adequadamente os conflitos que surgem. Sendo assim, a tomada de decisão envolve não apenas a aplicação de uma estratégia de tomada de decisão como um processo cognitivo, mas também a utilização de uma estratégia como um processo metacognitivo (GRESCH; HASSELHORN; GEHOLZ, 2013).

¹¹ A aprendizagem autorregulada é considerada um processo dinâmico que envolve aspectos cognitivos, metacognitivos e motivacionais da aprendizagem (BOEKAERTS, 1999; ZIMMERMAN, 2000 apud GRESCH; HASSELHORN; GEHOLZ, 2013). A resolução de uma QSC pode ser considerada uma tarefa de aprendizagem, na qual a reflexão dos aspectos subjacentes à questão pode melhorar a qualidade da decisão (GRESCH; HASSELHORN; GEHOLZ, 2013).

web sobre como utilizar as estratégias de tomada de decisão. As situações de tomada de decisão oferecem, em geral, um conjunto de opções possíveis que podem ser descritas por meio de critérios importantes para o processo de tomada de decisão. Desse modo, os alunos dos dois grupos de treinamentos foram treinados a utilizar três estratégias de tomada de decisão: 1) estratégia compensatória, na qual os benefícios e as desvantagens da questão compensam um ao outro; 2) estratégia não compensatória, nas quais as opções inaceitáveis são eliminadas, sendo que as desvantagens da questão não são compensadas pelas vantagens e 3) estratégia mista que se configura como uma combinação das estratégias 1 e 2, que implica na exclusão de opções inaceitáveis, seguida de uma aceitação completa das opções restantes. Entretanto, foram introduzidos elementos da aprendizagem autorregulada somente ao segundo grupo de treinamento. Já o grupo de controle não trabalhou com as estratégias de tomada de decisão, nem com a aprendizagem autorregulada. Esse grupo lidou com a tomada de decisão utilizando informações adicionais sobre ecologia.

Os resultados do pré-teste mostraram que o processo de tomada de decisão dos alunos que faziam parte dos grupos de treinamentos não foram significativamente diferente do processo de tomada de decisão dos alunos do grupo de controle.

Já os resultados do teste de acompanhamento sugerem que o treinamento com a utilização de estratégias de tomada de decisão aprimorou o nível de competência dos alunos para a tomada de decisão, pois os efeitos da intervenção foram verificados três meses após a aplicação da mesma através do teste de acompanhamento. Entretanto, os resultados a curto prazo obtidos através do pós-teste revelaram que não foi possível verificar um aumento na competência decisória dos estudantes, pois os alunos dos grupos de treinamento utilizaram, em suas tomadas de decisões, mais critérios que estavam de acordo com os seus valores morais do que os alunos do grupo de controle, porém os alunos do grupo de controle apresentaram mais vantagens e desvantagens no processo decisório.

Os alunos aplicaram as três estratégias de tomada de decisão no programa de aprendizagem, mas apenas a estratégia compensatória foi considerada adequada no questionário. Contudo, a estratégia não compensatória foi utilizada com mais frequência entre os alunos, principalmente no pós-teste.

Outro resultado apresentado pela pesquisa foi que a análise da decisão tomada e a seleção deliberada e refletida de uma estratégia que se adequasse ao contexto permitiu que os alunos do segundo grupo de treinamento, que recebeu uma instrução sobre a aprendizagem autorregulada, tivessem um controle maior sobre suas ações ao resolver o problema e uma maior autonomia, sendo que esses resultados foram verificados três meses após a intervenção. Desse modo, a combinação entre o treinamento das estratégias de tomada de decisão com os elementos de autorregulação tiveram um efeito positivo sobre a tomada de decisão dos alunos do segundo grupo de treinamento, em comparação com o grupo de controle.

O trabalho A18, de Grace et al. (2015), investigou como alunos de países culturalmente diferentes responderam à atividade de tomada de decisão sobre caça às baleias e explorou a importância de proporcionar aos alunos a oportunidade de ouvir as opiniões de seus homólogos internacionais.

A pesquisa foi desenvolvida em quatro países diferentes: Alemanha, Inglaterra, China (Hong Kong) e Suécia. Todos os alunos que participaram da pesquisa se envolveram na mesma atividade de tomada de decisão sobre caça às baleias.

Os resultados revelaram o surgimento de seis categorias: caça de subsistência, caça regulamentada, caça humana, caça comercial, caça para pesquisa, contra a caça de baleias. Todas essas categorias suportavam as decisões dos alunos sobre a atividade de caça às baleias.

Os dados mostraram que a grande maioria dos alunos, da Inglaterra, Hong Kong e Suécia, no pré-teste e no pós-teste, defendiam a caça às baleias para a subsistência. Os alunos desses países enfatizaram também a importância de proteger as baleias através da caça regulamentada, sendo que nenhum desses alunos apresentou-se totalmente contra a prática de caça às baleias. Eles queriam evitar que as baleias fossem extintas, por isso defendiam a caça sob certas restrições.

Entretanto, a comparação entre o pré-teste e o pós-teste mostrou uma mudança surpreendente na visão dos alunos alemães sobre a atividade de caça às baleias, que foi bem diferente das opiniões dos estudantes ingleses, suecos e chineses. Depois da intervenção os estudantes alemães manifestaram-se contrários

à caça comercial e à caça para pesquisa e seus posicionamentos sobre a caça regulamentada declinou em favor de uma posição anti-caça às baleias, uma vez que o número de alunos que eram contrários à caça aumentou no pós-teste. Para a maioria desses estudantes a caça às baleias é imoral e cruel. Esses resultados mostraram que as opiniões dos alunos alemães sobre a atividade de caça às baleias foram bem diferentes das visões dos alunos da Inglaterra, Hong Kong e Suécia. Os autores consideram que essa diferença de percepção entre os estudantes alemães e os estudantes da Inglaterra, da Suécia e de Hong Kong sobre a caça às baleias se deve ao fato de que a sociedade alemã tem uma grande preocupação e sensibilidades com o meio ambiente.

Além disso, os resultados revelaram que os alunos não utilizaram muitos dados científicos, evidências, para apoiar os seus argumentos e decisões. Além do mais, os resultados sugerem que a cultura pode ser um fator importante que afeta o raciocínio e a tomada de decisões dos alunos por causa dos valores que cada cultura tem e a maneira como eles negociam pontos de vista diferentes para tomar uma decisão.

Com exceção da Alemanha, todos os outros países compartilharam entre si os seus vídeos sobre as discussões da atividade de caça às baleias. A partir da exibição desses vídeos os pesquisadores exploraram o que os alunos pensavam sobre as opiniões de seus homólogos. Logo foi notado que a maioria dos alunos compreendiam as opiniões dos alunos dos outros países, o que se configura como um aspecto positivo. Além disso, nas discussões muitos alunos consideraram e se apoiaram nas opiniões dos seus homólogos.

A maioria dos alunos de todos os países teve uma opinião positiva acerca das trocas de vídeos, pois eles mencionaram a importância de avaliar a atividade de caça às baleias através de uma perspectiva diferente ou mais ampla.

O trabalho A20, de Hsu e Lin (2017), foi desenvolvido em Taiwan. Esse trabalho explorou se a orientação metacognitiva produziu efeitos significativos nas habilidades de tomada de decisão dos alunos relacionadas a uma QSC sobre a construção de uma barragem em um rio.

A QSC envolveu um contexto real com informações geográficas, geológicas, biológicas e socioeconômicas sobre a área e a sociedade onde seria construída a barragem e os alunos tiveram que decidir e justificar as suas decisões sobre onde

seria o lugar ideal para a construção da barragem em Taiwan. Os alunos que participaram da pesquisa foram divididos em dois grupos: um grupo de controle e um grupo experimental. O grupo de controle não recebeu a instrução metacognitiva. Os estudantes realizaram uma atividade em grupo para a tomada de decisão por meio de uma estrutura de tomada de decisão baseada em três fases: 1) reconhecimento do problema, nessa fase os alunos utilizaram uma ferramenta de visualização, através de computadores, denominada “Reservoirs in Taiwan” para obter informações sobre as funções dos reservatórios de águas e seus possíveis impactos sobre o ambiente; 2) diferenciação, nessa fase os estudantes usaram a ferramenta de visualização “Jing-Si Reservoir” para escolher o lugar mais adequado para a construção da barragem. Depois de decidir sobre o local mais adequado eles discutiram o impacto dessa decisão sobre o ambiente. Os estudantes registraram em uma planilha os critérios para a sua decisão sobre o problema; 3) consolidação pós-decisão, nessa fase os estudantes foram orientados a demonstrar que a decisão tomada foi a mais adequada para a questão, compartilhando suas decisões e justificativas com os pares.

Os resultados revelaram que a intervenção com o módulo de aprendizagem sobre a tomada de decisão teve efeitos semelhantes sobre o desenvolvimento de habilidades de tomada de decisão dos alunos, tanto no grupo de controle como no grupo experimental. Os alunos de ambos os grupos melhoraram as habilidades de tomada de decisão após a intervenção.

No entanto, as estatísticas descritivas das pontuações dos alunos nas planilhas indicaram diferenças significativas não só em suas habilidades gerais de tomada de decisão, mas também na criação de critérios e na avaliação dos resultados da tomada de decisão. Ou seja, os resultados das planilhas revelaram que o desempenho nas habilidades de tomada de decisão foram melhores no grupo experimental do que no grupo de controle. Isso indica que a utilização de uma orientação metacognitiva facilitou o desenvolvimento das habilidades de tomada de decisão nos alunos do grupo experimental, dentro do contexto da QSC. Essa orientação metacognitiva forneceu suporte para os alunos do grupo experimental construírem critérios e avaliarem os impactos dos resultados da tomada de decisão sobre o local onde a barragem seria construída.

A criação de critérios e a avaliação da tomada de decisão são considerados como duas habilidades relativamente difíceis. Essas duas habilidades também são componentes cruciais para a tomada de decisões de alta qualidade (PAPADOURIS, 2012 apud HSU; LIN, 2017).

Vale destacar que essa pesquisa não problematizou a construção da barragem em Taiwan, os pesquisadores envolvidos nesse trabalho se preocuparam em problematizar, apenas, qual seria o local mais adequado para a construção da barragem.

O trabalho A23 já foi abordado na categoria 1. Os resultados dessa pesquisa também se enquadram na categoria 2.

Os resultados, para essa categoria, revelaram que a decisão tomada pelos alunos foi dividida em dois grupos: o grupo de alunos que foram favoráveis à comercialização de peixes com dioxinas e o grupo de alunos que foram contrários a essa comercialização.

O grupo favorável à comercialização defendia que o consumidor tem direito à liberdade de escolha, bem como responsabilidade de estar a par dos riscos que tais peixes oferecem à saúde. Já o grupo de estudantes que era contra a comercialização desses peixes enfatizou que o governo era o principal responsável em manter os cidadãos informados sobre os riscos à saúde e proteger os indivíduos de possíveis danos. Contudo, alguns alunos desse grupo tiveram dificuldades em tomar uma decisão, pois eles apresentaram limitações nos argumentos que davam suporte para as suas opiniões.

Os resultados também mostram que os alunos, em geral, avaliaram de forma consistente diferentes informações e usaram essas informações para apoiar as suas decisões. Os estudantes também reconheceram e utilizaram informações científicas e valores em suas decisões. Entretanto, os autores concluíram que, em geral, as experiências pessoais dos alunos não parecem ter influenciado as suas decisões sobre a liberação da comercialização de peixes com dioxinas na Suécia.

2.4.3 Terceira categoria: natureza da ciência

Os trabalhos da categoria 3) natureza da ciência revelaram resultados positivos com relação ao uso didático de QSCs para promover uma compreensão melhor sobre alguns aspectos da NdC, com exceção do trabalho A1. Os trabalhos que estão incluídos nessa categoria são: A1, A6, A7, A9, A14.

O trabalho A1 também faz parte da categoria 1. Nessa pesquisa, o professor tinha 2 objetivos para a estratégia de ensino. Os resultados do primeiro objetivo foram discutidos na categoria 1. O segundo objetivo da estratégia era discutir a natureza do conhecimento científico. Desse modo, foi verificado que a temática ciência, religião e mito é muito complexa e envolve pressupostos epistemológicos que não foram apresentados pelo professor nas suas aulas, nem nos debates, logo esse objetivo não foi alcançado.

Além disso, os estudantes apresentaram dificuldades, na entrevista, para explicar o que eles entendem por ciência, religião e mito. Nas suas repostas eles forneciam mais exemplos do que um conceito em si para esses temas.

O trabalho A6, de Reis e Galvão (2004), investigou o impacto das QSCs nas concepções dos estudantes portugueses sobre os cientistas em algumas escolas da cidade de Lisboa.

Os resultados do questionário aplicado nessa pesquisa revelaram que a maioria dos alunos conseguiu explicitar questões científicas e tecnológicas controversas muito debatidas, tais como: clonagem, engenharia genética, aborto, produção de armas químicas, biológicas e nucleares, entre outras. Para os autores a frequência com que esses temas apareceram no questionário não é surpreendente, pois são temas muito debatidos pela mídia.

Por outro lado, muitos estudantes afirmaram nunca ter tido contato com QSCs nas suas aulas e que, por isso, possuíam dificuldades em se posicionar sobre essas questões, inclusive alguns destes estudantes mencionaram que o ambiente escolar deveria enfatizar mais as QSCs com seus alunos.

Nessa pesquisa foi constatado que a mídia influencia significativamente as opiniões dos alunos sobre temas sociocientíficos. Isso pôde ser verificado por meio da análise do questionário, das histórias de ficção científica construídas pelos

estudantes e das entrevistas semiestruturadas, pois a maioria das informações dadas pelos alunos foi extraída da mídia.

Outro resultado evidenciado por esse trabalho apresenta que as QSCs controversas mais enfatizadas pelos alunos nas suas histórias de ficção científica foram principalmente sobre genética e medicina, com ênfase nos temas: clonagem, engenharia genética; pesquisa sobre cura de doenças como AIDS e câncer; produção de tecido humano ou órgãos para transplantes; e fertilização in vitro. Outros tópicos destacados pelos estudantes estavam relacionados com o espaço (viagens espaciais e alienígenas, entre outros) e com pesquisas sobre problemas ambientais.

Muitas das histórias de ficção construídas pelos alunos apresentaram influências notáveis: a) da novela brasileira o Clone, que foi exibida em Portugal; b) dos filmes exibidos na televisão e no cinema e c) de um livro de ficção de uma coleção portuguesa para os jovens.

Dessa maneira, através das histórias escritas pelos alunos foi possível perceber que eles, em geral, têm uma visão positiva da ciência e dos cientistas, pois muitos estudantes afirmaram que os cientista se dedicam a produzir conhecimentos para melhorar a condição de vida da humanidade, para encontrar a cura de doenças e para produzir equipamentos sofisticados visando o bem-estar das pessoas. Entretanto, alguns alunos mostraram possuir visões negativas da ciência e essas visões foram diretamente influenciadas pelos meios de comunicação.

Logo, os meios de comunicação apresentam limitações em divulgar assuntos relacionados a Ciência e Tecnologia para o público em geral, pois muitos programas exibidos pela televisão não discutem ou não promovem uma discussão de qualidade sobre o trabalho científico. Em vez disso, a mídia enfatiza, principalmente, os efeitos negativos do desenvolvimento científico e tecnológico e acabam transmitindo aos alunos imagens negativas dos cientistas e dos seus trabalhos, tendo em vista que alguns estudantes se referiram aos cientistas como pessoas loucas, irresponsáveis, que vivem isoladas dentro de um laboratório. Normalmente, o público que tem contato com as informações da mídia apresenta uma grande dificuldade em separar ficção e realidade, assimilando, assim, ideias equivocadas sobre o trabalho dos cientistas (REIS; GALVÃO, 2004). Por isso esses

autores defendem que sejam criados espaços para debates críticos, no ambiente escolar, sobre as imagens da ciência e da tecnologia divulgadas pela mídia.

Além do mais, de acordo com os autores desse trabalho, as controvérsias sociocientíficas muito debatidas em Portugal sobre clonagem, tratamento de resíduos tóxicos, consumo de alimentos geneticamente modificados, entre outras, produziram algum impacto nas visões dos alunos sobre a ciência e a tecnologia, pois esses alunos:

1. construíram uma imagem da ciência e da tecnologia como atividades influenciadas por valores, conveniência pessoal, questões financeiras e pressões sociais;

2. reforçaram a ideia de que a ciência e tecnologia representam, simultaneamente, uma fonte de progresso e preocupação e devem ser guiadas por princípios éticos e morais.

3. reconheceram a importância da participação dos cidadãos e do estado para avaliar e controlar o progresso científico e tecnológico e suas implicações.

O trabalho A7 foi desenvolvido nos Estados Unidos. Nessa pesquisa, Sadler, Hambers e Zeidler (2004) investigaram a compreensão que os alunos tinham sobre a NdC no contexto de uma QSC sobre o aquecimento global e como esses alunos interpretaram e avaliaram informações conflitantes em relação a uma questão sociocientífica. Logo, as atividades foram construídas com o intuito de destacar três aspectos da NdC: (1) empirismo, (2) influência da sociedade sobre a ciência e (3) caráter provisório da ciência.

Desse modo, os resultados revelaram que os estudantes tinham diferentes níveis de compreensão sobre o aspecto (1) da NdC, que vai desde à incompreensão da natureza dos dados científicos até às ideias mais sofisticadas sobre o papel dos dados. No geral, mais da metade dos participantes da pesquisa conseguiram identificar os dados nos dois artigos trabalhados em sala de aula. Alguns estudantes tiveram dificuldades em identificar e discutir os dados apresentados nos textos e uma pequena parcela de estudantes apresentou respostas sofisticadas nas quais eles descreviam e explicavam a utilização dos dados nos textos lidos.

Além disso, os resultados mostraram que a maioria dos alunos compreendeu a influência dos fatores sociais sobre a ciência (aspecto 2 da NC), pelo menos no que se refere à questão sobre o aquecimento global. Os alunos

destacaram que a ciência sofre influência de: fatores econômicos; crenças pessoais; causas e efeitos sociais, isto é, o ser humano é responsável pelo surgimento do aquecimento global, que traz consigo consequências que afetam a sociedade. Contudo, essa compreensão não foi unânime entre os alunos, tendo em vista que alguns estudantes enfatizaram em suas repostas que a ciência não é afetada pela sociedade, que ela é isolada. Para os autores, uma instrução explícita da NdC pode ser uma alternativa eficaz para lidar com esses equívocos.

Outro resultado interessante que surgiu no aspecto 2 da NdC revelou que alguns alunos interpretaram de forma equivocada o título do segundo texto lido “Warming Myth: Evidence Against Environmental Crisis”. Eles concluíram que a palavra ‘mito,’ expressa no Título, deu ao artigo um caráter de ficção. Desse modo, os autores alertam sobre as possíveis armadilhas que as propostas de ensino baseadas na NdC e em QSCs podem trazer para a educação científica, pois muitas vezes a linguagem utilizada pelos professores e pesquisadores pode ser mal interpretada pelos alunos.

O terceiro aspecto da NdC estava relacionado com o caráter provisório da ciência. Dessa maneira, a ciência funciona sob a suposição de que o conhecimento científico se desenvolve e é mutável ao longo do tempo. A pergunta relacionada a esse aspecto da NdC desafiou os alunos a explicarem por que os dois artigos, ambos escritos por cientistas que discutiam o mesmo assunto, apresentavam conclusões tão diferentes.

Para os alunos, os cientistas têm opiniões contrárias nos artigos sobre o aquecimento global porque os dados de cada pesquisa eram diferentes, de forma que a análise e as conclusões dos trabalhos eram divergentes. Um outro tipo de resposta enfatizada pelos estudantes sugeriu que as diferentes conclusões apresentadas em cada artigo estavam relacionadas com as opiniões e crenças pessoais dos cientistas.

O trabalho A9 faz parte da categoria 1 e 3. Logo, muitas informações sobre os resultados dessa pesquisa já foram discutidos na categoria 1.

Nesse trabalho não houve uma orientação explícita de que os alunos deveriam debater os aspectos da NdC que estavam relacionados com a QSC sobre “alimentos geneticamente modificados”, pois a intenção dos pesquisadores era

observar que aspectos da NdC surgem naturalmente nos debates dos estudantes sobre o tema controverso em questão.

Nas atividades online e nas entrevistas os estudantes mostraram compreender alguns aspectos da NdC, como: o caráter provisório da ciência e a natureza subjetiva e criativa do conhecimento científico. Esses aspectos foram constatados quando os alunos ressaltaram que a ciência é provisória, pois os cientistas não têm controle sobre todas as variáveis presentes na pesquisa científica, além de enfatizarem que os pesquisadores apresentaram conclusões diferentes para o mesmo tema por diferentes razões: problemas associados aos dados e a sua análise; motivos pessoais; valores morais, entre outras. Entretanto, os resultados revelaram que os alunos não utilizaram aspectos da NdC em suas discussões.

O trabalho A14 foi desenvolvido nos Estados Unidos, por Eastwood et al. (2012). Essa pesquisa investigou os efeitos que dois contextos de aprendizagem sobre instrução explícita-reflexiva da NdC causaram nas concepções dos estudantes a respeito da NdC, sendo que um dos contextos era baseado em QSCs e o outro foi orientado pelo conteúdo.

Os aspectos da NdC enfatizados nas duas sequências curriculares foram: subjetividade, caráter empírico, criatividade e influências sociais e culturais.

A análise do pré-teste mostrou que os níveis de compreensão sobre a NdC dos estudantes, tanto no grupo de QSCs como no grupo de conteúdo, não foram significativamente diferentes antes da instrução. Após a instrução, os resultados revelaram que o ensino explícito-reflexivo sobre NdC promoveu ganhos nas concepções dos alunos sobre a NdC nos dois grupos. Não houve uma diferença significativa, entre os dois grupos, nos resultados do pré e pós-teste, ou seja, a abordagem de ensino baseada em QSCs foi tão eficaz como a instrução orientada pelo conteúdo na promoção de concepções mais informadas sobre a NdC.

Por outro lado, os resultados do pós-teste revelaram que os alunos do grupo de QSCs usaram mais exemplos sociocientíficos que enfatizavam a influência de aspectos sociais e culturais em pesquisas controversas do que os estudantes do grupo de conteúdo. Isso implica que os resultados desse estudo apontam que as instruções com QSCs podem melhorar a compreensão dos aspectos sociais e culturais da NdC envolvidos em situações específicas.

2.4.4 Quarta categoria: aprendizagem do conteúdo científico ou de conceitos

Os trabalhos que estão representados pela categoria 4) aprendizagem do conteúdo científico ou de conceitos mostraram que o uso didático das QSCs no nível médio pode ajudar os alunos a aprenderem os conteúdos científicos. No entanto, essa constatação não foi unânime, pois algumas pesquisas não constataram a aprendizagem sobre o conteúdo depois da instrução. Os trabalhos que estão representados nessa categoria são: A1, A8, A11, A13, A15, A16, A19, A22, A24 e A25.

O trabalho A1 está representado por três categorias, a categoria 1) argumentação/discussão, a categoria 3) natureza da ciência e a categoria 4) aprendizagem do conteúdo científico ou de conceitos. Logo, maiores detalhes dessa pesquisa já foram descritos nas categorias 1 e 3.

Dessa maneira, os resultados desse trabalho para a categoria 4 mostraram que, mesmo depois dos debates, os estudantes tiveram muitas dificuldades em conceitualizar ciência, religião e mito. Os alunos utilizaram muitos exemplos sobre ciência, religião e mito, entretanto, eles não apresentaram conceitos em suas definições. Eles também não compreendiam a distinção desses temas.

Os trabalhos A8, A11, A15, A16, A22, A24 e A25 fazem parte das categorias 1 e 4. Portanto muitos aspectos desses trabalhos já foram abordados na categoria 1. Os resultados desses trabalhos que fazem parte da categoria 4 serão descritos a seguir.

Os resultados do trabalho A8 mostraram que tanto nas discussões emparelhadas como nas discussões em grupo os alunos mostraram ter uma compreensão limitada da ciência. Desse modo, os pesquisadores forneceram informações adicionais sobre o conhecimento científico. Então, a partir dessa instrução os alunos desenvolveram uma compreensão básica do conhecimento científico relacionado com a QSC sobre tecnologia genética. No entanto, esse conhecimento básico não foi suficiente para os alunos emitirem um argumento fundamentado sobre a tecnologia genética. Além disso, eles raramente utilizavam explicitamente o conhecimento científico nas suas discussões.

Muitos estudantes apresentaram dificuldades em compreender alguns conceitos. Mesmo depois da intervenção do pesquisador, eles tiveram dificuldades em compreender a distinção entre as células somáticas e as germinativas e a natureza universal do código genético.

Os resultados do trabalho A11 revelaram que as alunas apresentaram diferentes modos de conceitualizar a modificação genética em seus argumentos. A aluna Vera construiu seus conceitos através de aspectos científicos, enquanto a aluna Maya enfatizava, em seus conceitos, as consequências sociais da modificação genética. Os argumentos das alunas mostram que a interação pode ser caracterizada por diferentes discursos e orientações, e que não existe uma maneira correta de construir os significados dos conceitos. Desse modo, o processo de aprendizagem é muito complexo. Outro resultado importante foi que o texto final produzido pelas duas alunas possuía muitos conceitos científicos bem estruturados, tais como composições genéticas dos organismos, tecnologia celular e organismos geneticamente modificados.

O objetivo do trabalho A13, desenvolvido por Klosterman e Sadler (2010), foi investigar o impacto da utilização de um currículo baseado em QSCs no desenvolvimento do conhecimento científico dos estudantes norte-americanos. Para explorar esse impacto os autores utilizaram uma avaliação multinível baseada em um teste distal e em um teste proximal. O teste distal era independente do currículo e se aproximava dos padrões de avaliações estabelecidos pelo estado e o teste proximal estava alinhado com o currículo.

Os resultados do teste alinhado ao currículo indicaram ganhos significativos de aprendizagem do conteúdo após a intervenção de ensino baseada em QSC, pois os estudantes apresentaram compreensões mais precisas, mais detalhadas e mais sofisticadas sobre o aquecimento global, o efeito estufa, a controvérsia e os desafios associados a essas questões.

Além disso, os resultados também indicaram ganhos estatisticamente significativos do conhecimento do conteúdo, conforme medido pelo teste distal. Embora os ganhos tenham sido modestos, eles são significativos por causa da natureza independente e distante que esse teste tinha do currículo. A combinação dos resultados entre o teste proximal e o teste distal oferece evidências importantes

que apoiam a eficácia do uso de QSCs como proposta para o ensino e aprendizagem do conteúdo científico.

Os resultados do trabalho A15 revelaram que poucos estudantes tinham concepções diferentes sobre o conceito de natureza e isso os motivou a invocar o conteúdo científico nas suas argumentações. Isso implica que, em geral, os estudantes não utilizavam o conteúdo científico para fundamentar os seus argumentos sobre que é natureza.

Os resultados do trabalho A16 mostraram que os estudantes possuíam um alto nível de conhecimento sobre o conteúdo científico, pois eles usavam noções de nanotecnologia para ilustrar suas ideias. O nível de raciocínio desses estudantes se igualou ou excedeu ao de alguns adultos leigos que participaram do debate público francês, incluindo a conscientização de questões éticas, sociais e específicas sobre nanotecnologia.

No trabalho A19, Sadler, Romine e Topçu (2016), investigaram a eficácia da instrução baseada em QSC para apoiar a aprendizagem dos alunos sobre o conteúdo relacionado à biologia molecular e genética. O estudo foi realizado na Flórida. Os resultados revelaram que os alunos apresentaram ganhos estatisticamente significativos de conhecimento do conteúdo biológico depois da intervenção com a QSC, tanto na avaliação proximal como na distal. No entanto, os ganhos no teste proximal foram duas vezes maiores do que no teste distal.

Logo, essa pesquisa é importante para a literatura, pois é um estudo empírico que apresenta evidência de que a instrução baseada em QSC contribui para a aprendizagem de conteúdo científico pelos alunos.

No Trabalho A22, os resultados do pré-teste demonstraram que, apesar de se tratar de um tema atual e bastante discutido pelos meios de comunicação, os estudantes ainda não possuem conhecimento significativo sobre biocombustíveis, suas formas de utilização e origens. Essa constatação indica o nível de desinformação dos estudantes com relação ao tema. Os estudantes também não apresentaram uma compreensão satisfatória sobre o que é energia e sobre as fontes alternativas de energia.

A partir da análise comparativa entre as respostas do pré-teste e a argumentação dos estudantes durante o Júri Químico, foi possível observar uma melhora significativa no entendimento dos estudantes sobre o conteúdo relacionado

ao tema biocombustíveis, como energia e combustão, temperaturas de fusão e ebulição, solubilidade, densidade e separação de misturas.

Os resultados sugerem que a abordagem de ensino baseada em QSC se mostrou adequada para promover a aprendizagem de conceitos científicos relacionados ao referido tema.

Os resultados do trabalho A24 mostraram que alguns estudantes tiveram dificuldades em compreender o conteúdo científico sobre genética. Entretanto, a maioria dos participantes da pesquisa parecia ter uma compreensão suficiente dos conteúdos científicos envolvidos na QSC. Além disso, foi notado que o conteúdo científico foi utilizado pelos alunos para deixar os seus discursos com uma certa autoridade, isso implica que os estudantes utilizaram o conhecimento científico para tentar persuadir os seus pares.

No trabalho A25, Rudsberg, Ohman e Ostman (2013) desenvolveram e apresentaram um método que facilitou a investigação de processos de aprendizagem dos estudantes em discussões em sala de aula sobre QSCs.

Os resultados mostraram que os alunos desenvolveram concepções mais sofisticadas sobre a QSC discutida. Os autores concluíram que a qualidade do argumento dos alunos evoluiu ao longo das discussões e que o conhecimento do conteúdo utilizado no argumento tornou-se mais sutil e bem desenvolvido à medida que a qualidade do argumento aumentava. Isso significa que o aumento na qualidade do argumento e na qualidade do conhecimento do conteúdo apresentado no argumento ocorreram simultaneamente. Isso se tornou evidente quando, por exemplo, os estudantes usaram dados para discutir a QSC. Segundo os autores, sem dados não é possível existir nenhum argumento e, para ampliar uma discussão com novos dados, os alunos precisam usar o conhecimento do conteúdo.

Os alunos utilizaram o conhecimento científico relacionado a problemas ambientais que não se restringia somente às ciências naturais. De acordo com a perspectiva transacional desse trabalho, uma continuação entre situações de aprendizagem sempre inclui alguma mudança. Portanto, o conhecimento prévio em uma nova situação adquire um novo significado. Isso pode ser entendido como uma forma de progressão do conhecimento.

2.4.5 Quinta categoria: julgamento reflexivo

A categoria 5) julgamento reflexivo está representada pelo trabalho A21, desenvolvido na Flórida por Zeidler et al. (2009). Os autores exploraram possíveis relações entre a instrução com QSCs e o desenvolvimento do julgamento reflexivo dos alunos. Para isso, os alunos que participaram dessa pesquisa foram separados em dois grupos: um grupo de comparação e um grupo de tratamento. Os dados foram coletados a partir do Prototypic Reflective Judgment Interview (PRJI), que era composta por três cenários: aditivos químicos nos alimentos; religião e ciência e determinação genética no alcoolismo.

Dessa maneira, os resultados mostraram que a maioria dos alunos empregou apenas uma ou duas fases dos estágios de julgamento reflexivo¹² com relação aos três cenários. Os estágios dois e três apareceram com menos frequência nas visões dos alunos.

Essa pesquisa mostrou que a utilização de QSCs pode promover o julgamento reflexivo, que é, em alguns aspectos, análogo ao desenvolvimento da compreensão sobre a NdC. Os estágios quase-reflexivos e reflexivos dependem do uso de evidências ao invés de dependência acrítica da autoridade (seja ela política, científica ou do professor). Esses estágios mais avançados do julgamento reflexivo envolvem análise, síntese e avaliação dos dados e das conclusões que são fornecidos pelas informações.

Os resultados também revelaram que, para o cenário sobre aditivos químicos, os estudantes apresentaram progressões sutis do julgamento reflexivo em comparação com o cenário sobre ciência e religião.

Além disso, nos cenários sobre aditivos químicos e determinação genética no alcoolismo, os alunos progrediram de uma fase quase-reflexiva baixa (que é marcado pela ambiguidade de pontos de vista variáveis) para uma fase quase-reflexiva alta (em que são consideradas as evidências que apoiam os diferentes

¹² As sete fases distintas da Prototypic Reflective Judgment Interview (PRJI) são organizadas dentro de três grupos gerais. (i) Pensamento pré-reflexivo, que representa as três primeiras fases; (ii) estágios quase-reflexivos, constituído pelas fases quatro e cinco; (iii) pensamento reflexivo maduro, que é representado pelas fases seis e sete (ZEIDLER et al., 2009).

pontos de vista sobre um tema controverso, para a partir daí se tomar uma decisão com base nessas evidências). Não foi possível, através da entrevista, determinar a capacidade dos alunos em identificar os dados e a partir daí fazer um julgamento válido sobre os cenários. No entanto, o fato dos alunos usarem evidências para tomar uma decisão informada indica a progressão para se tornar um pensador reflexivo. Ademais, alguns alunos apresentaram uma evolução para o julgamento reflexivo.

No cenário sobre religião, alguns alunos não progrediram dentro do estágio pré-reflexivo. Esta é uma questão que parece ser muito influenciada pela autoridade que a religião exerce sobre a sociedade. Entretanto, alguns alunos conseguiram atingir o estágio quase-reflexivo, mas de maneira bem sutil.

Os autores enfatizaram que os assuntos que tinham uma maior relevância pessoal para os alunos foram os que apresentaram resultados mais significativos. Esse resultado é corroborado por King e Kitchener (2002, apud ZEIDLER et al., 2009), pois eles afirmam que o raciocínio reflexivo provavelmente se desenvolverá inicialmente em domínios nos quais os alunos têm maiores interesses e, posteriormente, estarão mais familiarizados com a complexidade dessas questões.

Os resultados mostraram que praticamente não houve diferença entre as pontuações no pré e pós-teste para o grupo de comparação, enquanto que a pontuação parece aumentar a partir do pré-teste para o pós-teste no grupo de tratamento. Esse resultado oferece um suporte à afirmação de que o uso da proposta de ensino baseada em QSCs teve um impacto significativo e tangível no fornecimento de oportunidades para o desenvolvimento do julgamento reflexivo (ZEIDLER et al., 2009).

2.4.6 Sexta categoria: raciocínio moral e ético

Para finalizar a exibição dos resultados dos trabalhos revisados iremos abordar a categoria 6) raciocínio moral e ético. Os trabalhos que fazem parte dessa categoria são A2, A4, A12, A16, A18 e A23.

Os trabalhos A2 e A18 também estão inseridos na categoria 2) tomada de decisão, desse modo maiores detalhes desses trabalhos estão ilustrados na categoria 2.

Os resultados para a categoria 6, relativos ao trabalho A2, revelaram que um aluno mencionou na entrevista que a eugenia positiva pode ser boa para poucas pessoas, pois nem todos os indivíduos têm acesso a essas manipulações e por isso estariam sujeitos a discriminação. É possível notar que esse estudante conseguiu perceber as relações econômicas envolvidas no processo de produção e consumo da ciência. Dessa maneira, o aluno concluiu que, à medida em que a ciência traz benefícios, ela pode gerar desigualdades. Então, o aluno utiliza no seu posicionamento a ética consequencialista, uma vez que previu as consequências que a utilização da eugenia positiva pode trazer para os seres humanos e a sociedade, julgando que essas consequências não são tão boas.

Outro resultado apresentado nessa pesquisa foi que uma aluna mencionou que os seres humanos são diferentes dos demais seres e, por isso, merecem um respeito diferenciado. Isso implica que as plantas podem ser manipuladas geneticamente, mas os seres humanos não. Essa aluna é contra a manipulação genética em seres humanos por causa das suas crenças religiosas. Podemos perceber que neste raciocínio está presente a moral antropocêntrica, que não foi explorada pelos autores desse trabalho.

Muitos resultados do trabalho A4 estão presentes na categoria 1. Os resultados desse trabalho para a categoria 6 mostraram que as autoras perceberam nos alunos valores como ética, atitudes, responsabilidade social, que foram desenvolvidos pelo TS baseado na abordagem CTS, pois os alunos enfatizaram que a ética é importante, pois ela exige que os resultados das análises das amostras sejam divulgados corretamente, tendo em vista que os produtos fora dos padrões exigidos pela legislação podem oferecer riscos à saúde dos consumidores. Além disso, eles enfatizaram a importância de tratar de forma responsável os resíduos gerados pela produção da bebida.

No trabalho A12, Fowler, Zeidler e Sadler (2009) investigaram os efeitos de um currículo baseado em QSCs no desenvolvimento da sensibilidade moral dos alunos norte-americanos. Para tanto, os participantes dessa pesquisa foram divididos em dois grupos: um grupo de comparação e um grupo de tratamento. Para

a coleta de dados foi utilizado o Test for Ethical Sensitivity in Science (TESSplus) que possuía dois cenários que os alunos precisavam analisar: o cenário sobre modificação genética e o cenário sobre clonagem.

Desse modo, os resultados do pré-teste revelaram que os estudantes apresentaram pouca sensibilidade moral. Já no pós-teste tanto o grupo de comparação como o de tratamento mostraram um aumento na sensibilidade moral.

Além do mais, a comparação entre os resultados do pré e do pós-teste mostrou que o aumento da sensibilidade moral no cenário de clonagem não foi estatisticamente diferente entre os grupos. Todavia, o aumento da sensibilidade moral no cenário de modificação genética foi maior no grupo de tratamento do que no grupo de comparação.

A diferença significativa do aumento da sensibilidade moral dentro do cenário de modificação genética, no pós-teste, para o grupo de tratamento, corrobora a ideia de que a utilização de QSCs como estratégia de ensino do conteúdo científico aumenta a sensibilidade moral dos alunos.

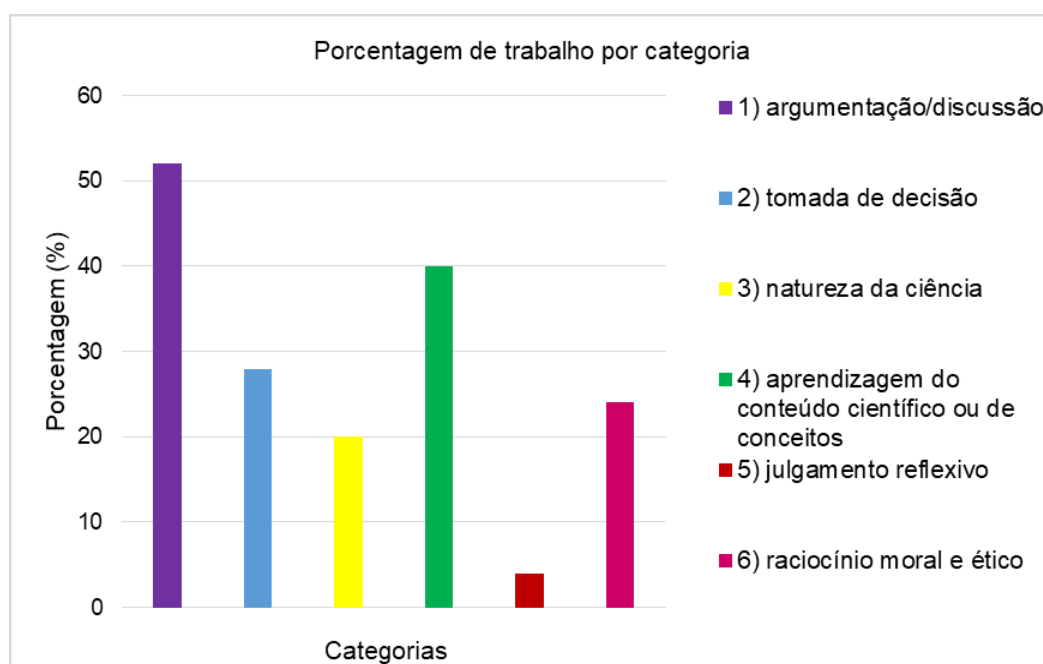
O trabalho A16 está representado pelas categorias 1, 4 e 6. Os resultados para a categoria 6 mostraram que, nas interações discursivas entre os estudantes sobre a questão da utilização de nanotecnologias em seres humanos, foram verificados o levantamento de algumas questões éticas, uma vez que os estudantes mencionaram que o uso da nanotecnologia para o tratamento de doenças em seres humanos pode gerar desigualdades entre ricos e pobres, tendo em vista que nem todos teriam condições de pagar o tratamento com nanotecnologias. Esses estudantes discutiram também os limites impostos pela lei sobre a utilização da nanotecnologia nos níveis internacional, europeu e global.

Os resultados do trabalho A18 revelaram que a grande maioria dos alunos, da Inglaterra, Hong Kong e Suécia, no pré-teste e no pós-teste, tiveram uma visão antropocêntrica, pois eles defendiam a caça às baleias para a subsistência. Aspectos éticos como o antropocentrismo e biocentrismo pareciam caracterizar o raciocínio da maioria dos alunos, um fenômeno que aparentemente transcendeu limites culturais, pois os alunos dessas localidades queriam evitar a ameaça de extinção das baleias, mas eram a favor da caça desses animais com algumas restrições.

O trabalho A23 está representado pelas categorias 1, 2 e 6. Os resultados representados pela categoria 6 revelaram dois tipos de valores que influenciaram as decisões tomadas pelos estudantes. O primeiro compara os riscos do consumo de peixe tóxico à saúde com os riscos oferecidos pelo consumo de bebidas alcoólicas e do tabaco. O segundo refere-se às opiniões dos alunos sobre quem eles acham que é responsável por garantir que os consumidores desses peixes estejam cientes dos riscos que eles oferecem à saúde. Isso está relacionado com a liberdade que os indivíduos têm de escolher o que querem consumir e a responsabilidade que o Estado tem de controlar e garantir a saúde dos seus cidadãos.

Para finalizar esta seção apresentaremos o percentual de trabalhos em cada categoria analisada. Pelo Gráfico 3 podemos notar que a maioria dos trabalhos analisados (52%) estão dentro da categoria 1) argumentação/discussão, isso implica que essas pesquisas se preocuparam em analisar a argumentação e/ou discussão dos estudantes por meio do uso didático de QSCs. A segunda categoria com o maior número de trabalhos (40%) foi a 4) aprendizagem do conteúdo científico ou de conceitos. A categoria que obteve o menor número de trabalho (4%) foi a 5) julgamento reflexivo.

Gráfico 3 – Percentual de trabalho por categoria analisada.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Embora a grande maioria dos trabalhos analisados nessa revisão tenham apresentado efeitos positivos do uso didático das QSC no nível médio, muitos desses trabalhos revelaram algumas limitações que merecem ser destacadas.

2.5 Limitações

Os trabalhos analisados apresentaram algumas limitações, dentre elas se destacam: a falta de uma formação adequada do professor para desenvolver atividades com QSCs, argumentação, tomada de decisão e NdC em suas aulas; a falta de espaço no currículo e de tempo para trabalhar com essa proposta de ensino.

Além disso, algumas pesquisas revelaram que os instrumentos de coleta ou de análise de dados não foram eficientes para abarcar as complexidades das QSCs, da argumentação ou dos conteúdos das discussões feitas pelos alunos.

Além do mais, a maioria dos trabalhos utilizou QSCs que não faziam parte do contexto dos estudantes. No entanto, muitos pesquisadores enfatizam que as abordagens com QSCs precisam ser alinhadas com o contexto dos alunos, pois os resultados são mais eficazes (ROTH; ROYCHOUDHURY, 1994; SANDOVAL; MORRISON, 2003; SOLOMON; DUVEEN; SCOTT, 1994). Os artigos desta revisão que consideraram o contexto dos estudantes foram o A4, A5, A10, A16, A17, A18, A20 e A23.

2.6 Conclusões

A presente revisão mostrou que muitos dos trabalhos analisados estão representados em mais de uma categoria. O trabalho A1 está representado pelas categorias 1, 3 e 4; o trabalho A16 também está representado em três categorias, são elas as categorias 1, 4 e 6, e o trabalhos A23 está presente nas categorias 1, 2 e 6. Dos 25 trabalhos analisados 11 estão representado em duas categorias, são eles: A2, A4, A8, A9, A10, A11, A15, A18, A22, A24 e A25 e os demais trabalhos estão representado em apenas uma categoria: A3, A5, A6 A7, A12, A13, A14, A17, 19, A20 e A21.

Além disso, podemos notar que as pesquisas que trabalharam com QSCs no ensino médio foram desenvolvidas, predominantemente, nas disciplinas de Biologia e Ciências, revelando, assim, uma escassez de pesquisas com essa perspectiva no ensino médio de Física e Química, tanto no Brasil como no exterior. Vale ressaltar que esses resultados são para as revistas Qualis A em Ensino/Educação, que são revistas difíceis de se publicar e cujo prazo de resposta para publicação é muito demorado. Então, talvez se essa revisão tivesse se estendido para revistas Qualis B em Ensino/Educação e para dissertações de mestrado e teses de doutorado a quantidade de pesquisas com QSCs no nível médio de Física e Química fosse maior.

No entanto, a ausência de pesquisas sobre a utilização das propostas de ensino com QSCs aplicadas diretamente no nível médio de Física não interferiu muito na qualidade desta revisão, tendo em vista que os resultados encontrados foram muito relevantes para esta pesquisa de mestrado.

Em geral, os resultados dos trabalhos analisados mostraram que o uso didático de QSCs no nível médio contribuiu para melhorar a qualidade da argumentação/discussão, da tomada de decisão, da compreensão da natureza da ciência, da aprendizagem do conteúdo ou de conceitos, do julgamento reflexivo dos alunos e do raciocínio moral e ético.

Além do mais foi verificado em muitos trabalhos que os alunos apresentaram dificuldades em aceitar as controvérsias em torno de algumas QSCs, tais como: aquecimento global e os riscos das linhas de transmissão de energia à saúde humana. Os estudantes também apresentaram muitas dificuldades em avaliar a confiabilidade das informações presentes nos artigos científicos, nos jornais, e na mídia. Segundo Kolstø (2001b), isso ocorreu, justamente, pela falta de consenso dentro da comunidade científica sobre essas questões.

Essa revisão de literatura constitui uma peça fundamental para este trabalho de mestrado, bem como para pesquisas futuras sobre o uso didático das QSCs no nível médio, por vários motivos: i) os artigos analisados foram consultados nas principais revistas de ensino de ciências brasileiras e internacionais; ii) o recorte temporal compreendido pela revisão foi grande; iii) não foi identificada nessa revisão de literatura nenhum outro artigo de revisão que investigou a utilização didática de QSCs no nível médio, logo a presente revisão de literatura parece ser inédita; iv) os

dados da revisão revelaram que as pesquisas com QSCs no ensino de Física publicadas tanto nas revistas brasileiras como nas revistas internacionais ainda são escassas e v) o número de pesquisas brasileiras que investigaram a utilização didática das QSCs no nível médio ainda é bastante limitado, pois dos 25 artigos analisados, apenas 4 foram publicados em revistas brasileiras, 1 artigo brasileiro foi publicado numa revista espanhola e os outros 20 artigos são publicações internacionais.

As QSCs são propostas de ensino promissoras para a educação científica. O ensino de Física carece de mais pesquisas com essa perspectiva, pois os resultados dessa revisão de literatura mostraram que nenhum dos trabalhos analisados enfatizou no uso didático de QSCs no ensino de Física no nível médio. As QSCs podem abarcar inúmeros campos da Física, como o Eletromagnetismo, a Mecânica, a Termodinâmica e, principalmente, temas da Física Moderna e Contemporânea (FMC).

O ensino da FMC através do uso didático das QSCs se apresenta como uma possível inovação promissora tanto no ensino de Física como no currículo de Física do nível médio, já que as pesquisas feitas em outras áreas apresentaram resultados satisfatórios para o ensino e aprendizagem através dessa proposta de ensino. Além disso, a inserção da FMC no ensino médio é uma linha de pesquisa bastante atual, tendo em vista a necessidade dos alunos compreenderem e terem a consciência sobre o grande avanço científico e tecnológico dos últimos tempos e a influência desse avanço dentro do seu contexto e no mundo.

Pereira e Osterman (2009) constataram, na revisão de literatura sobre a utilização da FMC no ensino, um aumento considerável de publicações sobre essa temática. No entanto a maioria desses trabalhos enfocam na bibliografia para auxiliar os professores. Além disso,

Embora haja um número considerável de estudos envolvendo propostas didáticas inovadoras, há poucos trabalhos que investigam os mecanismos envolvidos no processo de construção de conhecimentos relativo a temas de física moderna e contemporânea em sala de aula (p. 393).

Então, depois de duas décadas de justificativas sobre a importância da utilização da FMC nas aulas de Física do ensino médio, os desafios atuais estão

relacionados a como inserir os temas de maneira inovadora nas aulas de Física (BATISTA; SIQUEIRA, 2017).

Sendo assim, consideramos que uma maneira inovadora e promissora de inserir temas da FMC no ensino médio é através da proposta de ensino com QSCs. A proposta de ensino envolvendo QSC e FMC pode diminuir a discrepância dos conteúdos de Física que são abordados no ensino médio e superar, de forma inovadora, as aulas tradicionais que, em geral, são mediadas pelo professor e o livro didático.

Muitos temas da FMC podem ser abordados como QSCs, como, por exemplo: a modernização dos celulares e computadores devido ao desenvolvimento da Mecânica Quântica (MQ); nanotecnologia: o grafeno; a utilização de energia nuclear; lixo atômico; radioatividade, entre outros.

Diante disso, iremos trabalhar com uma QSC sobre energia nuclear. A QSC sobre energia nuclear é bastante controversa e debatida no mundo inteiro. Além disso, os benefícios e malefícios da utilização da energia nuclear são um ponto de discordância entre os cientistas, os políticos, na mídia, entre outros, sobretudo se considerarmos aspectos éticos, como valores e interesses envolvidos. Logo, a energia nuclear se configura como um exemplo de uma QSC controversa que pode ser explorada no ensino de Física.

A energia é uma das grandezas fundamentais da Física. Seu estudo se configura como um núcleo básico para toda a educação científica. Então, é necessário que os estudantes desenvolvam uma compreensão sofisticada a respeito desse tema para que possam entender o funcionamento das máquinas e demais instrumentos que estão presentes no seu cotidiano. Além disso, a compreensão sobre a energia pode permitir que os alunos se envolvam em discussões sobre problemas ambientais, sociais, necessidades de recursos energéticos, etc (DOMÉNECH et al., 2003). Segundo Doménech et al. (2003), existem inúmeras pesquisas que trabalham com energia, contudo elas apenas detectaram que os alunos tinham muitas dificuldades em aprender o que é energia. A literatura sinaliza que essas dificuldades estão associadas tanto a aspectos conceituais como procedimentais e axiológicos. Portanto, uma maneira inovadora de introduzir essa temática no ensino de Física é através da proposta de ensino com QSC e FMC.

Alguns pesquisadores sinalizam que os resultados das pesquisas são mais eficientes quando as QSCs são retratadas dentro do contexto dos estudantes. Entretanto, a grande maioria dos trabalhos analisados nessa revisão não partiram do contexto imediato dos estudantes para implementarem as propostas de ensino com QSCs. Dessa maneira, notamos que as finalidades do uso didático de QSCs estão em sintonia com os pressupostos da pedagogia libertadora de Paulo Freire. Ambas as propostas visam fornecer condições para os estudantes desenvolverem a consciência crítica, se envolverem nos debates sobre temas polêmicos, desenvolverem habilidades argumentativas, tomarem decisão, se emanciparem, entre outros. Diante dessas convergências, decidimos utilizar a educação libertadora de Paulo Freire como um referencial teórico/pedagógico complementar.

CAPÍTULO 3

REFERENCIAL TEÓRICO: USO DIDÁTICO DE QSCs DENTRO DA ABORDAGEM CTSA E NA PERSPECTIVA FREIREANA

3.1 Perspectiva teórica Freireana

Este trabalho está fundamentado nas ideias de Paulo Freire, pois para Freire (2017a; 2017b) o conteúdo científico precisa ser relevante para o aluno e deve ser abordado dentro do seu contexto. Desse modo, o desenvolvimento da nossa proposta de ensino com base em uma QSC sobre energia nuclear está baseado em uma realidade local. A escolha do tema se deu em decorrência da proposta de implantação de duas usinas nucleares no nordeste brasileiro, sendo que uma dessas usinas deve ser implantada no município de Itacuruba.

De acordo com Freire (2017a; 2017b), somente uma educação libertadora pode promover o desenvolvimento de uma consciência crítica, no educando, sobre a ciência e a tecnologia e o impacto que as mesmas causam no ambiente, no contexto local e na sociedade como um todo. Essa educação oferece condições para que os estudantes conquistem a sua liberdade e autonomia para atuarem de maneira ativa na transformação positiva da sua realidade.

A pedagogia libertadora, problematizadora, é realizada com os oprimidos, a partir dos seus interesses, dos seus conhecimentos, do seu contexto, da sua cultura e da sua história por meio do diálogo entre educador e educandos (BRIGHENTE; MESQUIDA, 2016). O diálogo entre professor e aluno começa a partir da busca pelo conteúdo programático (FREIRE, 2017a). Desse modo, no que se refere ao ensino do tópico da FMC, o tema energia nuclear, pode ser abordado por meio do uso didático de QSC, sendo que esse diálogo pode orientar a elaboração de currículos baseados em questões controversas debatidas mundialmente, mas que também estejam associadas ao contexto dos estudantes.

3.1.1 Curiosidade epistemológica e educação libertadora na superação da condição de opressão

Quem, melhor que os oprimidos, se encontrará preparado para entender o significado terrível de uma sociedade opressora? Quem sentirá, melhor que eles, os efeitos da opressão? Quem, mais que eles, para ir compreendendo a necessidade da libertação? (FREIRE, 2017a, p. 42-43)

A sociedade está marcada por opressores e oprimidos. Os opressores quanto mais têm mais querem ter, em detrimento de quem menos tem ou nada tem – os oprimidos. Os oprimidos são docilizados, injustiçados e punidos por aqueles que impõem as ordens e detêm o poder. Os opressores sempre anseiam em dominar tudo que está ao seu redor. A terra, os homens, a produção, a ciência e a tecnologia, tudo se transforma em objeto de dominação do opressor. Essa possessividade dá a impressão de que tudo pode ser comprado. Por isso, os opressores, em geral, têm uma visão predominantemente materialista da existência (FREIRE, 2017a).

Esse contexto de opressão faz com que homens e mulheres conheçam pouco sobre si, sobre a sua realidade e sobre o mundo. Isso implica na desumanização desses indivíduos. A desumanização é injusta, ela caracteriza a violência e punição contra os oprimidos e fazem eles ser menos. Assim, para Freire (2017a), o problema da humanização dos homens assume, então, um caráter de preocupação iniludível, pois é necessário perceber e reconhecer que a desumanização é realidade histórica. Quando os indivíduos começam a reconhecer essa desumanização, eles se sentem no direito de indagar sobre a sua humanização.

Desse modo, essa visão de mundo opressora, que nega e interdita os indivíduos, é utilizada e legitimada pela educação. Educadores que rejeitam os seus educandos e educandas como sujeitos constroem indivíduos passivos para fazer parte de uma sociedade homogênea e padronizada que segue as pautas dos opressores e, por consequência, o modo de produção capitalista (BRIGHENTE; MESQUIDA, 2016).

A educação bancária é marcada pela ausência de diálogo entre o professor e os alunos. Ela é caracterizada pelo depósito, transferência, transmissão de valores e conhecimentos do professor autoritário e opressor ao aluno oprimido por meio de

uma relação vertical e não dialógica. Essa educação desconsidera o meio social do aluno e faz com que, muitas vezes, o estudante não desenvolva o interesse em conhecer e debater sobre um novo saber, por exemplo, os estudantes não gostam de estudar, não têm o hábito de ler, não gostam de estudar as disciplinas científicas, principalmente a Física, porque acham uma disciplina difícil, que não tem significado para eles. Por isso, acabam se tornando homens e mulheres alienados, que têm suas vidas marcadas pela sociedade opressora. Dessa maneira, a educação bancária reflete a sociedade opressora, propagando, assim, a cultura do silêncio. O propósito dela é manter e nutrir a opressão (2017a).

Desse modo, Paulo Freire promove o rompimento da educação bancária por meio da educação libertadora e dialógica. Isso implica que o ensino não pode se resumir a transferência de conhecimentos do professor aos estudantes. O ensino precisa oferecer e criar as condições para a produção ou construção de uma aprendizagem crítica sobre o que está sendo ensinado. Essas condições requerem que os professores e estudantes sejam criativos, inquietos, curiosos, humildes e persistentes.

É importante que os processos de ensino e aprendizagem contribuam para o desenvolvimento de uma curiosidade crítica, que promova tanto aos estudantes como aos professores oportunidades de aprender e criar cada vez mais. Ou seja,

[...] quanto mais criticamente se exerça a capacidade de aprender, tanto mais se constrói e desenvolve o que venho chamando “curiosidade epistemológica”, sem a qual não alcançamos o conhecimento cabal do objeto (FREIRE, 2017b, p. 26-27).

Por isso é muito importante que a educação libertadora ofereça condições para que os alunos desenvolvam a curiosidade epistemológica, que é crítica, insatisfeita e indócil. Essa curiosidade permite que homens e mulheres se defendam do irracionalismo, fruto do excesso de racionalidade da atual sociedade moderna altamente tecnológica. A intenção não é negar, nem enaltecer a ciência e a tecnologia, mas olhar para elas de maneira crítica e curiosa (FREIRE, 2017b).

O termo “curiosidade epistemológica” foi desenvolvido por Paulo Freire. Para Freire (2017b) não existe uma ruptura entre a curiosidade ingênua, que está associada ao saber de senso comum, e a curiosidade epistemológica, que está associada ao conhecimento científico, mas uma superação. A superação ocorre no

momento em que a curiosidade ingênua se criticiza. Ao criticizar-se, torna-se, então, curiosidade epistemológica, que é metodicamente rigorosa na sua aproximação com a situação e/ou o conteúdo a serem desvelados e conhecidos.

Portanto, para os processos de desenvolvimento e inserção da curiosidade epistemológica na nossa proposta de ensino baseada em uma QSC sobre energia nuclear serão necessárias três características: a rigorosidade metódica, o diálogo entre o professor e os estudantes e o desenvolvimento de uma consciência crítica sobre a realidade na qual estão inseridos.

Segundo Freire (2017b), o exercício da curiosidade epistemológica exige rigor. A nossa curiosidade se torna cada vez mais crítica à medida que utilizamos de forma metódica e rigorosa a nossa capacidade de aprender criticamente, de questionar, de duvidar, de decidir, de se posicionar, de aferir, de transformar a nossa realidade como cidadãos ativos e conscientes.

[...] Com a curiosidade domesticada posso alcançar a memorização mecânica do perfil deste ou daquele objeto, mas não o aprendizado real ou o conhecimento cabal do objeto. A construção ou a reprodução do conhecimento do objeto implica o exercício da curiosidade, sua capacidade crítica de “tomar distância” do objeto, de observá-lo, de delimitá-lo, de cindilo, de “cercar” o objeto ou fazer uma aproximação metódica, sua capacidade de comparar, de perguntar (FREIRE, 2017b, p. 83).

Assim, o exercício da curiosidade epistemológica é muito importante para o processo de produção de novos conhecimentos, pois nos aproximamos de maneira rigorosa do conteúdo a ser conhecido, sendo possível explorá-lo e compreendê-lo em sua essência, despertando-nos uma atitude crítica diante desse novo conhecimento sobre o conteúdo.

Dessa maneira, não é possível separar o ensino do conteúdo da formação ética dos estudantes, pois a transformação da curiosidade ingênua para a epistemológica deve ser feita através de uma íntima relação com uma formação ética metodicamente rigorosa, tendo em vista que homens e mulheres são seres históricos-sociais, capazes de comparar, de valorar, de decidir, de se posicionar, de escolher, de romper, e tudo isso nos torna seres éticos (FREIRE, 2017b).

Por outro lado, a educação libertadora e problematizadora reconhece o diálogo como um aspecto essencial da educação, por isso ela é construída através da dialogicidade entre educador-educandos. Desse modo, os conhecimentos e

valores devem ser tratados através da comunicação entre educador e educandos e dentro da realidade dos educandos. Logo, o diálogo entre o professor e o estudante é um aspecto muito importante para o desenvolvimento da curiosidade epistemológica (FREIRE, 2017a; 2017b).

A prática dialógica permite que professores e estudantes reflitam juntos sobre o objeto de conhecimento, se aproximando criticamente dele ao invés de memorizá-lo. Desse modo, o diálogo não deve ser entendido como uma técnica para aprender, mas tem que ser entendido como uma exigência epistemológica nos processos de ensino e aprendizagem.

Além disso, a educação libertadora visa preparar os indivíduos para a democracia, isso implica que não se deve apenas transformar o analfabeto oprimido em eleitor, mas preparar o educando para desenvolver a sua consciência crítica sobre o mundo, juntamente com o professor, através do diálogo. Portanto, a conscientização e a alfabetização estão em constante interação quando a alfabetização dos indivíduos não se resume, apenas, em reconhecer as letras e ler as palavras. Na verdade, os estudantes têm que ser, também, sujeitos da sua própria história, se envolver nas lutas políticas e culturais em busca da sua emancipação. Assim, o diálogo constitui o caminho pelo qual homens e mulheres encontram o sentido e significado enquanto sujeitos dialógicos. Para o educador humanista a realidade deve ser transformada com o povo por meio do diálogo (FREIRE, 2017b).

E por fim, o terceiro aspecto extremamente importante para o desenvolvimento da curiosidade epistemológica é a reflexão crítica sobre a realidade que os estudantes fazem juntamente com o professor. É através dessa reflexão que os alunos podem superar a percepção ingênua da realidade e, a partir daí, desenvolverem uma consciência crítica a respeito dela para poder transformá-la. A conscientização é um dos objetivos da educação libertadora e problematizadora, que precisa estar relacionada com o desenvolvimento da consciência sobre o mundo e sua transformação. A conscientização é, também, uma exigência humana e é um dos caminhos para por em prática a curiosidade epistemológica (FREIRE, 2017b).

Dessa maneira, a educação libertadora apresenta uma aproximação crítica à realidade do estudante. Por isso, a conscientização do estudante precisa alcançar um nível crítico da realidade.

A conscientização é [...] um teste de realidade. Quanto mais conscientização, mais se desvela a realidade, mais se penetra na essência fenomênica do objeto, frente ao qual nos encontramos para analisá-lo. Por esta mesma razão, a conscientização não consiste em estar frente à realidade assumindo uma posição falsamente intelectual. A conscientização não pode existir fora da práxis, ou melhor, sem o ato ação-reflexão. Esta unidade dialética constitui, de maneira permanente, o modo de ser ou de transformar o mundo que caracteriza os homens (FREIRE, 2001, p. 30).

Assim, o ensino que se compromete com a formação do sujeito precisa levar em consideração as condições sociais, culturais e econômica de seus alunos, de suas famílias e de sua comunidade. Isso implica que a educação deve oferecer e promover condições para que os estudantes desenvolvam habilidades que lhes permitam transformar a sua realidade. Essa é uma tarefa complexa e capaz de promover a construção de novos conhecimentos ao invés da simples adaptação a uma realidade opressora (FREIRE, 2017b).

Além do mais, a educação problematizadora propõe que os estudantes problematizem a realidade histórico-social na qual estão inseridos. O objetivo desta problematização é que eles superem a consciência ingênua e desenvolvam a consciência crítica sobre a sua realidade através da relação homem-mundo para poder transformá-la (FREIRE, 2017b).

Por isso, é necessário respeitar o educando e a sua formação. Para tanto é preciso reconhecer os saberes e experiências com que esses indivíduos chegam à escola. O educador não pode ignorar, nem ridicularizar esses saberes (FREIRE, 2017b).

No entanto, o docente não pode se adaptar aos saberes dos alunos, que estão associados ao senso comum, nem pode impor o seu conhecimento como verdadeiro aos estudantes. Desse modo, é importante que o educador, por meio do diálogo, sugira aos estudantes que reflitam sobre o seu contexto histórico-social. Tal reflexão pode revelar a necessidade de superar determinados saberes que muitas vezes se apresentam ineficientes para explicar os fatos (FREIRE, 2017b).

Dessa maneira, é muito importante que os estudantes do ensino médio do IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro se insiram criticamente na realidade em que se encontram e tomem consciência do debate sobre a proposta de implantação da usina nuclear na sua região para poderem avaliar, questionar e se posicionar se

realmente a construção dessa usina nuclear é necessária e beneficia a região. É preciso também ponderar os impactos que a mesma causará no ambiente e na sociedade em questão. Então, eles precisam estar convencidos da importância da sua participação na luta pela sua autonomia. A liberdade exige que os indivíduos sejam ativos e responsáveis.

Além disso, por se tratar da instalação de um empreendimento polêmico e que afetará toda a região, é necessário que os estudantes dessas comunidades desenvolvam a consciência crítica a respeito da QSC para, a partir daí, se envolverem em ações sociopolíticas em busca do bem coletivo e se posicionarem criticamente sobre a construção dessa central nuclear, pois, de acordo com Freire (2017b), toda decisão e ação têm consequências. Dessa maneira, a tomada de posição e o desenvolvimento de ação sociopolítica têm que ser um processo responsável e as consequências do posicionamento e da ação precisam ser analisadas e avaliadas. Isso significa que na tomada de posição e na ação sociopolítica não podem faltar ética em face do que deve ser feito.

Então, é necessário que os estudantes assumam eticamente o seu posicionamento com relação à proposta de instalação da usina na sua região, sendo tal posição fundante para a sua autonomia, pois a autonomia é construída através das experiências de diversas decisões e/ou posições que vão sendo tomadas pelos sujeitos. Isso implica que nenhum sujeito é autônomo primeiro para depois decidir ou se posicionar. (FREIRE, 2017b).

A autonomia, enquanto amadurecimento do sujeito, é um processo muitas vezes demorado. Por isso a pedagogia da autonomia precisa estar relacionada a experiências instigadoras da decisão e da responsabilidade (FREIRE, 2017b).

Ao se apoderar da perspectiva freireana é necessário preservar o principal propósito dessa proposta educacional, que é a leitura crítica e consciente da realidade utilizando o conhecimento científico e ético como catalisadores de mudanças sociais, visando romper com o modo de produção opressor que promove as situações-limite¹³ (OLIVEIRA, 2016).

¹³ Situações-limite podem ser entendidas como as dificuldades encontradas, por exemplo, nos processos de ensino e aprendizagem, mas essas dificuldades não devem ser consideradas como barreiras insuperáveis. Para Freire a partir do momento que os indivíduos compreendem essas situações-limites como obstáculos que impedem a sua libertação, eles devem buscar superar essas situações ao invés de aceitá-las docilmente (FREIRE, 2017a).

Por isso, consideramos importante fazer uma aproximação entre as ideias de Paulo Freire e o ensino baseado em QSCs na abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

3.2 Aproximação entre o uso didático de QSCs na vertente CTSA e a perspectiva freireana

O movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) surgiu na década de 1960 e desde o seu surgimento esteve ligado a três domínios principais: 1) à pesquisa educacional – que seguiu a modificação da concepção de ciência e tecnologia e sua relação com a sociedade; 2) às políticas públicas – com destaque para a importância e aumento da participação da população nas questões sociais que envolvem o conhecimento científico e tecnológico; 3) à educação – com ênfase nos currículos alinhados com as relações mútuas entre ciência, tecnologia e sociedade para a formação de cidadãos capazes de refletir criticamente sobre os impactos e as desigualdades sociais causadas pelo desenvolvimento científico e tecnológico (VON LINSINGEN, 2007).

A inclusão da dimensão ambiental no movimento CTS ocorreu recentemente devido ao agravamento da crise ambiental gerado pelo desenvolvimento científico e tecnológico (PEDRETTI; FORBES, 2000; VILCHES; GIL-PÉREZ; PRAIA, 2011). Por isso, surgiu a necessidade de enfatizar explicitamente a dimensão ambiental nas relações mútuas entre ciência, tecnologia e sociedade. Desse modo, emergiu a expressão Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTSA¹⁴.

A perspectiva CTSA tem a finalidade de promover condições para uma formação de cidadãos ativos, politizados, críticos, que sejam capazes de se posicionar e participar de decisões sobre problemas que envolvem relações mútuas entre a ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Essa perspectiva enfatiza que a abordagem do conteúdo científico precisa se aproximar dos problemas que fazem parte do contexto dos estudantes para que eles consigam estabelecer as conexões entre o conhecimento científico e tecnológico e os problemas presentes na sua realidade (AULER, 2007).

¹⁴ De agora em diante usaremos apenas a expressão CTSA quando nos referirmos tanto ao movimento CTS como ao CTSA.

Dessa maneira, uma forma de evidenciar a vertente CTSA na educação científica é por meio do uso didático de QSCs, sendo que a compreensão dos conhecimentos científicos e éticos é fundamental para o entendimento dessas questões, bem como para a elaboração de soluções para os problemas sociocientíficos e/ou socioambientais. O ensino de QSCs na perspectiva CTSA pode proporcionar o desenvolvimento de diferentes habilidades e valores, tendo em vista que a aproximação desses temas com a realidade histórico-social dos estudantes aumenta o interesse e o diálogo entre os estudantes e professores (CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Logo, podemos perceber que essas ideias também estão alinhadas com a educação libertadora e dialógica de Paulo Freire.

Além disso, as propostas de ensino baseadas em QSCs sob a vertente CTSA visa, por meio da contextualização, interdisciplinaridade e criticidade, alcançar um ensino mais humanitário, comprometido com a formação de cidadãos ativos e conscientes, capazes de transformar a realidade opressora em que vivem. Desse modo, quando o ensino, sob essa perspectiva, defende a formação de cidadãos ativistas capazes de elaborar e se envolver em ações para transformar a sociedade em busca de maior justiça social e ambiental, esse ensino está alinhado com a educação transformadora e libertadora de Paulo Freire. Para tanto, a educação científica precisa enfatizar: as interrelações entre política, economia, ciência, tecnologia, sociedade e ambiente; os fundamentos dos juízos morais; e o desenvolvimento da consciência crítica e responsável para o planejamento e execução de ações sociopolíticas.

Segundo Santos (2008) e Barret e Pedretti (2006), a vertente CTSA e a pedagogia de Paulo Freire se aproximam, também, por meio do caráter político da educação científica, que anseia por uma transformação do mundo, ao invés de manter seu status quo. O ensino como ato político deve proporcionar aos estudantes e professores o entendimento crítico e reflexivo sobre a influência do desenvolvimento científico e tecnológico sobre a sociedade, o ambiente e o contexto em que estão inseridos e sobre as implicações éticas de tal influência, em busca de sociedades mais justas, emancipadas e participativas.

Nascimento e Von Linsingen (2006) e Santos (2008) aproximam a perspectiva CTSA das ideias de Paulo Freire, ao enfatizarem a importância da tomada de decisão do educando como resultado da experiência educacional. Por

isso, a tomada de decisão ou o posicionamento do educando têm que ser um processo eticamente responsável, para que consigam participar ativamente da transformação da sociedade em que vivem (FREIRE, 2017b).

Outra aproximação entre a perspectiva freireana, a educação CTSA e o uso didáticos de QSC está relacionada com a investigação temática¹⁵ e a seleção de conteúdos com a finalidade de se aproximar da realidade do estudante. Os temas geradores¹⁶ guardam fortes aproximações com as questões sociocientíficas e a educação CTSA, pois quando os processos de ensino e aprendizagem partem da realidade histórico-social do educando, a abordagem do conteúdo acaba se tornando mais significativa para o desenvolvimento de uma formação humanística, crítica e política dos educandos e professores, por meio da leitura crítica e consciente da realidade (ANDRADE, 2016).

A partir do tema gerador são selecionados os conteúdos científicos necessários para superar o problema local, identificado na investigação temática. Desse modo, o conhecimento científico é necessário para os estudantes compreenderem a problemática presente no tema gerador. Isso implica que a utilização do conteúdo científico não tem um fim em si próprio, mas tem a intenção de ser uma ferramenta para auxiliar o aluno na compreensão do tema gerador e da problemática presente no seu contexto (OLIVEIRA, 2016).

Segundo Freire (2017b), é extremamente importante aproveitar o contexto social em que vivem os estudantes que são marginalizados pelo poder público para problematizar e discutir: a poluição dos riachos e rios; a falta de bem-estar das populações; os lixões e os riscos que estes oferecem a saúde; o motivo de não haver lixões nos bairros ricos, entre outros temas. Dessa maneira, é necessário associar o conteúdo a ser ensinado com a realidade oprimida, desigual e violenta em que vive o educando.

Por que não estabelecer uma “intimidade” entre os saberes curriculares fundamentais aos alunos e a experiência que eles têm como indivíduos?
Por que não discutir as implicações políticas e ideológicas de um tal

¹⁵ A investigação temática, que se dá no domínio do humano e não das coisas, não pode reduzir-se a um ato mecânico. Sendo processo de busca, de conhecimento, por isso tudo, de criação, exige de seus sujeitos que vão descobrindo, no encadeamento dos temas significativos, a interpenetração dos problemas (FREIRE, 2017a, p. 139).

¹⁶ A designação de temas geradores ocorre porque eles permitem o desdobramento de vários outros temas por meio da investigação temática (FREIRE, 2017a).

descaso dos dominantes pelas áreas pobres da cidade? A ética de classe embutida neste descaso? (FREIRE, 2017b, p. 32)

Isso implica que o ensino baseado na educação libertadora de Paulo Freire, assim como o uso didático de QSCs na perspectiva CTSA, requer dos estudantes e professores uma postura questionadora, integradora, não fragmentada e crítica com relação aos problemas presentes na sua realidade, na sociedade como um todo e no ambiente. Além disso, o ensino sob essas perspectivas pode ajudar a superar a educação bancária, por meio de uma educação libertadora e dialógica, na qual o estudante constrói ativamente o seu conhecimento, reflete criticamente sobre a sua realidade e mobiliza dados, técnicas e valores para a elaboração de solução de um problema presente no seu contexto. Nessa educação, o professor não é o sujeito que detém todo o conhecimento. Nesse caso, o professor atua como um consultor crítico que orienta a aprendizagem por meio de uma relação dialógica com os estudantes. (FREIRE, 2017b). Para tanto, é necessário que a escola respeite os saberes com que os estudantes chegam a ela, tendo em vista que esses saberes são socialmente construídos na prática comunitária.

Portanto, podemos afirmar que o uso didático de QSCs sob a vertente CTSA e a perspectiva libertadora e dialógica de Paulo Freire na educação científica têm a finalidade de preparar os estudantes para serem cidadãos ativos, críticos e conscientes da sua realidade, capazes de se posicionar e desenvolver ação sociopolítica socialmente responsável, buscando transformar a sociedade em que vivem.

A ação sociopolítica requer que os sujeitos tenham a capacidade de reconhecer as condições de opressão da sociedade na qual vivem e o compromisso de desenvolver ações responsáveis, apropriadas e eficientes sobre temas que abrangem aspectos econômicos, políticos, ambientais e sociais, com responsabilidade moral e ética (HODSON, 2013).

3.3 Ação sociopolítica

As sociedades atuais exigem que os sujeitos estejam cada dia mais ativos, responsáveis, emancipados e empoderados, que tenham capacidade de desenvolver atitudes conscientes e críticas diante dos diversos problemas, muitas

vezes controversos, que surgem a partir das rápidas mudanças científicas e tecnológicas. Então, qual objetivo a educação assume diante do contexto das atuais sociedades modernas? Se compreendermos a educação como um processo de socialização, no qual os sujeitos são preparados para ser cidadãos conscientes, críticos e ativos dentro da sociedade, logo entendemos que as experiências educativas dos alunos devem promover o desenvolvimento de competências para cidadania ativa que estimulem a emancipação e o empoderamento desses sujeitos (FREIRE, 2017a; MARQUES; REIS, 2018). A educação tem que considerar os estudantes enquanto sujeitos que promovem a mudança, que tenham condições de desenvolver soluções para os problemas sociocientíficos e socioambientais que põem em risco os indivíduos, sociedades e ambientes. Por isso, corroborando com Marques e Reis (2018), os estudantes têm que ser considerados não só como cidadãos do futuro, mas sobretudo como cidadãos do presente, pois esperar que esses sujeitos se tornem adultos do amanhã para que consigam tomar decisões e se envolverem em ações sociopolíticas diante dos problemas sociocientíficos e socioambientais é perder momentos preciosos de formar nas escolas cidadãos conscientes da necessidade de participação ativa na vida cívica.

As ações sociopolíticas precisam estar integradas aos problemas sociocientíficos e socioambientais, bem como relacionadas com uma reflexão sobre a produção e consumo incentivados pelo sistema capitalista, e sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Desse modo, é provável que os estudantes se tornem cidadãos do presente, capazes de compreender criticamente o seu contexto socioambiental, que consigam interpretar as relações, os conflitos e os problemas presentes no seu contexto, e tomem decisões direcionadas para a ação socialmente responsável. Além disso, as ações sociopolíticas têm o potencial de contribuir para alertar indivíduos de uma comunidade sobre os problemas sociocientíficos e socioambientais, mobilizando-os simultaneamente na proposição de soluções para a sua mitigação.

Quando o ensino através de QSCs está associado às ações sociopolíticas, podemos classificar esse ensino como uma metodologia ativa ou participativa (CONRADO; NUNES-NETO, 2018), pois tais ações requerem que as atividades educativas estejam centradas nos alunos e nos problemas sociocientíficos e socioambientais. Dessa maneira, as aulas tradicionais ministradas pelos docentes

cedem o lugar às atividades de pesquisa realizadas pelos próprios estudantes; às atividades de discussão voltadas para a identificação e soluções de problemas; à tomada de decisões socialmente responsáveis e às iniciativas de ativismo pelos próprios estudantes.

Na realização de uma ação sociopolítica, os estudantes precisam expor seus conhecimentos éticos e científicos, seus valores, e tomar decisões por meio da ação responsável sobre problemas sociocientíficos e socioambientais. Desse modo, os estudantes precisam desenvolver habilidades, atitudes e valores que irão contribuir para que eles se tornem cidadãos empoderados, que cooperem com outros indivíduos em busca de um mundo socialmente mais justo e sustentável, no qual a riqueza, o poder e os recursos são justamente compartilhados (HODSON, 2018).

Para preparar os estudantes para ação sociopolítica é necessário garantir que eles desenvolvam uma compreensão clara de como as decisões são tomadas pelo governo nacional, regional e local, bem como dentro dos grupos sociais, indústrias, comércios, empresas, entre outros. Os estudantes se tornarão agentes ativos em torno de uma causa social se eles se reconhecerem e se tornarem pessoalmente empoderados para promover a mudança.

Então, é fundamental que os alunos tenham oportunidades de se envolverem em ações sociopolíticas. Para isso, é necessário que eles conheçam exemplos de ações desenvolvidas por outras pessoas, pois, de acordo com Hodson (2018, p. 47),

Os alunos precisam identificar as possibilidades de ação, avaliar a sua viabilidade e adequação, verificar restrições e barreiras, resolver as divergências entre aqueles que estarão envolvidos, olhar mais perto as ações tomadas por outros (e o quanto elas têm sido bem sucedidas) e estabelecer prioridades em termos de quais ações são mais urgentes (e podem ser realizadas rapidamente) e que ações são necessárias a longo prazo. É essencial, também, que todas as ações tomadas pelos estudantes sejam avaliadas criticamente e contribuam para um banco de dados sobre ações, para uso por outros.

Dessa maneira, no contexto escolar existem diversas formas dos docentes e estudantes se envolverem em ações sociopolíticas sobre questões sociocientíficas, por exemplo, através da: organização de petições e reuniões de comunidades; organização de boicotes a determinados produtos elaborados a partir de práticas industriais e/ou investigativas consideradas socialmente controversas; elaboração de

esclarecimentos e conselhos para os agricultores sobre a eliminação segura de resíduos tóxicos; elaboração de propostas de soluções inovadoras para problemas locais; plantação de árvores; construção de hortas comunitárias; criação de fóruns de discussão e de blogues sobre questões sociocientíficas; construção de cartazes e panfletos informativos; organização de campanhas através de redes sociais, como o Facebook ou o Twitter, com o intuito de conscientizar e contribuir para mudanças de comportamentos que sejam considerados ambientalmente insustentáveis (REIS, 2013; HODSON, 2013, 2018; MARQUES; REIS, 2018).

A complexidade das controvérsias sociocientíficas que afetam o ambiente e a sociedade exige que os cidadãos estejam bem informados e capacitados para decidir e atuar sobre essas questões. Dessa maneira, a educação científica deixa de enfatizar exclusivamente a aprendizagem do conteúdo científico, e passa a explorar aspectos da natureza da ciência e as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, bem como a promover competências cognitivas, sociais e morais que são fundamentais para o desenvolvimento da autonomia intelectual e para o envolvimento ativo dos indivíduos na identificação de problemas e na procura de soluções para esses mesmos problemas num ambiente democrático (REIS, 2013).

Assim, a educação científica precisa promover a formação mais integral dos educandos para a tomada de posição e o desenvolvimento de ações sociopolíticas. Desse modo, para o desenvolvimento dessa formação mais completa, julgamos pertinente abordar o conteúdo sobre energia nuclear por meio das suas dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais (COLL et al., 1992; CONRADO; NUNES-NETO, 2018; ZABALA, 1998) e do uso didático de QSCs em uma abordagem que aproxima as perspectivas CTSA e freireana.

Podemos afirmar que o ensino do conteúdo científico de acordo com as suas dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais, baseado no uso didático de QSCs situado nas perspectivas CTSA e freireana pode ser um modelo de ensino alternativo à educação científica tradicional-tecnicista, tendo em vista que a educação sob essas perspectivas defende que os processos de ensino e aprendizagem sejam dialógicos, humanísticos, críticos, curiosos, ética e socialmente responsáveis (FREIRE, 2017a, 2017b; PEDRETTI, 2003; HODSON, 2011).

3.4 Dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais

As dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA) envolvem uma concepção mais abrangente dos conteúdos escolares/acadêmicos. Essas três dimensões dos conteúdos englobam o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes fundamentais para uma formação mais completa dos sujeitos enquanto cidadãos efetivamente envolvidos em ações sociopolíticas (CONRADO; NUNES-NETO, 2018, p. 90). É importante enfatizar que a distinção dos conteúdos em suas dimensões CPA é artificial e metodológica, as dimensões CPA estão intimamente entrelaçadas. Contudo, podemos em determinados momentos de uma intervenção enfatizar uma dimensão mais do que outra, mas essa ênfase não ocorre de maneira isolada. Por exemplo, nos processos de ensino e aprendizagem em que são desenvolvidas atividades de discussão a dimensão procedimental será predominante, no entanto, para saber discutir sobre determinado assunto é preciso conhecer e compreender a dimensão conceitual do conteúdo referente a este assunto. Da mesma forma que, para discutir em grupo, é necessário desenvolver um trabalho colaborativo para que a discussão aconteça da melhor forma possível e o desenvolvimento de trabalhos colaborativos faz parte, predominantemente, da dimensão atitudinal. Assim, temos os conteúdos imbricados. Desse modo, essa organização didática em dimensões dos conteúdos é muito importante para a formação integral do sujeito para a cidadania ativa, pois essas dimensões podem ajudar na aprendizagem cognitiva, comportamental e social do conteúdo.

Segundo Zabala (1998), existe uma generalização amplamente aceita de que os conteúdos estão relacionados, apenas, a conceitos, fatos, teorias e princípios. Dessa maneira, a aprendizagem fica restrita, apenas, a uma dimensão do conteúdo. No entanto, quando se trata da formação integral dos indivíduos, o propósito da educação precisa estar além da aprendizagem de conceitos, fatos, teorias e princípios, tendo em vista que tudo aquilo que proporciona o desenvolvimento de habilidades motoras, afetivas, de relação interpessoal e inserção social deve ser considerado como conteúdo de aprendizagem (CONRADO; NUNES-NETO, 2018). De acordo com Conrado e Nunes-Neto (2018), abordar uma concepção multidimensional do conteúdo é explicitar aspectos éticos e políticos dos

processos de ensino e aprendizagem, ou seja, é contribuir para enfatizar a dimensão atitudinal, que se configura como uma maneira de combater o currículo oculto, no qual valores e práticas são ensinados e aprendidos sem adequada discussão e reflexão da comunidade escolar. É necessário abordar as dimensões não-conceituais da ciência, da tecnologia, dos problemas socioambientais, isto é, a educação científica precisa apresentar os valores e normas presentes no âmbito da ciência e da tecnologia, quando estas interagem com a sociedade e o ambiente.

Dessa maneira, apresentamos a seguir uma breve definição das dimensões CPA dos conteúdos.

3.4.1 Dimensão conceitual dos conteúdos

A dimensão conceitual dos conteúdos tem relação com um campo epistemológico e pode ser entendida através de três categorias: fatos, conceitos e princípios.

Os fatos estão relacionados a informações, dados, acontecimentos ou fenômenos reais e particulares que podem ser memorizados e incorporados nas estruturas de conhecimento dos estudantes. São exemplo de fatos: a conquista de um território, os nomes, os códigos e os axiomas. Então, podemos perceber, de maneira geral, que o ensino está cheio de conteúdos factuais. Eis exemplos de fatos na Geologia: a classificação das rochas; na Química: o número atômico do hidrogênio (CONRADO; NUNES-NETO, 2018; ZABALA, 1998); na Física: a descoberta da radioatividade; o ano da publicação da obra de Isaac Newton “*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*”; o valor da carga elementar.

Assim, “os Conceitos podem ser compreendidos como termos que tenham significados precisos. [...] conceitos são entidades teóricas que se referem a um conjunto amplo de eventos, fenômenos ou fatos, ao invés de um particular” (CONRADO; NUNES-NETO, 2018, p. 96). São exemplos de conceitos importantes na Física: calor – energia em trânsito que é transferida, espontaneamente, de um corpo mais quente para um corpo mais frio; radioatividade – é a capacidade que determinados elementos têm de emitir energia, sob a forma de partículas ou

radiação eletromagnética; isótopos – são átomos que possuem o mesmo número de prótons, entretanto possuem massas atômicas diferentes.

Os princípios, segundo Zabala (1998), estão relacionados às modificações que ocorrem num fato ou situação em relação a outros fatos ou situações. Segundo Conrado e Nunes-Neto (2018, p. 96), os princípios devem ser entendidos, também, como “elementos teóricos que possibilitam explicações, previsões e descrições de fatos e são componentes importantes de teorias, modelos e generalizações ou normas naturais (como as regularidades naturais, em forma de lei)”. Exemplos de Princípios na Biologia: seleção natural e exclusão competitiva (CONRADO; NUNES-NETO, 2018); e na Física: a segunda lei da Termodinâmica; o princípio de conservação da energia; e os princípios de conservação do momento.

Os conceitos e princípios, diferentemente dos fatos, são componentes abstratos, que precisam ser compreendidos ao invés de serem memorizados pelos estudantes.

As atividades presentes em uma intervenção didática baseada em QSC têm que considerar, além da dimensão conceitual, as dimensões procedimentais e atitudinais do conteúdo.

3.4.2 Dimensão procedimental dos conteúdos

A dimensão procedimental dos conteúdos tem relação com um campo metodológico e pode ser entendida através de três categorias: técnicas, procedimentos e métodos. A dimensão procedimental dos conteúdos representam um conjunto de ações que permite solucionar problemas para atingir determinado objetivo e para obter novos aprendizados (CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

Os Procedimentos referem-se a ações cognitivas e motoras ordenadas para conseguir alcançar um determinado objetivo através de técnicas e métodos que são amplamente aceitos (ZABALA, 1998). São exemplos de procedimentos: a elaboração de um gráfico e a construção de uma maquete.

As técnicas referem-se às atividades essenciais para a execução de um procedimento. Exemplos de técnicas: levantamento bibliográfico sobre um assunto a

partir de palavras-chaves, realização de medidas com paquímetros, réguas e trenas; e resumo de uma obra.

Métodos referem-se à “uma perspectiva mais geral de uma ação, que envolve uma diversidade de técnicas e procedimentos, em categorias específicas de acordo com seus objetivos” (CONRADO; NUNES-NETO, 2018, p. 98). Os métodos podem ser constituídos por procedimentos e os procedimentos podem ser constituídos por técnicas. São exemplos de métodos: descrição, comparação; explicação e experimentação (CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

Segundo Conrado e Nunes-Neto (2018), os conteúdos, quando abordados a partir da dimensão procedimental, são mais bem compreendidos pelos estudantes quando o docente apresenta explicações dos procedimentos, métodos e técnicas antes da atividade. Além disso, é preciso que os estudantes repitam, exercitem essas ações em diversos contextos e reflitam sobre a sua prática.

3.4.3 Dimensão atitudinal dos conteúdos

A dimensão atitudinal dos conteúdos está relacionada ao campo da ética, da política e da organização social, podendo ser entendida através de três categorias: valores, normas e atitudes.

Os valores se configuram como critérios para fazer juízo moral sobre comportamentos baseados na ética. São exemplos de valores: a solidariedade, a responsabilidade, o respeito ao próximo, a liberdade, entre outros. As normas são padrões ou regras de comportamento que são instituídos e compartilhados entre os membros de um grupo social ou coletividade. Exemplo de normas: não devemos escravizar trabalhadores. As atitudes “são tendências ou predisposições de conduta dos sujeitos com base em normas e valores” (CONRADO; NUNES-NETO, 2018, p. 99), ou seja, é a maneira como cada sujeito realiza suas ações baseado nos valores e normas. São exemplos de atitudes as campanhas de combate à violência contra a Mulher; o respeito ao meio ambiente, entre outros. Dessa forma, a dimensão atitudinal dos conteúdos precisa ser abordada em situações reais para que os estudantes possam praticar e, refletir sobre as suas próprias ações e as de outros atores sociais (CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

Em geral, podemos afirmar que a aprendizagem da dimensão atitudinal dos conteúdos requer que os alunos conheçam, reflitam e avaliem as normas e os valores envolvidos em um determinado problema. Além disso, é necessária uma tomada de decisão e/ou posição, um envolvimento emocional, uma análise e revisão das suas próprias ações (CONRADO; NUNES-NETO, 2018; ZABALA, 1998).

A escolha dos objetivos de aprendizagem que estão relacionados com a dimensão atitudinal deve levar em consideração as necessidades, os interesses, os conhecimentos prévios e a realidade social dos participantes.

Dessa maneira, podemos perceber que a educação científica não deve focar, apenas, nas dimensões conceituais e procedimentais dos conteúdos científicos, tendo em vista que é necessário que o ensino promova a formação de cidadãos conscientes, críticos e ativos, que compreendam as influências mútuas entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Para tanto, a abordagem das dimensões éticas é indispensável, pois a ética está presente na atividade científica, bem como nas ações dos indivíduos. Neste trabalho, a ética é entendida como um elemento da filosofia que analisa valores morais e que estuda maneiras de fundamentar racionalmente a vida moral (SKORUPSKI, 2007).

No uso didático de QSCs precisamos considerar a sua natureza controversa e os conflitos para motivar, encorajar e suscitar o debate e as análises críticas dos valores, normas, atitudes e interesses dos atores sociais envolvidos. Dessa maneira, vem à tona os valores que estão relacionados com a ciência e a tecnologia, apresentando, assim, a importância da dimensão atitudinal do conteúdo científico.

Além do conhecimento científico e tecnológico, outros elementos são necessários para a tomada de posição e/ou decisão, como a ética. Desse modo, explicitaremos a seguir elementos da ética que estão baseados em duas perspectivas diferentes: a primeira perspectiva fornece razões, critérios que fundamentam a ação sociopolítica e a tomada de posição e avalia o valor da ação do indivíduo; a segunda perspectiva está relacionada à ontologia moral para consideração moral dos indivíduos envolvidos, ou seja, os seres que devem ser considerados quando elaboramos juízos éticos sobre o valor das nossas ações.

Dessa maneira, apresentaremos, a seguir, uma breve descrição dessas duas perspectivas baseada na filosofia moral. Na primeira perspectiva, que está relacionada com as teorias éticas que avaliam o valor da ação e conduta humanas,

iremos enfatizar as três principais teorias éticas da filosofia moral ocidental que são: a ética das virtudes, o utilitarismo (principal corrente do consequencialismo) e a deontologia (WARBURTON, 2007; SINGER, 2011; BECKERT, 2012; CONRADO, 2017; CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

De acordo com essas três teorias éticas, as discussões estão focadas em escolher e avaliar os critérios que deverão ser usados para conferir valores a uma determinada ação, por exemplo, se é boa ou ruim; certa ou errada; aconselhável ou não aconselhável, se deve ou não ser executada, entre outras.

3.5 Principais teorias éticas da filosofia moral ocidental

A teoria das virtudes, no Ocidente, está relacionada com as virtudes que são necessárias aos indivíduos para uma boa conduta e para uma boa vida. De acordo com a perspectiva Aristotélica, a ética das virtudes centra-se no caráter e na vida dos sujeitos como um todo. É uma ética funcionalista sobre a função que cada indivíduo cumpre no todo social do qual faz parte. A virtude é caracterizada por um padrão de comportamento e sentimento, ou seja, uma predisposição de agir de determinada maneira e sentir determinados sentimentos em algumas situações, são exemplos de virtudes a benevolência, a solidariedade, a humildade e a coragem. Uma virtude implica em um juízo inteligente sobre a resposta adequada na circunstância em que nos encontramos. Então, de acordo com a ética das virtudes, o questionamento “o que devo fazer?” deve ser respondida levando em conta o que um agente tido como virtuoso faria. (WARBURTON, 2007; SINGER, 2011; BECKERT, 2012; CONRADO, 2017; CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

No que concerne à ética utilitarista, que é a principal corrente do consequencialismo¹⁷, uma ação é boa se as consequências dela maximizam a felicidade, o prazer, ou se ela traz mais felicidade do que infelicidade ao máximo possível de indivíduos envolvidos. Os principais defensores dessa vertente foram Jeremy Bentham (1748-1832) e John Stuart Mill (1806-1873) (WARBURTON, 2007; CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

¹⁷ O consequencialismo se refere à descrição de teorias éticas que são usadas para avaliar o valor moral das consequências da ação dos indivíduos (WARBURTON, 2007).

Uma das vantagens do utilitarismo quando comparado a outras teorias éticas é que a ética utilitarista consegue incluir os animais no domínio das considerações morais. Tendo em vista que os animais são seres capazes de sentir dor e prazer, é necessário incluir o seu bem-estar na avaliação do valor moral das ações dos sujeitos. Mesmo que os animais não sejam diretamente atingidos por determinada ação, o fato de seu possível sofrimento interferir na felicidade dos sujeitos que defendem os direitos dos animais permite que o seu bem-estar seja considerado indiretamente na avaliação dos valores morais da ação (WARBURTON, 2007).

Finalmente, a ética deontológica, ou ética Kantiana, que foi defendida principalmente por Immanuel Kant, está baseada na avaliação moral da ação, e não nas suas consequências. Kant estava interessado em saber o que era uma ação moral, logo para ele uma ação moral deveria ser realizada no sentido do dever e não apenas baseada em sentimentos ou possíveis benefícios que essa ação poderia trazer para o indivíduo que a executou (WARBURTON, 2007).

Kant acreditava que as ações dos indivíduos deveriam ser analisadas de acordo com o imperativo categórico, que tem várias versões, sendo que uma das versões afirma que cada sujeito deve agir baseado na máxima de considerar cada indivíduo como um fim em si mesmo, nunca como um meio. “Esta é outra forma de dizer que não devemos usar as outras pessoas e que devemos, ao invés, reconhecer a sua humanidade: o facto de serem pessoas com arbítrios e desejos próprios” (WARBURTON, 2007, p. 81).

Por outro lado, a segunda perspectiva, baseada na ontologia moral, contempla os seres que devem ser considerados pela ação, pois as teorias éticas não contemplam, por si só, os seres envolvidos que devemos considerar quando emitimos um juízo ético sobre as nossas ações. Dessa maneira, iremos apresentar três grandes tendências que são: o antropocentrismo, o biocentrismo e ecocentrismo (FELIPE, 2009; CONRADO, 2017; CONRADO; NUNES-NETO, 2018;).

3.5.1 As três grandes vertentes da ontologia moral

O antropocentrismo acredita que só os seres humanos são dignos de considerações morais e que, dessa forma, apenas as ações que atingem os homens e mulheres merecem uma avaliação moral. Isso implica que as vantagens e benefícios que os homens e mulheres conseguem através dos ecossistemas são importantes quando fomentam o bem-estar desses indivíduos, apenas (CONRADO, 2017; CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

Já a vertente biocêntrica defende que seres humanos e não-humanos são dignos de consideração moral. Esses seres vivos possuem a mesma importância que homens e mulheres. Desse modo, a vida e o bem-estar de todos os organismos vivos são extremamente importantes e devem ser respeitados e preservados, o que significa que o ser humano tem uma obrigação moral para com os outros seres vivos (CONRADO, 2017; CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Além disso, o biocentrismo pode ser visto como uma ampliação da ética animal, pois ele considera que os animais e as plantas têm valor próprio. Assim como outros organismos vivos que possuem interesse na vida, no bem-estar e no desenvolvimento são, também, dignos de consideração moral pelos seres humanos (BECKET, 2004; VAZ; DELFINO, 2010 apud CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

Por fim, a ética ecocêntrica defende que as considerações morais sejam ampliadas para atingir entidades ambientais coletivas, espécies e ecossistemas e até componentes abióticos. Desse modo, é considerado moralmente errada qualquer ação humana que interfira no equilíbrio, na integridade e na preservação dos ecossistemas, “pois a realização ou manutenção do bem-estar dessas entidades ambientais coletivas possui relevância; em outras palavras, elas possuem um bem ou valor intrínseco” (CONRADO; NUNES-NETO, 2018, p. 105).

Para a elaboração da sequência didática nos baseamos na perspectiva freireana, na educação CTSA e nas dimensões CPA dos conteúdos científicos. Consideramos, também, os principais resultados da revisão de literatura, como a pequena quantidade de trabalhos que utilizaram questões éticas nas suas propostas, a ausência da promoção de ações sociopolíticas nos trabalhos analisados, e por fim, levamos em conta também os pressupostos teórico-metodológicos da pesquisa de design educacional.

CAPÍTULO 4

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Apresentamos nesse trabalho uma proposta de ensino baseada no uso didático de uma QSC sobre energia nuclear fundamentada nos pressupostos teórico-metodológicos da pesquisa de design educacional (PLOMP, 2009) e na teoria crítica e libertadora de Paulo Freire (FREIRE, 2017a).

Na teoria crítica, a pesquisa em ensino é considerada um ato político, pois é necessário desenvolver a consciência e superar as relações de opressão da educação bancária, das desigualdades sociais, da ciência, da tecnologia, de ideologias e de práticas sociais (BOURDIEU, 2007; LASTORIA et al., 2013; FREIRE, 2017a), rumo à humanização e à transformação social por homens e mulheres mediatizados pelo mundo e pelo diálogo (FREIRE, 2017a).

A pedagogia crítica de Paulo Freire defende que a finalidade do ensino de ciências é preparar os estudantes para transformar a realidade política e social do mundo, no qual estão inseridos, e superar as condições de opressão, em direção à emancipação dos homens e mulheres (SANTOS, 2009). Logo, o ensino de ciências precisa considerar e explorar temas que sejam relevantes para os alunos, que estejam dentro do seu contexto, pois os contextos e as histórias de vida são indissociáveis dos sujeitos, que, por meio do diálogo entre educador e educandos, podem alcançar a emancipação e se envolverem em lutas políticas e culturais.

Por isso, esse trabalho está baseado no uso didático de uma QSC sobre energia nuclear, pois além de explorar o conhecimento científico e ético da questão ainda aborda o tema dentro do contexto dos estudantes. Embora exista um amplo entendimento da educação como direito universal, o conhecimento científico ainda é acessível a poucas pessoas e, por conseguinte, os temas da FMC são muito poucos explorados no ensino de Física. Dessa maneira, julgamos que uma forma inovadora de trabalhar a FMC é através da proposta de ensino com base em QSCs, pois contempla o conhecimento científico, questões éticas, políticas, sociais, entre outras.

Além disso, os estudantes precisam desenvolver a consciência sobre as dimensões e impactos do conhecimento científico e tecnológico na sociedade, no

meio ambiente, na economia, para se envolverem nos debates científicos, políticos, culturais e sociais.

A pedagogia libertadora e problematizadora de Paulo Freire apresenta uma concepção crítica do processo de ensino e aprendizagem enquanto processo de emancipação política e de ação transformadora do mundo. Essas concepções são desejadas para o ensino de Física do nível médio.

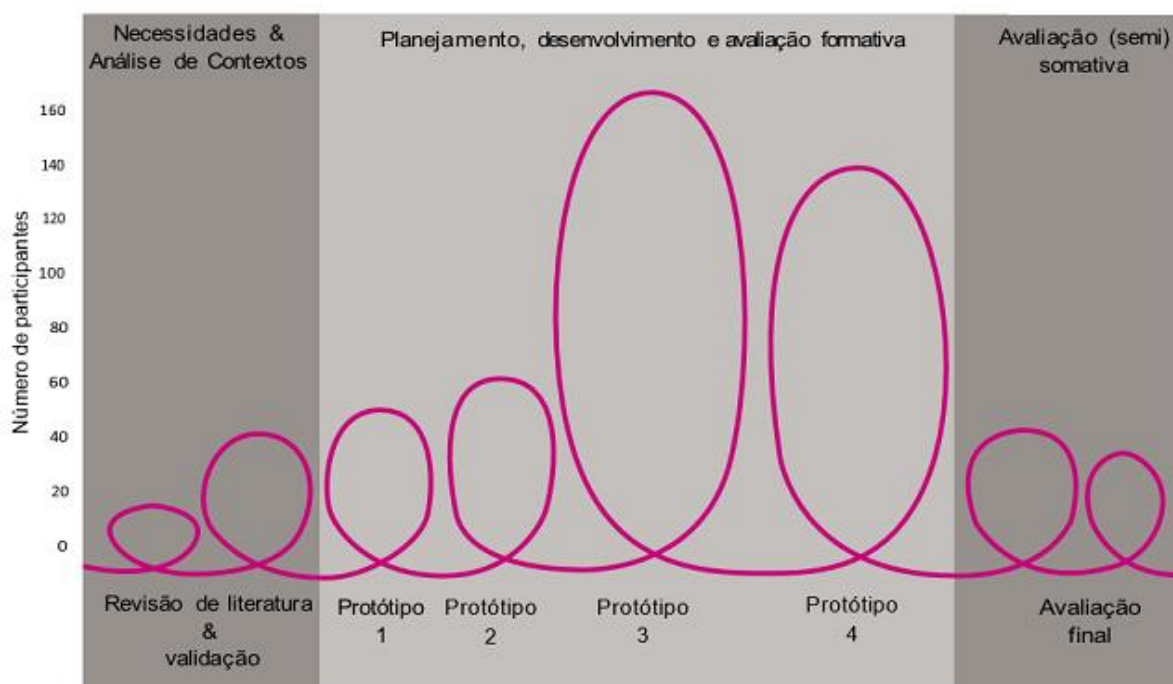
Ademais, as pesquisas que são fundamentadas nos pressupostos da pesquisa de design educacional buscam preencher as lacunas e limitações do ensino tradicional, implicando, assim, na produção de conhecimentos mais consistentes direcionados ao processo educativo. Essas pesquisas oferecem apoio para o planejamento e melhoria da prática pedagógica do professor e para a aprendizagem do educador e educandos, pois leva em consideração os contextos reais de ensino e de aprendizagem (CONRADO, 2017). A pesquisa de design educacional é uma abordagem de pesquisa que é necessariamente colaborativa, pois requer uma constante interação e colaboração entre os professores-pesquisadores nos diferentes momentos da investigação (MAZZARDO *et al.*, 2016; MATTA; SILVA; BOAVENTURA, 2014).

A pesquisa de design educacional é caracterizada pela investigação a fundo do contexto da pesquisa e de uma revisão de literatura sobre o tema de pesquisa, que resulta na construção, aplicação empírica, avaliação e aperfeiçoamento de intervenções educacionais que visam preencher lacunas e limitações, bem como solucionar problemas complexos da prática pedagógica (BAUMGARTNER *et al.*, 2003; PLOMP, 2009).

Essa abordagem de pesquisa é desenvolvida a partir do planejamento, aplicação e avaliação de vários protótipos, que são aperfeiçoados através de um processo cíclico constituído de três fases: (i) fase preliminar – é a investigação dos problemas e necessidades do contexto real de ensino e aprendizagem, seguida e complementada por uma revisão de literatura que fornece as lacunas e potencialidades de uma determinada linha de pesquisa, permitindo, assim, a construção dos princípios de design. Os princípios de design são as hipóteses consideradas como possíveis soluções para o problema educacional encontrado na fase preliminar e orientam a elaboração do primeiro protótipo a ser aplicado e testado empiricamente num contexto específico de ensino e aprendizagem. (ii) Fase

de prototipagem – é a aplicação empírica da intervenção de ensino, ou seja, é o teste dos princípios de design. São feitas várias aplicações dos protótipos e cada aplicação é representada por um ciclo de pesquisa, em que o número de participantes aumenta em cada ciclo de aplicação. (iii) Fase avaliativa – é constituída pela avaliação formativa dos sucessivos protótipos depois de aplicados no contexto de ensino ao final de ciclo e também pela avaliação semissomativa. Essa é a fase mais importante da pesquisa, pois é a partir dela que são analisadas as limitações da intervenção para poder chegar ao aperfeiçoamento do protótipo no fim de cada ciclo de intervenção e atingir os objetivos propostos na pesquisa (ver Figura 2) (SANTOS, 2017).

Figura 2- Processo cíclico de desenvolvimento da pesquisa de design educacional.



Fonte: Santos (2017, p. 24).

A aplicação dos protótipos aperfeiçoados em cada ciclo deve ser realizada até que seja alcançada a saturação e os resultados possam ser generalizados analiticamente (BARBOSA; OLIVEIRA, 2015). Dessa maneira, depois da obtenção desse protótipo final é realizada, ainda na fase (iii), uma avaliação semissomativa, que é mais geral e considera todas as características da pesquisa e incorpora as avaliações formativas, para analisar “como” e “por que” a intervenção de ensino atingiu aos objetivos planejados. Por outro lado, caso as fases (ii) e (iii) não

apresentem os resultados esperados, são oferecidas orientações e construídas hipóteses para o aperfeiçoamento da intervenção em novos ciclos (SANTOS, 2017).

A intervenção, um dos produtos finais da *design*, poderá ser utilizada integralmente ou de forma adaptada em outros contextos específicos por outros profissionais nas suas estratégias de ensino; o conhecimento adquirido no processo da pesquisa poderá também ser utilizado como aporte teórico para fundamentar outras intervenções (SANTOS, 2017, p. 25).

A pesquisa de design educacional é também conhecida como estudo de desenvolvimento. Desse modo, o estudo de desenvolvimento está embasado numa gama de conhecimentos multidisciplinares que são produzidos a partir da elaboração e aplicações de teorias, sequências didáticas, material instrucional, programas de computador, entre outros que podem ser utilizados na educação (BARAB; SQUIRE, 2004). Nessa pesquisa, nós pretendemos construir e validar por pares uma sequência didática por meio do uso didático de QSC e FMC sob a perspectiva freireana, nas aulas de Física do ensino médio. As características e o aperfeiçoamento da sequência didática vislumbram o melhoramento das habilidades de tomada de posição e do desenvolvimento de ações sociopolíticas dos alunos do ensino médio do IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro. Logo, a sequência didática conta, principalmente, com a utilização de um caso¹⁸ sobre uma QSC de energia nuclear, que possui questões norteadoras.

As questões orientadoras¹⁹ foram desenvolvidas a partir do caso da QSC para melhorar e organizar a prática pedagógica do professor no momento em que a intervenção for aplicada na sala de aula. Então, cada encontro tem uma ou mais questões norteadoras que estão relacionadas com os objetivos de cada encontro.

Desse modo, os princípios de *design* que orientam a sequência didática dessa pesquisa são os princípios substantivos e procedimentais. Os princípios substantivos estão associados às características fundamentais da intervenção e

¹⁸ “O uso de casos consiste no emprego de narrativas sobre indivíduos enfrentando decisões ou dilemas. Na aplicação deste método os alunos são incentivados a se familiarizar com os personagens e circunstâncias mencionados em um caso de modo a compreender os fatos e os valores nele presentes, com o intuito de solucioná-lo” (BRITO; SÁ, 2010, p. 507).

¹⁹ As questões norteadoras podem ajudar a mobilizar determinadas características dos temas sociocientíficos presentes no caso. Estas são, simplesmente, questões, claramente colocadas como perguntas sobre o caso (e/ou sobre aspectos globais que podem estar instanciados no caso) que demandarão, dos estudantes, ações condizentes com os objetivos de aprendizagem previamente definidos (CONRADO; NUNES-NETO, 2018, p. 90).

forneem contribuiões científicas - teorias de intervenão. Os princípios procedimentais se configuram como um suporte metodológico à intervenão, pois eles estão relacionados ao conjunto de atividades que são consideradas mais promissoras. Isso implica em contribuiões para aprimorar a intervenão, oferecendo, assim, importantes contribuiões para a prática educacional (PLOMP, 2009).

Logo, o princípio substantivo proposto como solução para os problemas identificados na fase preliminar dessa pesquisa, é:

- 1) A abordagem da FMC por meio do uso didático de QSC associada aos pressupostos da perspectiva freireana e da educação CTSA pode se configurar em uma inovação para o desenvolvimento de tomada de posição e de ações sociopolíticas por meio da mobilização do conhecimento científico e ético, no ensino de Física no nível médio.

Esse princípio está apoiado pelos seguintes princípios procedimentais:

- 1) Utilização de textos, documentários, reportagens, entre outros recursos que apresentam a natureza controversa da utilização da energia nuclear;
- 2) Diálogo entre os alunos e entre alunos e professores sobre a temática, tomando como referência o contexto local;
- 3) Discussão sobre os conhecimentos científicos que a QSC envolve com base nas dimensões CPA;
- 4) Discussão sobre as questões éticas que a QSC envolve;
- 4) Realização de debates em grupos para a tomada de posição sobre a proposta de implantação ou não da usina nuclear na região do Rio São Francisco.
- 5) Desenvolvimento de ações sociopolíticas.

Esses princípios de design nortearam o planejamento do primeiro protótipo da intervenão – a sequência didática. Nesta pesquisa de mestrado, focamos na elaboração de maneira colaborativa e na validação por pares de uma sequência didática, que será testada empiricamente em um outro momento.

4.1 Pesquisa colaborativa

A pesquisa de design educacional é uma abordagem de pesquisa predominantemente colaborativa, pois exige ampla interação e colaboração entre os pesquisadores universitários e os professores-pesquisadores, da educação básica e/ou universitários, nos diferentes momentos da investigação (MAZZARDO *et al.*, 2016; MATTA; SILVA; BOAVENTURA, 2014). É importante que, tanto o pesquisador universitário como os professores da educação básica e/ou universitários tenham amplo direito à fala e contribuam no processo democrático de tomada de decisões nas diferentes etapas da pesquisa.

O trabalho colaborativo agrega uma diversidade de indivíduos e conhecimentos que pode fornecer contribuições relevantes para a elaboração da prática pedagógica e para o desenvolvimento da pesquisa educacional, fornecendo trocas de experiências dialógicas, suporte teórico, metodológico e afetivo para a construção de inovações educacionais, tendo na devida consideração o saber do pesquisador universitário, do professor e o contexto da sala de aula. O modelo de pesquisa colaborativa é defendido por muitos pesquisadores que destacam o ambiente escolar como um espaço para pesquisa e para produção de conhecimentos. Desse modo, é importante que a escola tenha uma participação ativa na pesquisa educacional, na qual deve atuar com uma perspectiva crítica. (ANDRÉ, 2001; EL-HANI; GRECA, 2011; GUIMARÃES, *et al.*, 2018).

Além disso, a pesquisa colaborativa tem sido considerada como um caminho para diminuir a lacuna entre a pesquisa e a prática e para promover a qualidade da pesquisa educacional e o desenvolvimento profissional docente (EL-HANI; GRECA, 2011). De acordo com Guimarães e colaboradores (2018), a lacuna entre a pesquisa e a prática, pode ser compreendida como a dificuldade que os professores tem em utilizar os conhecimentos e avanços produzidos pela pesquisa educacional. Desse modo, a pesquisa colaborativa pode fazer com que o conhecimento acadêmico chegue às escolas por meio da constante interação entre pesquisador universitário e professores da educação básica, os professores da educação básica podem disseminar esse conhecimento para os outros membros do ambiente escolar, “transformando a escola num espaço privilegiado de produção de conhecimento” (GUIMARÃES, *et al.*, 2018, p. 402).

Diante da importância que alguns pesquisadores apresentam sobre a pesquisa colaborativa e pela pesquisa de design educacional ser predominantemente colaborativa, resolvemos elaborar uma Sequência didática de maneira colaborativa junto com o professor de Física do IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro e a orientadora desta dissertação, pois como afirma Paulo Freire (2017a) o conhecimento dever ser produzido pelos sujeitos que constituem o ambiente escolar, de modo a promover a formação cidadã.

O professor colaborador dessa pesquisa é formado em Licenciatura em Física, possui mestrado e doutorado em Física da Matéria Condensada e atualmente é professor de Física em turmas do ensino médio integrado, educação de jovens e adultos e na licenciatura em Física no IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro.

A colaboração para o desenvolvimento dessa pesquisa ocorreu por meio de discussões formais e informais, sobre a proposta de implantação de uma usina nuclear em Itacuruba, dentro do IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro. No desenvolvimento do trabalho colaborativo foram realizados alguns encontros para organizar as etapas da nossa pesquisa e aproximar o professor colaborador das abordagens teóricas que fornecem suporte ao nosso trabalho, como: O uso didático de QSCs, a inserção da FMC no ensino de Física no nível médio, a perspectiva freireana, a abordagem CTSA, as dimensões CPA dos conteúdos e os pressupostos teórico-metodológicos da pesquisa de design educacional.

A partir daí elaboramos de maneira colaborativa a sequência didática dessa pesquisa e depois submetemos ela ao processo de validação por pares.

4.2 A importância do processo de validação em uma pesquisa

Santos e Greca (2013) verificaram, a partir de uma revisão de literatura feita entre 2000-2009 sobre a análise das metodologias e instrumentos utilizados nas pesquisas latino-americanas, que grande parte dos pesquisadores em ensino de ciências, principalmente os que adotam métodos qualitativos, parecem não realizar a validação interna de suas propostas, ou se é realizada a validação, ela não é mencionada nos seus trabalhos publicados. De acordo com as autoras, a falta

de discussão explícita do processo de validação no trabalho enfraquece os resultados da pesquisa. Desse modo, as pesquisas qualitativas analisadas por Santos e Greca (2013) apresentam problemas com relação à fidedignidade, que comprometem a sua credibilidade.

De acordo com a literatura, os debates sobre o rigor das pesquisas estão direcionados para a questão de validade interna, pois é necessário superar essa fragilidade, sobretudo no que se refere à adequação dos objetivos de pesquisa, do referencial teórico, dos métodos de coleta de dados, dos instrumentos e da análise de dados (SHAFFER; SERLIN, 2004; GOLAFSHANI, 2003).

A validade interna está relacionada com o fato de que múltiplos pesquisadores estabelecem concordância quanto aos processos e métodos adotados em um mesmo estudo. Isso implica que a validade corresponde à adequação dos instrumentos de coleta de dados em relação aos objetivos propostos pelos estudos. Essa validação interna pode ser verificada pelos pares. Dessa maneira, a validação por pares de um instrumento ou de uma intervenção busca estabelecer uma validade holística para a intervenção e/ou instrumento, eximindo, assim, a pesquisa de caminhos e resultados equivocados, aumentando, assim, a coerência interna da pesquisa. Esse processo de validação pelos pares, que se configura uma produção coletiva de conhecimento, atribui relevância e confiabilidade à pesquisa.

O conceito de validade das pesquisas científicas originou-se por meio de métodos quantitativos. Assim, “a validade é a extensão em que uma medida representa corretamente o conceito do estudo, ou seja, o grau em que a medida está livre de qualquer erro” (OLLAIK; ZILLER, 2012, p. 231). Nas pesquisas quantitativas, a validade está relacionada com a objetividade, pois permite a repetição do instrumento por outros indivíduos e a pesquisa pode ser generalizada. Em pesquisas qualitativas a validade assume perspectivas diferentes. A validade se propõe a apresentar os indicadores de uma pesquisa bem feita, fidedigna, a coerência entre os elementos de uma pesquisa, por exemplo, a coerência entre instrumentos de investigação, o referencial teórico e os objetivos da pesquisa (OLLAIK; ZILLER, 2012) e, e ao invés de generalizar, almeja a possibilidade de extrapolar para situações com realidades semelhantes (GOLAFSHANI, 2003; OLLAIK; ZILLER, 2012). Assim, [...] “a validade em pesquisas qualitativas parece

ser, assim, mais ampla e pormenorizada, embora menos mensurável” (OLLAIK; ZILLER, 2012, p. 238).

A validade pode ser entendida também com uma relação entre a pesquisa e o contexto da pesquisa (BIANCHI; IKEDA, 2008), pois é importante considerar e conhecer a realidade em que a pesquisa será desenvolvida para elaborar os critérios que a intervenção deve possuir, assim como os aspectos teóricos e metodológicos mais adequados à pesquisa e, a partir daí, obter uma validade coerente com o contexto.

Nesta pesquisa de mestrado, assim como sugerido por Moreira (2016) e Paiva et al. (2017) analisamos a validade de uma teoria de ensino ou de aprendizagem, a partir de estudos de intervenções educacionais, como defendido por Plomp (2009). Nós realizamos esta validação antes dela ser implementada aos alunos em sala de aula, mas esse tipo de validação também pode ser realizado a partir dos resultados da intervenção no contexto educacional. Nesses casos, a validade está relacionada ao alcance dos objetivos, seja de aprendizagem ou de ensino, a que a intervenção se propõe. Sendo assim, a validação das intervenções e dos instrumentos para a coleta de dados é extremamente importante para as pesquisas educacionais, pois oferece um maior rigor e confiabilidade.

A validação por pares é a análise realizada por profissionais da área. No caso desta pesquisa, nossos pares são os professores de Física do IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro, docentes que trabalham com QSC no ensino de ciências e professores que cursaram a disciplina Questões Sociocientíficas e Argumentação no Ensino de Ciências, oferecida pelo PPGEFHC. A falta dessa validação pode influenciar na qualidade da pesquisa e do ensino. O ato de validar por pares é muito importante para o rigor das pesquisas, pois as contribuições sugeridas na sequência didática são extremamente importantes para o aperfeiçoamento e aumento da coerência da intervenção (PAIVA et al., 2017; MOREIRA, 2016), para que os objetivos de aprendizagem adotados na pesquisa estejam alinhados o máximo possível, futuramente, com as aprendizagens decorrentes da intervenção.

4.3 Metodologia de análise dos baremas

O barema para validação por pares foi planejado e discutido de forma colaborativa junto com o professor de Física do IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro e a orientadora desta dissertação. O barema contém a seguinte estrutura: (1) o convite expondo a importância do processo de validação da sequência didática; (2) os objetivos da pesquisa; (3) uma breve descrição do referencial teórico da pesquisa e das dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais do conteúdo; (4) o caso da QSC e as questões orientadoras; (5) orientações de como realizar a avaliação da sequência didática; (6) uma tabela composta por objetivos, questões orientadoras, atividades e materiais didáticos propostos para cada aula para que os pares possuíssem condições de avaliar e julgar a nossa sequência didática.

Na primeira coluna da tabela do barema (ver Apêndice A) estabelecemos o número de aulas. Na segunda coluna, expomos os objetivos de ensino para cada aula e estabelecemos as questões orientadoras em algumas aulas. Na terceira coluna, determinamos os objetivos de aprendizagem de acordo com as dimensões, conceituais procedimentais e atitudinais do conteúdo (CPA). Na quarta coluna, identificamos as atividades e materiais didáticos propostos para cada aula de acordo com os objetivos de ensino e de aprendizagem e as questões orientadoras. Na quinta coluna, solicitamos aos pares que julgassem se os objetivos de ensino, as questões orientadoras e os objetivos de aprendizagem (CPA) estavam de acordo com as atividades e materiais propostos. Na sexta e última coluna, disponibilizamos um espaço para os pares realizarem críticas, justificativas e/ou sugestões. Nessa coluna, os avaliadores poderiam sugerir mudanças quando julgavam que as atividades e materiais não estavam adequados aos objetivos e questões orientadoras, assim como sugerir alterações nas atividades, objetivos e questões orientadoras. Ao final do barema, disponibilizamos um espaço para os pares realizarem comentários gerais relacionados a qualquer aspecto da sequência didática, inclusive sobre o caso da questão sociocientífica, sobre o questionário para o levantamento das concepções prévias dos estudantes (Apêndice B) e sobre uma atividade lúdica sobre decaimento radioativo e meia vida, proposta por Carvalho e Oliveira (2017) (Anexo A).

Para determinar a validade da sequência didática, os dados coletados através dos baremas foram tratados por meio de uma análise qualitativa. Primeiramente realizamos uma análise descritiva para identificar o nível de concordância dos membros que avaliaram a sequência didática quanto aos objetivos e atividades propostas, e quanto ao caso e as questões orientadoras apresentadas no barema de validação. Em seguida, analisamos também as sugestões e/ou comentários feitos no barema pelos membros que avaliaram a intervenção. Dessa maneira, a partir das compreensões e interpretações das avaliações dos pares, estabelecemos a validade da nossa intervenção.

A validação da intervenção consistiu em analisar se a sequência didática oferece condições para que os objetivos de ensino e aprendizagem sejam atingidos. Para tanto, as atividades e materiais propostos têm que estar em ressonância com as questões orientadoras e com os objetivos de ensino e de aprendizagem estabelecidos na intervenção.

O caso da QSC foi elaborado a partir de uma breve reportagem exibida pela mídia local sobre a possível construção de uma central nuclear no sertão pernambucano; do artigo de Solbes (2013), que apresenta posições contrárias à utilização da energia nuclear e, também, das opiniões de alguns moradores registradas em uma manifestação sobre a implementação da usina nuclear na região. Esse caso tem como objetivo orientar os estudantes para que os objetivos da sequência didática sejam atendidos.

CAPÍTULO 5

A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A fase preliminar dessa pesquisa começou com a análise do contexto onde a pesquisa será implementada e foi complementada com uma revisão de literatura sobre o uso didático de QSCs no ensino médio. Essa investigação nos permitiu construir os princípios de design desse estudo. Identificamos a partir da revisão sistemática de literatura que as QSCs que são trabalhadas dentro do contexto histórico-social dos estudantes apresentam resultados significativos. Além disso, o ensino de Física, no nível médio, trabalha muito pouco com a utilização de propostas de ensino com base em QSCs, bem como com temas da FMC. Assim, resolvemos unir essas duas propostas de ensino, pois acreditamos que o ensino da FMC por meio do uso didático de QSCs dentro das perspectivas crítica freireana e da educação CTSA, é uma abordagem promissora e inovadora para o ensino de Física. Essa abordagem pode ajudar os alunos a desenvolverem habilidades de tomada de posição, compreenderem o conteúdo científico e desenvolverem ações sociopolíticas, entre outros.

Desse modo, o objetivo desse trabalho foi elaborar de maneira colaborativa e validar por pares uma sequência didática com base em uma QSC sobre energia nuclear dentro da perspectiva freireana e da educação CTSA, com um potencial de promover o desenvolvimento de ações sociopolíticas e tomada de posição pelos estudantes do ensino médio do IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro, através da mobilização dos conteúdos científico e ético envolvidos na QSC.

Logo, as nossas hipóteses para alcançar esse objetivo estão baseadas nos seguintes princípios de *design*:

- (1) A abordagem da FMC por meio do uso didático de QSC associada aos pressupostos da perspectiva freireana e da educação CTSA pode se configurar em uma inovação para o desenvolvimento de tomada de posição e de ações sociopolíticas por meio da mobilização do conhecimento científico e ético, no ensino de Física no nível médio. Essa proposta didática pode permitir que os estudantes se envolvam no debate sobre o tema controverso energia nuclear, amplamente discutido atualmente, por meio de a) textos,

documentários, reportagens, entre outros recursos que apresentam opiniões diferentes sobre a utilização da energia nuclear, pois consideramos que quando os estudantes têm conhecimento sobre a natureza controversa do tema eles têm mais informações para embasar a sua tomada de posição e desenvolver ações sociopolíticas a respeito do tema; b) diálogo entre os alunos e entre alunos e professor, pois segundo Freire (2017a) a educação problematizadora “funda-se justamente na relação dialógico-dialética entre educador e educando: ambos aprendem juntos” (p. 69). A libertação acontece por meio de uma educação que desenvolve a consciência e a humanização nos educandos e educadores, possibilitando a superação da opressão, da domesticação e da adaptação; c) a exploração do conhecimento científico precisa estar acessível e dentro do contexto dos estudantes por meio de uma constante interação dialógica entre professor e estudantes e contemplando as dimensões CPA, de modo a promover uma formação mais integral dos sujeitos.

Desse modo, segundo Zabala (1998) uma sequência didática é um conjunto de atividades bem organizadas, que estão planejadas e articuladas para alcançar os objetivos de ensino e aprendizagem propostos na intervenção. Além disso, para explicitar a intencionalidade das ações propostas, os professores e alunos precisam conhecer o início, o meio e o fim da sequência didática. Logo, a sequência didática dessa pesquisa foi construída para ser validada por pares, e futuramente ser aplicada no ensino de Física do nível médio no IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro.

5.1 Resultado e discussão do processo de validação pelos pares

Por questões éticas nós preservamos a identidade dos avaliadores da sequência didática, sendo assim utilizaremos nomes fictícios para representar a opinião de cada um dos avaliadores da nossa intervenção. Recebemos um total de quinze baremas avaliados pelos pares.

A partir da análise da avaliação dos pares foi possível perceber que o caso da QSC (ver Apêndice A) não apresenta um equilíbrio entre os pontos positivos e negativos com relação à construção da usina nuclear, pois do jeito que ele está

elaborado pode tendenciar o posicionamento dos estudantes, conforme afirmam o avaliador João e as avaliadoras Carol, Maria, Fátima e Júlia:

João: *“Faltou aqui (no caso) uma simetria entre os pontos de vista. Há uma elaboração muito maior das opiniões contrárias do que as opiniões a favor. Em um caso envolvendo QSC é interessante que haja esse equilíbrio para que, de fato, o aluno esteja sendo estimulado a tomar livremente seus posicionamentos”.*

Carol: *“[...] Seria interessante que o caso apresentasse pontos de vistas dos diferentes atores envolvidos no problema, para dar ênfase que se trata de uma questão controversa e que a resposta é aberta. Além disso, fornecer a possibilidade do estudante confrontar o discurso hegemônico com o contra hegemônico.”*

Maria: *“[...] Vocês perguntam o que os alunos acham da implementação, mas dão muito uma direção para esta resposta, apontando muitos pontos negativos para a usina [...]. O caso não pode se posicionar, e sim trazer dados. O aluno que deve se posicionar. Da maneira que está vocês estão dando a resposta aos alunos. E são eles que devem pensar, pesquisar, ir atrás e formular uma conclusão ao problema imposto pelo caso.”*

Fátima: *“(O caso) está desbalanceado, já apontando desvantagens que os estudantes poderiam buscar, questionar e discutir. Aqui (no caso) se fornece uma informação pronta para o estudante aceitar”.*

Júlia: *“Penso que o caso não tem equilíbrio entre os aspectos positivos e negativos relacionados à implantação da usina. Ou seja, será que o caso não está tendencioso na medida em que dá um maior peso às questões negativas relacionadas à implantação e funcionamento de uma usina nuclear? Um bom caso sobre uma QSC não pode ser tendencioso. Ele precisa ser imparcial e deixar o estudante livre para ele decidir qual posição tomar diante da controvérsia”.*

Por meio dessa análise identificamos uma falha no caso da nossa sequência didática que poderia comprometer a qualidade da nossa pesquisa. Entretanto, a validação por pares nos permitiu corrigir esse problema para que a nossa sequência didática se torne válida e confiável.

Ademais, a avaliadora Maria sugeriu que o caso estava demasiadamente longo: *“Achei o caso muito extenso. O caso deve ser mais sucinto para uma leitura em sala de aula, em geral, e ser mais breve. A meu ver, um caso longo e com tantas informações pode dispersar os estudantes e não motivá-los. Eu sugiro diminuir o*

caso”. A partir de uma análise muito cuidadosa dessa sugestão, decidimos manter o tamanho do caso, pois as informações presentes nele são indispensáveis para o envolvimento dos estudantes e o desenvolvimento pleno da intervenção. Além disso, de acordo com Herreid (1998), o caso deve ser longo o suficiente para introduzir os dados, as circunstâncias, o contexto, mas não tão longo, que provoque uma análise tediosa, que acreditamos não ser o caso desta intervenção.

Em seguida, realizamos a análise da avaliação feita pelos pares com relação à adequação dos objetivos e questões orientadoras às atividades e materiais didáticos propostos em cada aula.

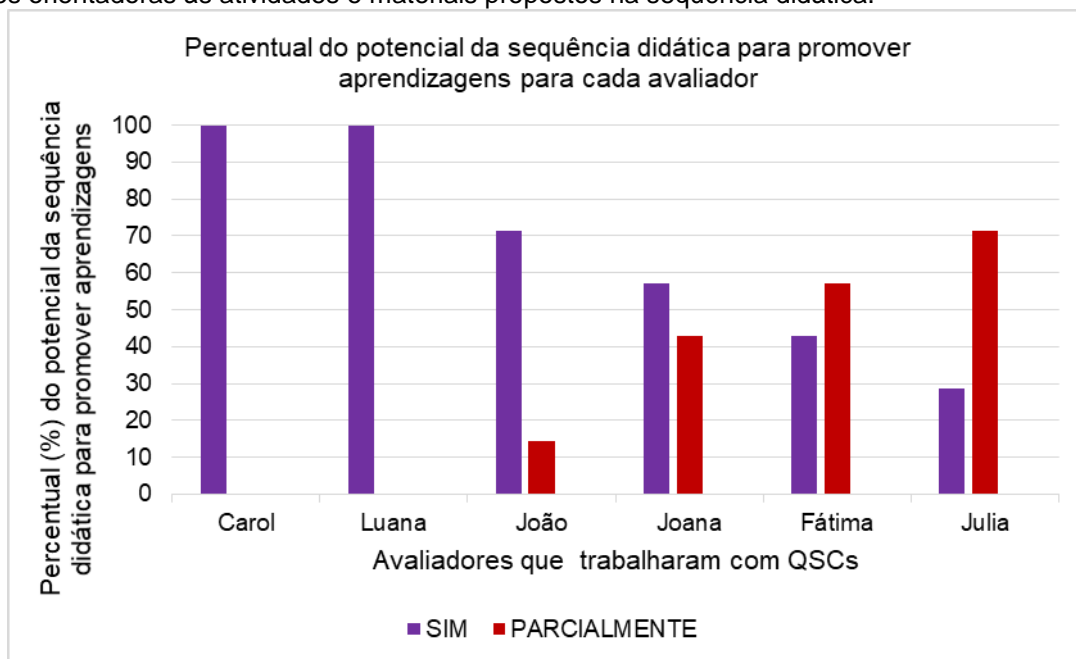
Os Gráficos 4 e 5 evidenciam essa correspondência. No eixo da abscissa, para cada um dos avaliadores, temos a opção SIM que indica que os objetivos e as questões orientadoras estão em conformidade com as atividades e materiais apresentados, PARCIALMENTE indica que os objetivos de ensino, ou os objetivos de aprendizagem, ou as questões orientadoras não estão de acordo com as atividades e os materiais propostos. No eixo das ordenadas temos o percentual de adequação dos objetivos e questões orientadoras à intervenção didática.

O Gráfico 4 representa a avaliação dos pares que já desenvolveram ou desenvolvem algum trabalho com QSCs ou que cursaram a disciplina Questões Sociocientíficas e Argumentação no Ensino de Ciências. É importante enfatizar que para esta análise foi excluído um barema, pois a avaliadora não conseguiu interpretar o que estávamos perguntando na tabela do barema, pois ela afirmou que não tinha como avaliar se os objetivos e as questões orientadoras estavam de acordo com as atividade e materiais propostos, em apenas uma coluna, por se tratar de questionamentos diferentes. Entretanto, se ela considerasse, por exemplo, nas aulas 1 e 2, que os objetivos de ensino e as questões orientadoras estavam de acordo com as atividade e materiais propostos, mas os objetivos de aprendizagem não, era só marcar a opção parcialmente e na coluna de críticas, justificativas e/ou sugestões inserir uma recomendação do que seria ideal para os objetivos de aprendizagem.

A partir da análise do Gráfico 4, é possível perceber que Carol e Luana consideraram que todas os objetivos e questões orientadoras estavam em acordo com as suas respectivas atividades e materiais propostos. Então, para elas a nossa

intervenção tem um grande potencial para atingir tanto os objetivos de ensino como os objetivos de aprendizagem.

Gráfico 4- Avaliação dos pares experientes com QSCs sobre a adequação dos objetivos e questões orientadoras às atividades e materiais propostos na sequência didática.



Fonte: Dados de pesquisa.

João e Joana consideraram que alguns objetivos ou questões orientadoras estavam parcialmente adequados às suas respectivas aulas. É possível verificar, no Gráfico 4, que o percentual referente a João não corresponde aos 100%, sendo que isso ocorreu porque ele esqueceu de assinalar a opinião dele sobre as aulas 12 e 13.

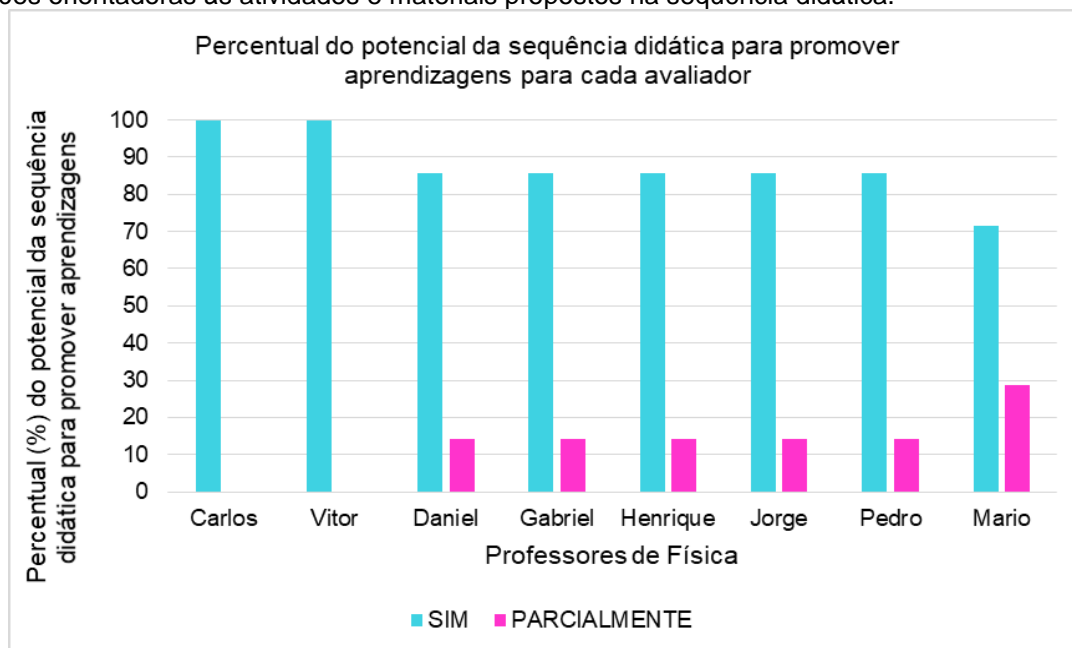
Por outro lado, Fátima e Júlia consideraram que a maioria dos objetivos de ensino e questões orientadoras estavam parcialmente adequados às suas respectivas atividades e materiais propostos.

Em geral, podemos afirmar, por meio da análise da avaliação dos pares que trabalham ou trabalharam com QSCs, que a nossa sequência didática tem o potencial de promover os processos de ensino e aprendizagem, pois, como podemos verificar pelo Gráfico 4, nenhum dos avaliadores considerou que os objetivos e questões orientadoras não estavam de acordo com as aulas planejadas. A maioria considerou que os objetivos estavam adequados às suas respectivas aulas.

O Gráfico 5 representa a avaliação da intervenção pelos professores de Física do IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro. Pelo Gráfico 5, podemos notar que a avaliação que os professores de Física realizaram da nossa intervenção é muito parecida com a avaliação dos pares que têm experiência no trabalho com QSCs.

O diferencial é que o percentual PARCIALMENTE não sobressaiu sobre o percentual SIM, como ocorreu na análise da avaliação dos pares experientes no trabalho com QSCs. Isso implica que todos os professores de Física avaliaram a nossa intervenção apropriada para promover aprendizagens.

Gráfico 5- Avaliação dos professores de Física sobre a adequação dos objetivos e questões orientadoras às atividades e materiais propostos na sequência didática.



Fonte: Dados da pesquisa

Carlos e Vitor consideram que a sequência didática tem um grande potencial de promover os processos de ensino e aprendizagem, pois eles consideraram que todos os objetivos e todas as questões orientadoras estavam em acordo com as suas respectivas aulas planejadas. Daniel, Gabriel, Henrique, Jorge, Pedro e Mario identificaram alguns objetivos ou questões orientadoras que estavam parcialmente de acordo com as suas respectivas atividades e materiais propostos.

Os resultados das avaliações, tanto dos pares experientes no trabalho com QSCs como dos pares professores de Física do IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro, indicaram que a maioria dos objetivos e questões orientadoras

correspondem completamente às atividades e materiais propostos. Entretanto, o que torna a intervenção didática válida não é apenas esse resultado. Temos dois aspectos que validam a sequência didática para aplicação no contexto de ensino: 1) A vasta avaliação positiva da intervenção didática; 2) A análise rigorosa para cada crítica, comentários, sugestões e/ou justificativas, feita pelos pares, com o intuito de aperfeiçoar a sequência didática.

A partir de agora faremos uma análise criteriosa do aspecto 2 para cada aula da sequência didática de modo a aperfeiçoá-la.

Algumas questões foram consideradas problemáticas na sequência didática, como, por exemplo, a ausência do tempo para cada aula, a ausência de um objetivo geral para a sequência didática, a ausência da apresentação da intervenção didática aos alunos, conforme afirma a professora Julia: *“Quantos tempo tem cada aula? É importante explicitar isso. É importante que no primeiro momento a SD (sequência didática) seja apresentada para os alunos, a fim de que eles tenham conhecimento dos objetivos da SD e todas as atividades e tarefas que serão realizadas”. [...] Senti falta também de um objetivo geral para a SD no final do instrumento de validação [...], para que pudéssemos avaliar se as atividades propostas estão de acordo com esse objetivo. Penso que seria importante para o seu trabalho*”. Essas sugestões foram acatadas na reelaboração da sequência didática.

Outros problemas foram identificados, como a falta de questões orientadoras em algumas aulas, a quantidade de aulas da intervenção, pois a professora Julia se mostrou preocupada com a dificuldade de reprodução dessa sequência didática em contextos de ensino similares por causa da grande quantidade de aulas. Entendemos a preocupação desta avaliadora, pois infelizmente a educação brasileira é muito conteudista e talvez a aplicação desta intervenção em alguns casos seja inviável, inclusive para o professor Jorge: *“No meu caso, por exemplo, tal proposta seria de difícil aplicação, uma vez que para realizá-la eu precisaria disponibilizar um mês de aulas [...]. E, infelizmente, no paradigma conteudista de ensino que estamos inseridos, o professor por vezes é obrigado a seguir o currículo proposto, sem muita flexibilidade para propostas inovadoras. Sendo assim, para a aplicação prática da proposta eu tentaria reduzir apenas o número de aulas necessárias para a realização da mesma*. Hodson (2013) alerta para esse tipo de dificuldade que o professor pode encontrar ao tentar trabalhar com QSCs em sala de

aula. Acreditamos que a emancipação e a formação integral dos estudantes está além da quantidade de conteúdo que é trabalhado nas escolas, pois a abordagem ampla que defendemos, por meio das dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos conteúdos, baseada na perspectiva crítica freireana e na educação CTSA, tem plenas condições de promover tanto uma formação acadêmica como uma formação de cidadãos ativos e empoderados, preparados para enfrentar os dilemas da sua realidade de maneira coletiva. Além disso, não é possível, mesmo dentro do paradigma conteudista, trabalhar com os conteúdos referentes a energia nuclear, de maneira ampla e profunda, em menos de um mês. Então, duas possíveis sugestões que temos para o caso de haver dificuldade em alguma instituição com relação à aplicação desta intervenção didática é que seja planejado um curso de curta duração para que os alunos interessados possam se matricular ou que seja adotada uma abordagem interdisciplinar entre os professores de Física, Química e Biologia, pois o número de disciplinas em que a proposta será apresentada é maior, sendo possível distribuir o número de aula em cada uma das disciplina, de modo que não comprometa o calendário de um professor apenas.

Por outro lado, tivemos um número muito grande de avaliações positivas sobre a sequência didática, pois para os avaliadores a sequência didática, no geral, estava muito bem planejada, a estrutura das aulas possibilitaria a discussão relativa à controvérsia da QSC, *“as atividades propostas e os recursos didáticos que serão usados, além de adequados, imagino que despertarão o interesse dos estudantes para a questão da energia nuclear, bem como para o processo de ensino e aprendizagem”*. *“Achei ótimo a maneira como está organizada a sequência didática. Talvez pela minha pouca experiência no assunto. De qualquer forma parece ótima e bem estruturada. Eu a utilizaria com muita satisfação em minhas aulas”*.

Listamos alguns pontos que foram sugeridos e aceitos de modo a aperfeiçoar a sequência didática, por exemplo, as recomendações de questões orientadoras feitas por Maria e Fátima, respectivamente:

Maria: *“O que é e como funciona uma usina nuclear?”*

Fátima: *“Há diferenças entre as informações veiculadas pelos meios de comunicação local e a internet? Quem são os envolvidos na proposta de implantação da usina nuclear? Quais os interesses de cada um dos grupos envolvidos? Quais ações podem reduzir o consumo geral de energia?”*

Com relação às sugestões de Maria, decidimos dividi-las em duas perguntas, pois são questionamentos distintos. No caso das perguntas de Fátima achamos bem pertinente inseri-las na nossa sequência didática, pois elas permitem que os estudantes reflitam sobre as informações distintas e até mesmo conflitantes sobre a construção de usinas nucleares, bem como sobre os interesses envolvidos nas informações veiculadas pelos meios de comunicação de massa. Além disso, essas questões fornecem condições para o planejamento de discussões sobre as questões morais e éticas envolvidas na QSC, pois os estudantes juntamente com o professor têm condições de debater sobre as éticas antropocêntrica, biocêntrica e utilitarista envolvidas na QSC.

O professor Vitor também sugeriu questões orientadoras para as aulas 1 e 2: *“Existem impactos sociais, econômicos e ambientais que podem estar correlacionados à implantação de usinas hidroelétricas na região? Quais as vantagens e desvantagens da utilização desse tipo de energia? O aumento do consumo de energia elétrica ou a diminuição do seu fornecimento podem trazer algum tipo de impacto para a região? A energia nuclear pode ser usada como uma alternativa à produção de energia elétrica na região?”*

Alguns avaliadores recomendaram descrever com mais detalhes as aulas 1 e 2, onde a pesquisa será realizada, se é em casa ou na instituição. A professora Joana ainda questionou se havia um local adequado na instituição para os alunos realizarem as pesquisas, como, por exemplo, laboratório de informática com internet. Consideramos todas estas sugestões pertinentes e resolvemos adotá-las para aperfeiçoar ainda mais a intervenção de ensino, mas não podemos inserir todas essas informações em uma tabela, pois a intenção de adotar a tabela é porque ela permite apresentar de forma sucinta o que pretendemos com cada objetivo, atividade e recurso didático proposto. Mais adiante, apresentaremos mais detalhes de todas as atividades propostas na intervenção didática, mas por hora continuaremos analisando as recomendações feitas pelos avaliadores.

A professora Carol aconselhou que fosse feita uma discussão direcionada para a reflexão da possível existência de outra forma de energia diferente da nuclear, que pudesse produzir energia suficiente para suprir as demandas energéticas da região, causando um impacto ambiental mínimo. Sobre essa sugestão podemos afirmar que a pesquisa que será realizada pelos alunos, nas

aulas 1 e 2 sobre a oferta, consumo e demanda de energia elétrica na região e a socialização desta pesquisa através dos seminários na aula 3 e 4, é justamente para eles tomarem consciência de que na região existem outras formas alternativas de energia, além da hidroelétrica, e tomarem conhecimento do quanto de energia é fornecido por essas fontes alternativas e o quanto é consumido pelas residências e pelas empresas e, a partir daí, irem obtendo suporte para a tomada de posição e o desenvolvimento de ação sociopolítica sobre a QSC no final da intervenção.

Fátima sugeriu que o debate sobre a oferta, consumo e demanda de energia elétrica na região deveria evidenciar que a produção de energia não é para abastecer a região apenas, essa produção de energia também é canalizada para setores e locais de maior consumo. Para contemplar essa recomendação decidimos inserir as seguintes questões orientadoras: Qual a quantidade de energia que é gerada pelas hidrelétricas e pelas fontes alternativas de energia, como a eólica e a solar, na região? Qual é a quantidade de energia consumida pelas residências e pelas empresas? Para onde é direcionada a maior parte da energia gerada pelas hidroelétricas e parques eólicos da região? Além disso, Fátima sugeriu que sejam discutidas as diferenças entre consumo energético nas capitais e periferias e nos diferentes estados brasileiros. Entretanto, nós consideramos que este tipo de discussão pode se tornar muito ampla e superficial, além de correr o risco de tirar o foco do aluno nas aulas. Por isso, decidimos não acatar essa última sugestão.

Outra sugestão que resolvemos adicionar na intervenção didática foi dada por Jorge, na qual ele afirma que: *“Acho interessante, para enriquecer o debate acerca da questão proposta, que também sejam apresentadas aos estudantes fontes que defendam a implementação da usina nuclear, de forma a criar um contraponto com as fontes que são contra a utilização da energia nuclear. [...] Considero a apresentação equilibrada desses pontos antagônicos importantes para a verdadeira discussão crítica proposta”*. Carol também mencionou a importância de adotar texto com informações diferentes para que os estudantes possam alcançar os seguintes objetivos de aprendizagem atitudinais: *“Ponderar diferentes pontos de vista; Propor seus próprios pontos de vista e argumentos; Posicionar-se acerca de valores sociais e ambientais; Colaborar nas discussões em grupo”*.

Além disso, Fátima sugeriu, e nós aceitamos, que antes da abordagem do antropocentrismo é interessante discutir questões sobre a consideração moral entre

os humanos, pois como ela afirma: “[...] os estudantes perceberão que a raiz de se beneficiar uns poucos e prejudicar muitos é a desconsideração moral desses muitos. Isso ocorre quando um grupo se considera superior ao(s) outro(s) e por isso se acha merecedor de mais privilégios do que outros grupos humanos. Ela também sugeriu que os aspectos éticos que a QSC envolve fossem discutidos a partir de uma tabela contendo cada grupo envolvido na proposta de implantação da usina nuclear na região (empresários, governo, mídia, população em geral, próximas gerações, animais não-humanos, vegetação e ecossistema) e o que cada grupo ganha e/ou perde com a implementação deste empreendimento.

Por fim, aderimos às recomendações do avaliador Vitor em utilizar simulação computacional para trabalhar com a dimensão conceitual dos conteúdos. Essas simulações podem ser encontradas no site: <https://phet.colorado.edu>, bem como do avaliador Jorge em adotar alguns textos do livro “Vozes de Tchernóbil” da escritora ucraniana Svetlana Aleksiévitich, que retrata o acidente da usina nuclear de Chernobyl.

Vale destacar que houve também algumas sugestões que não foram incluídas na sequência didática, por exemplo, a inserção de mais conteúdos que alguns avaliadores julgaram relevantes para serem abordados, como os relacionados às teorias éticas: deontológica e a das virtudes, e alguns conteúdos referentes a energia nuclear, como explicitar a diferença entre radiação ionizante e radiação não ionizante, apresentar aspectos históricos sobre a descoberta da radioatividade, mostrar a utilização da energia nuclear para fins bélicos e na medicina. Julgamos importantes essas sugestões, entretanto, se resolvêssemos aderir a essas sugestões teríamos que aumentar ainda mais o número de aulas, e por questões de respeito ao tempo e ao cronograma escolar, não é possível aumentar a quantidade de aulas para inserir esses conteúdos. Além disso, alguns avaliadores sugeriram utilizar o acidente com Césio 137 que ocorreu em Goiânia, mas resolvemos não acatar essa recomendação, pois a nossa intenção é focar nos acidentes com usinas nucleares.

Podemos afirmar que o processo de validação por pares foi muito importante para fornecer um maior rigor para a intervenção didática, pois as alterações realizadas na sequência didática contribuíram muito para o aperfeiçoamento da mesma, assim como para o aumento da coerência interna. A partir da validação

pelos pares realizamos ajustes: no caso, em alguns objetivos de ensino e de aprendizagem, nas questões orientadoras, nas atividades e nos materiais didáticos propostos. Dessa maneira, apresentamos a seguir o caso da sequência didática, as questões orientadoras e a tabela 3 contendo os objetivos de ensino e aprendizagem, as questões orientadoras e as atividade e materiais didáticos propostos, reformulados a partir da avaliação dos pares.

Reelaboramos o caso de modo a envolver em seu contexto questões sociais, ambientais, econômicas e éticas, com o intuito de estimular a capacidade de tomada de posição dos alunos e o desenvolvimento de ações sociopolíticas, diante dos problemas de seu contexto e de como eles justificam os seus posicionamentos e as suas ações. Além disso, reelaboramos o caso da sequência didática com base nas recomendações de Herreid (1998), nas quais um bom caso deve: narrar uma história que não tenha um fim, pois é preciso haver uma questão a ser resolvida; despertar o interesse dos estudantes; ser atual; provocar empatia com os personagens; incluir diálogos entre os envolvidos; ser relevante para o estudante; provocar conflito; exigir um posicionamento do leitor, entre outros.

O caso dessa sequência didática foi reconstruído através de informações reais, que foram retiradas de uma reportagem exibida pela mídia local, de uma apostila da Comissão Nacional de Energia Nuclear, de uma manifestação realizada pelos moradores da região do sertão pernambucano e do artigo de Solbes (2013). A discussão retratada no caso é ficção e os personagens representados no caso têm nomes fictícios.

Desse modo, a sequência validada é o nosso primeiro protótipo da intervenção educacional e tem como objetivo promover a tomada de posição e o desenvolvimento de ações sociopolíticas por meio da mobilização dos conteúdos científico e ético.

5.1.1 Sequência didática validada: primeiro protótipo da intervenção educacional

Caso: Itacuruba, cidade situada às margens do São Francisco no Sertão pernambucano, terá Usina Nuclear?

Em 2013, o nordeste brasileiro sediou, pela primeira vez, a maior conferência de energia nuclear da América Latina, a qual reuniu os presidentes de todas as estatais do Brasil ligadas ao setor, no centro de convenções na cidade de Olinda-PE.

O Plano Nacional de Energia (PNE), que subsidia o governo na formulação de sua estratégia para a expansão da oferta de energia, afirma que até 2030 serão construídas duas usinas nucleares no nordeste brasileiro, sendo que uma delas deve ser construída no sertão de Pernambuco no município de Itacuruba. Esse município tem uma área de aproximadamente 430 km² e no último Censo do IBGE a cidade tinha cerca de 5000 habitantes.

A proposta de implementação da usina nuclear gerou discussões na cidade de Itacuruba e região, pois as pessoas não sabem ao certo os benefícios e os malefícios que podem ocorrer com a implantação dessa usina. Alguns apostam que a usina trará progresso para a região, outros se preocupam com questões sociais, culturais e ambientais.

Sendo assim, foi realizado um debate para discutir a proposta de implantação da usina nuclear. Participaram desse debate, políticos, representantes da Eletronuclear e da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), cientistas, ambientalistas, membros dos movimentos sociais e moradores da comunidade e região.

Nesse debate, Márcio Costa, coordenador regional da Eletronuclear, argumentou a favor da construção da usina nuclear: - Com a construção de uma usina nuclear, os impactos ambientais serão minimizados e o esgotamento da capacidade das hidroelétricas pode ser evitado. O momento atual é de desenvolver a substituição de hidroelétrica e também o acréscimo de energia, porque o Brasil, nesse

momento, está crescendo. Os riscos de energia nuclear são muito baixos e são controláveis. Isso significa que é muito difícil ter um acidente.

Por outro lado, o cientista e ambientalista André Castro discordou do posicionamento do coordenador da Eletronuclear afirmando que: - As usinas nucleares são menos poluentes quando elas estão operando normalmente, mas, em caso de acidentes nucleares, a emissão e contaminação radioativas causam grandes desastres ambientais e sociais. Além disso, o enriquecimento e o transporte do urânio requerem uma alta quantidade de energia, logo, o combustível dos transportes emite CO₂, a desmontagem da usina (que é lixo radioativo) e o transporte de resíduos também emitem CO₂. Sem contar que o urânio é um recurso não renovável e sua extração causa danos ambientais e sociais.

O debate entre os dois ficou acalorado até que o prefeito de Itacuruba, Manoel da Silva, decidiu se posicionar: - A implantação dessa usina nuclear vai auxiliar no desenvolvimento socioeconômico da região por meio da geração de emprego, pois a nossa região é marcada por grandes períodos de seca, o que compromete o desenvolvimento da agricultura, que é uma das fontes de emprego e de subsistência de muitas famílias.

Marcos Alves, coordenador do CNEN, complementa a fala do prefeito afirmando que: - Através da utilização da energia nuclear é possível aprimorar a agricultura da região, pois por meio do uso de traçadores radiativos²⁰ podemos acompanhar o metabolismo das plantas, verificando o que elas necessitam para se desenvolver, o que é sugado pelas raízes e pelas folhas e em que lugar um determinado elemento químico fica retido. A utilização de traçadores radioativos permite também que sejam desenvolvidos estudos sobre o comportamento dos insetos, como abelhas e formigas. Isso implica que esse estudo pode auxiliar no combate às pragas. Além disso, em prol de uma alimentação saudável e do meio ambiente, é possível determinar se um agrotóxico fica retido nos alimentos ou a quantidade que vai para o solo, para a água e para a atmosfera.

Entretanto, os membros dos movimentos sociais e moradores da cidade e região não estavam convencidos dos benefícios que a instalação dessa usina poderia trazer, conforme afirma a moradora Antônia dos Santos: - Devido à especulação em

²⁰ Radioisótopos que, utilizados em quantidades ínfimas, podem ser observados por detectores de radiação (CNEN).

torno da implantação dessa usina e pela experiência que já tivemos com outras obras, como a transposição do Rio São Francisco, a Ferrovia Transnordestina e a construção da Hidroelétrica de Itaparica, nós temos receios de sermos expulsos das nossas terras, nós tememos pelo Rio São Francisco e por tantas vidas que dependem dele. Além disso, o emprego oferecido por essas grandes obras é temporário, depois que a obra acaba permanecemos desempregados.

Depois da fala da moradora Antônia instalou-se um burburinho e o debate teve que ser encerrado. Dessa maneira, podemos perceber que o debate sobre a proposta de implantação da usina nuclear não teve um consenso entre as pessoas que estavam presentes.

Levando-se em consideração a possibilidade de desenvolvimento socioeconômico advindo da implantação dessa usina, além da opinião da população sobre os possíveis efeitos dessa implantação sobre o ecossistema da região, qual a posição de vocês sobre a proposta de implantação dessa usina nuclear na região?

Questões orientadoras

Visando promover um maior aprofundamento dos temas envolvidos no caso, utilizaremos as questões orientadoras para serem discutidas nas aulas durante o desenvolvimento da sequência didática:

- 1) Existem impactos sociais, econômicos e ambientais que podem estar correlacionados à implantação de usinas hidroelétricas na região?
- 2) Quais as vantagens e desvantagens da utilização desse tipo de energia?
- 3) O aumento do consumo de energia elétrica ou a diminuição do seu fornecimento podem trazer algum tipo de impacto para a região?
- 4) A energia nuclear pode ser usada como uma alternativa à produção de energia elétrica na região?
- 5) Qual a quantidade de energia que é gerada pelas hidrelétricas e pelas fontes alternativas de energias, como a eólica e a solar, na região?
- 6) Qual é a quantidade de energia consumida pelas residências e pelas empresas?

- 7) Para onde é direcionada a maior parte da energia gerada pelas hidroelétricas e parques eólicos da região?
- 8) Quais as fontes de energia que são mais viáveis para a região? E quais delas agredem menos o meio ambiente?
- 9) Quais as fontes de informação que vocês utilizaram para embasar o seminário?
- 10) Vocês consideram essas fontes confiáveis? Justifiquem.
- 11) Quem são os envolvidos na proposta de implantação da usina nuclear?
- 12) Quais os interesses de cada um dos grupos envolvidos?
- 13) A implantação dessa usina beneficiará o máximo de envolvidos? Todos serão igualmente beneficiados e prejudicados?
- 14) Há diferenças entre as informações veiculadas pelos meios de comunicação local e a internet? Justifique.
- 15) Quais os interesses envolvidos nas informações da reportagem exibida pela rede local de comunicação?
- 16) Quais as consequências econômicas, ambientais e sociais a curto, médio e longo prazos com a implantação da usina nuclear na região do São Francisco?
- 17) O que é radiação?
- 18) O que é radioatividade?
- 19) O que é contaminação radioativa?
- 20) O que é lixo radioativo?
- 21) Como é armazenado o lixo radioativo das usinas nucleares?
- 22) A dose de radiação emitida pela usina nuclear é menor do que a do ambiente?
- 23) As usinas nucleares podem ajudar a diminuir a emissão de CO₂ no mundo? Justifique.
- 24) O número de acidentes ligados às centrais é baixo e por isso é uma energia segura? Justifique.
- 25) Por que a região Nordeste foi escolhida na proposta de implantação de duas usinas nucleares até 2030?
- 26) Quais aspectos são analisados para escolher a localização das novas centrais nucleares?

- 27) Por que usar energia nuclear e não outras formas alternativas de energia, como a eólica e a solar?
- 28) Existe uma relação entre o aumento da demanda de energia nos grandes centros urbanos com a necessidade de instalação dessas duas usinas no Nordeste?
- 29) Quais ações podem reduzir o consumo geral de energia?

Tabela 3- Sequência didática validada pelos pares.

Aulas (cada aula tem 50 minutos)	Objetivos de ensino	Objetivos de aprendizagem (CPA) ²¹	Atividades e materiais propostos
1 e 2	<p>Apresentar a sequência didática aos alunos para que eles tenham ciência dos objetivos e de todas as atividades que serão realizadas.</p> <p>Realizar o levantamento das concepções prévias dos alunos sobre a utilização e a produção de energia elétrica; as fontes alternativas de energia; os recursos renováveis e não renováveis; a energia nuclear; a radiação e a radioatividade.</p> <p>Propor a realização de uma pesquisa, em grupo, sobre oferta, consumo e demanda de energia elétrica na região.</p> <p>Responder as questões orientadoras:</p> <p>1) Existem impactos sociais, econômicos e ambientais que podem estar correlacionados à implantação de usinas hidroelétricas na região?</p> <p>2) Quais as vantagens e desvantagens da utilização desse tipo de energia?</p> <p>3) O aumento do consumo de energia elétrica ou a diminuição do seu</p>	<p>(P1) Realizar pesquisas, elaborar tabelas e gráficos para conhecer e organizar informações sobre a oferta, consumo e demanda de energia elétrica na região.</p> <p>(P2) Aprimorar a habilidade de trabalhar em grupo.</p>	<p>Utilização de um questionário para coletar as concepções prévias dos alunos (O questionário se encontra no Apêndice B).</p> <p>O professor dividirá a turma em quatro grupos e solicitará que eles realizem uma pesquisa sobre a oferta, o consumo e a demanda de energia elétrica na região. O Grupo 1 – vai pesquisar sobre o consumo e a demanda de energia elétrica na região; o Grupo 2 – pesquisará a oferta de energia pelas usinas hidroelétricas da região; o Grupo 3 – vai pesquisar sobre as fontes alternativas de energia utilizadas na região; o Grupo 4 – pesquisará quais são os setores que mais consomem a energia elétrica produzida na região.</p> <p>As informações coletadas nesse levantamento bibliográfico serão socializadas através das apresentações dos grupos e discussões na próxima aula.</p>

²¹ (CPA) Dimensões Conceituais, Procedimentais e Atitudinais do conteúdo. **C1**, representa o conteúdo conceitual 1; **P1**, representa o conteúdo procedimental 1; **A1**, representa o conteúdo atitudinal 1 e assim por diante.

	<p>fornecimento podem trazer algum tipo de impacto para a região?</p> <p>4) A energia nuclear pode ser usada como uma alternativa à produção de energia elétrica na região?</p>		
3 e 4	<p>Realizar uma discussão crítica e reflexiva sobre o consumo, oferta e demanda de energia na região.</p> <p>Propor aos estudantes a leitura de textos científicos que possuem pontos de vista diferentes sobre a utilização da energia nuclear.</p> <p>Responder as questões orientadoras:</p> <p>5) Qual a quantidade de energia que é gerada pelas hidrelétricas e pelas fontes alternativas de energias, como a eólica e a solar, na região?</p> <p>6) Qual é a quantidade de energia consumida pelas residências e pelas empresas?</p> <p>7) Para onde é direcionada a maior parte da energia gerada pelas hidroelétricas e parques eólicos da região?</p> <p>8) Quais as fontes de energia que são mais viáveis para a região? E quais</p>	<p>(P3) Apresentar seminários para socializar as informações entre os grupos.</p> <p>(P4) Avaliar a credibilidade das fontes de informações levando em consideração os interesses subjacentes.</p> <p>(A1) Tomar consciência mais geral sobre geração, consumo e demanda da energia elétrica na região a partir da socialização entre os grupos.</p> <p>(P5) Ler e interpretar os textos “Nucleares e Antinucleares” e “A Energia Nuclear como Estratégia Solucionadora para Salvar o Planeta Terra”.</p>	<p>Apresentação de seminários pelos grupos de alunos e a mediação do professor nas discussões sobre a temática.</p> <p>O professor provocará os alunos para que eles avaliem a credibilidade das informações e das fontes que eles utilizaram para dar suporte as apresentações dos seminários.</p> <p>O professor irá reforçar a importância dos alunos conhecerem a demanda, o consumo e a oferta de energia da região para que eles tenham consciência de que a energia elétrica consumida pelas residências é muito pequena quando comparada ao consumo de grandes empresas.</p> <p>No final dessas aulas será fornecido para os estudantes lerem em casa, o trecho “Nucleares e Antinucleares” adaptado do artigo de Solbes (2013)²², no qual ele apresenta argumentos contrários à instalação de uma usina nuclear e o texto “A Energia Nuclear como Estratégia Solucionadora para Salvar o Planeta Terra” de Paula et al. (2008)²³ que apresenta argumentos favoráveis à utilização de energia nuclear. Esses textos serão discutidos na próxima aula.</p>

²² SOLBES, J. Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (ii): ejemplos. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 10, n. 3, p. 148-158, 2013. Disponível em <http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/15113/3-408_Solbes.pdf?sequence=7>. Acesso em: 23 maio 2017.

²³ PAULA, R. M. ; MORAES, M. B. ; PANHOCA, P. D. L. ; VALADÃO, A. F. C. . A Energia Nuclear como estratégia solucionadora para salvar o planeta Terra. In: XII INIC, VIII EPG E II INIC Jr, São José /SP, 2008.

	<p>delas agridem menos o meio ambiente?</p> <p>9) Quais as fontes de informações que vocês utilizaram para embasar o seminário?</p> <p>10) Vocês consideram essas fontes confiáveis? Justifiquem.</p>		
5 e 6	<p>Discutir sobre os textos fornecidos nas aulas passadas.</p> <p>Apresentar o caso da QSC e a reportagem exibida pela mídia local sobre a implantação da usina nuclear.</p> <p>Apresentar os aspectos éticos que a QSC envolve.</p> <p>Propor a leitura de um texto científico que apresenta muitos conceitos importantes sobre a energia nuclear.</p> <p>Responder as questões orientadoras:</p> <p>11) Quem são os envolvidos na proposta de implantação da usina nuclear?</p> <p>12) Quais os interesses de cada um dos grupos envolvidos?</p> <p>13) A implantação dessa usina beneficiará o máximo de envolvidos? Todos serão igualmente beneficiados e prejudicados?</p> <p>14) Há diferenças entre as</p>	<p>(A2) Tomar consciência do conflito que existe na comunidade científica e na mídia sobre os benefícios e malefícios da utilização da energia nuclear.</p> <p>(A3) Tomar consciência sobre a implantação da usina nuclear na região do São Francisco.</p> <p>(A4) Ponderar diferentes pontos de vista.</p> <p>(A5) Propor seus próprios pontos de vista.</p> <p>(A6) Posicionar-se acerca de valores sociais e ambientais.</p> <p>(A7) Colaborar nas discussões em grupo.</p> <p>(C1) Compreender conceitos e princípios relacionados à ética, como o consequencialismo utilitarista, antropocentrismo e</p>	<p>Nessas aulas serão apresentados aos estudantes o caso da QSC e a reportagem exibida pela mídia. Em seguida, o professor irá analisar, juntamente com os alunos, os interesses que estão por trás das informações apresentadas na reportagem. Enfatizar, também, a importância dos estudantes conhecerem e saberem discernir quais fontes de informações são mais confiáveis, a validade das informações mencionadas e pesar os méritos de alternativas rivais. Por isso, será realizada uma discussão crítica dos textos “A Energia Nuclear como Estratégia Solucionadora para Salvar o Planeta Terra” de Paula et al. (2008) e Nucleares e Antinucleares adaptado do artigo de Solbes (2013) e, analisar como os estudantes lidam com informações contrárias sobre o uso da energia nuclear e, finalmente, motivá-los a construir os seus próprios pontos de vista a partir dessas informações.</p> <p>No segundo momento, em uma aula expositiva e dialogada, serão discutidas algumas questões sobre consideração moral entre os humanos para que os estudantes percebam que, quando poucos indivíduos se beneficiarem em detrimento de muitos sujeitos, ocorre a desconsideração moral desses muitos. Realizaremos, também, uma discussão explícita sobre os aspectos morais que a QSC envolve, como o antropocentrismo que prioriza as necessidades exclusivamente humanas e econômicas, na construção</p>

	<p>informações veiculadas pelos meios de comunicação local e a internet? Justifique.</p> <p>15) Quais os interesses envolvidos nas informações da reportagem exibida pela rede local de comunicação?</p> <p>16) Quais as consequências econômicas, ambientais e sociais à curto, médio e à longo prazo com a implantação da usina nuclear na região do São Francisco?</p>	<p>biocentrismo.</p> <p>(P6) Desenvolver, ampliar e mobilizar conhecimentos éticos e científicos para resolução de problemas.</p> <p>(A8) Refletir sobre as questões éticas e morais envolvidas na proposta de implantação da usina.</p> <p>(A9) Compreender e refletir sobre os interesses que estão envolvidos na reportagem da mídia local.</p> <p>(P7) Ler e interpretar o texto científico intitulado “O que é irradiação? E contaminação radioativa? Vamos esclarecer?”</p>	<p>desse empreendimento, e desconsidera os efeitos da construção dessa usina nuclear sobre os animais, a caatinga e o rio.</p> <p>Desse modo, o professor enfatizará que os aspectos da moral biocêntrica precisam ser considerados na proposta de implantação da central nuclear, uma vez que o Homem, os animais terrestres e aquáticos e a vegetação serão diretamente atingidos pela construção dessa usina. Além disso, é necessário abordar a teoria ética utilitarista, pois é preciso analisar as consequências dessa ação à curto, médio e longo prazo, e se ela beneficiará o máximo possível de indivíduos envolvidos. Os aspectos morais que a QSC envolve serão discutidos por meio de uma tabela composta por cada grupo envolvido na construção da usina nuclear (empresários, governo, mídia, população em geral, próximas gerações, animais não-humanos, vegetação e ecossistema); e o que cada grupo ganha e/ou perde.</p> <p>No final dessa aula, será recomendado pelo professor que os alunos leiam (em casa) o texto científico intitulado “O que é irradiação? E contaminação radioativa? Vamos esclarecer?”²⁴ Esse texto científico apresenta vários conceitos Físicos que serão importantes para os alunos, tais como, a diferença entre irradiação e contaminação radioativa, radiação (alfa, beta e gama), contaminação radioativa, entre outros, além de esclarecer alguns conceitos Físicos que são distorcidos pela mídia quando há acidentes que envolve materiais radioativos.</p>
7 e 8	Discutir os principais aspectos do texto “O que é irradiação? E contaminação	(P8) Discutir o texto proposto pelo professor.	O professor da turma irá provocar e mediar uma breve discussão sobre o texto científico lido pelos alunos, com

²⁴ RODRIGUES JÚNIOR, A. A. O que é irradiação? E contaminação radioativa? Vamos esclarecer? **Revista A Física na Escola**, v. 8, n. 2, p. 40-43, 2007. Disponível em <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a11.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2018.

	<p>radioativa? Vamos esclarecer?”</p> <p>Iniciar a abordagem da dimensão conceitual dos conteúdos científicos que a QSC envolve.</p> <p>Discutir as questões orientadoras:</p> <p>17) O que é radiação? 18) O que é radioatividade? 19) O que é contaminação radioativa?</p>	<p>(A10) Colaborar nas discussões em grupo.</p> <p>(C2) Entender a diferença entre irradiação e contaminação radioativa.</p> <p>(C3) Compreender os principais conceitos que estão relacionado à geração de energia elétrica a partir da energia nuclear. Como, por exemplo, os tipos de radiação; o conceito de isótopos; e o decaimento radioativo.</p>	<p>intuito de enfatizar os principais aspectos apontados no texto que serão relevantes para o entendimento de alguns conceitos científicos relacionados ao tema.</p> <p>Aproveitando a ênfase dada ao conceito de radiação no artigo científico, o professor aprofundará esse conceito dando uma ênfase maior no decaimento radioativo, na liberação de radiação alfa, beta e gama que são emitidas por todos os elementos com número atômico (Z)²⁵ maior do que o do chumbo Z=82 e a comparação desses tipos de radiação com outros, como por exemplo, os raios X e a luz visível. Essa aula será dialogada, como sugestão de material, temos os livros Física Conceitual de Hewitt, (2015)²⁶; Física moderna: Experimental e aplicada de Chesman; André; Macêdo (2004)²⁷.</p> <p>Além disso, será apresentado o conceito de Isótopos a partir do livro didático de Química de Feltre (2009)²⁸; dos métodos de obtenção e características de alguns radioisótopos, como o Cobalto-60, Tecnécio-99, Flúor-18, Iodo-131, Irídio-192, Carbono-11 e do Césio-137 a partir do livro Aplicações da Energia Nuclear na Saúde elaborado por Carvalho e Oliveira (2017)²⁹.</p>
<p>9 e 10</p>	<p>Apresentar o decaimento radioativo e a meia vida de alguns elementos que são utilizados como combustível nos</p>	<p>(C4) Compreender os principais conceitos que estão relacionados à geração de energia elétrica a partir</p>	<p>O conceito de meia vida e decaimento radioativo será estudado através de uma adaptação da atividade lúdica proposta no livro Aplicações da Energia Nuclear na Saúde</p>

²⁵ O número atômico dos elementos químicos representa o número de prótons que existe no núcleo de um átomo.

²⁶ HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução Trieste Freire Ricci. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

²⁷ CHESMAN, C.; ANDRÉ, C.; MACÊDO, A. **Física Moderna**: experimental e aplicada. 2. ed. v. 1. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

²⁸ FELTRE, R. **Química**. 7. ed. São Paulo: Moderna, 2008.

²⁹ CARVALHO, R. P.; OLIVEIRA, S. M. V. **Aplicações da Energia Nuclear na Saúde**. São Paulo: SBPC; Viena: IAEA, 2017. Disponível em <<http://www.cnem.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/aplicacoes-energia-nuclear-na-saude.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2018.

	<p>reatores nucleares e de alguns elementos que são resíduos gerados pelo processo de fissão nuclear.</p> <p>Responder e discutir as questões orientadoras:</p> <p>20) O que é lixo radioativo? 21) Como é armazenado o lixo radioativo das usinas nucleares?</p>	<p>da energia nuclear. Tais como, decaimento radioativo e meia vida.</p> <p>(P9) Desenvolver a habilidade para resolver problemas conceituais e para correlacionar as analogias com o fenômeno natural.</p> <p>(P10) Construir gráficos que ilustrem o decaimento radioativo.</p> <p>(P11) Correlacionar a analogia com o fenômeno natural, construindo gráficos que ilustrem o decaimento radioativo e a meia vida de alguns elementos que são utilizados como combustíveis nas usinas nucleares.</p> <p>(C5) Compreender como são armazenados os lixos radioativos.</p> <p>(A11) Tomar consciência e refletir sobre as consequências que o lixo radiativo traz a curto, médio e longo prazos tanto economicamente como ambientalmente e</p>	<p>de Carvalho e Oliveira (2017), utilizando os seguintes materiais: M&M³⁰, dados, bandejas e cartolinas.</p> <p>Os alunos serão convidados a realizar a atividade experimental com o material fornecido. A partir da realização dessa atividade eles irão construir gráficos que ilustrem o número de partículas que decaíram em função do número de jogadas, além de determinar a meia vida dos dáditions³¹ e chocolátons³² (Os detalhes dessa atividade estão descritos no Anexo A).</p> <p>Serão solicitados aos alunos que eles estabeleçam uma relação entre a analogia da atividade experimental realizada com os dáditions e chocolátons e a utilização de alguns elementos como o Urânio-235, que é utilizado como combustível nos reatores nucleares; o Netúnio-237 e o Plutônio-239, que são resíduos gerados no processo de fissão nuclear.</p> <p>Os alunos deverão nessa correlação construir gráficos que ilustrem o decaimento radioativo do Urânio-235, Netúnio-237 e Plutônio-240, bem como determinar a meia vida desses elementos.</p> <p>A partir dessas atividades sobre decaimento radioativo serão discutidos o que é lixo radioativo e como eles são armazenados.</p>
--	---	--	--

³⁰ Bolinhas de chocolate.

³¹ Termo utilizado pelas autoras para transformar o objeto dado em partículas dáditions.

³² Termo utilizado pelas autoras para transformar o objeto Chocolate em partículas chocolátons.

		socialmente.	
11 e 12	<p>Abordar o conteúdo conceitual sobre Fissão Nuclear e funcionamento da usina nuclear na geração de energia elétrica.</p> <p>Discutir sobre os principais acidentes em usinas nucleares, como o de Chernobyl e Fukushima e o impacto social e ambiental causados por estes acidentes.</p> <p>Discutir a questão orientadora:</p> <p>22) A dose de radiação emitida pela usina nuclear é menor do que a do ambiente?</p>	<p>(C6) Compreender os principais conceitos que estão relacionado à geração de energia elétrica a partir da energia nuclear. Tais como, fissão nuclear; funcionamento da usina nuclear para a geração da energia elétrica.</p> <p>(A12) Tomar consciência sobre o processo de geração de energia elétrica nas usinas nucleares e o impacto dessa geração de energia no ambiente e na sociedade.</p> <p>(C7) Conhecer os impactos causados pelos acidentes nucleares e dos rejeitos radioativos sobre o meio ambiente e a</p>	<p>Aula dialogada sobre o processo de fissão nuclear e funcionamento da usina nuclear na geração de energia elétrica. Como material de apoio para essa aula serão utilizados os livros Física Conceitual de Hewitt (2015); Física moderna: Experimental e aplicada de Chesman; André; Macêdo, (2004); Aplicações da Energia Nuclear na Saúde Carvalho e Oliveira (2017), o material elaborado pela Casa da Ciência da UFRJ, CNEN e pelo Instituto Ciência Hoje (2010)³³, denominado “Quanta Energia” e simulação computacional sobre a fissão nuclear e o funcionamento da energia nuclear retirados do https://phet.colorado.edu.</p> <p>A discussão sobre os acidentes de Chernobyl e Fukushima será planejada a partir do livro “Vozes de Tchernóbil” de Aleksiévitich (2016)³⁴ e dos textos “O Desastre Nuclear de Fukushima e os seus Impactos no Enquadramento Midiático das Tecnologias de Fissão e Fusão Nuclear” de Schmidt, Horta e Pereira (2014)³⁵, “Os Desastres Ambientais Continuam: As Lições que a Usina Nuclear Fukushima</p>

³³ Casa da Ciência; Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da UFRJ; Comissão Nacional de Energia Nuclear; Instituto Ciência Hoje. **Quanta Energia**. Rio de Janeiro: UFRJ, Casa da Ciência, 2010. Disponível em <<http://www.cnen.gov.br/ultimas-noticias/75-cin/material-didatico-cnen/250-quanta-energia>>. Acesso em: 20 de maio 2018.

³⁴ ALEKSIÉVITCH, S. **Vozes de Tchernóbil**. Tradução Sônia Branco. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

³⁵ SCHMIDT, L.; HORTA, A.; PEREIRA, S. O Desastre Nuclear de Fukushima e os seus Impactos no Enquadramento Midiático das Tecnologias de Fissão e Fusão Nuclear. **Ambiente e Sociedade**, v. XVII, n. 4, p. 233-250, 2014. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v17n4/a17v17n4.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2018.

		<p>sociedade.</p> <p>(A13) Refletir sobre os principais acidentes que já ocorreram em usinas nucleares e as suas consequências sobre o meio ambiente e a sociedade.</p>	<p>Deveria ter Aprendido com o Acidente Nuclear Chernobyl” de Diniz e Vieira (2014)³⁶ e “Fukushima: Após um Ano do Acidente, Quais as Influências nos Meios: Físico, Biológico e Antropogênico?” de Santos e Souza (2013)³⁷.</p> <p>No final dessas aulas, será solicitado aos estudantes que leiam (em casa) o material fornecido pelo professor para no próximo encontro eles participarem de um grande debate. O material fornecido aos alunos será a apostila intitulada “Aplicação da Energia Nuclear” elaborado por Cardoso, Alves, Braz e Pestana³⁸. Essa apostila enfatiza várias aplicações da energia nuclear em diferentes áreas como, na medicina, na agricultura, na indústria e na datação por carbono 14.</p> <p>Além disso, serão fornecidos aos estudantes as opiniões dos moradores da região sobre a implantação dessa usina que estão disponíveis em blogs e sites, como por exemplo, o site do Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA) e o site Sindicato Químicos Unificados que publicaram uma matéria sobre uma manifestação realizada na região conhecida como Marcha das Águas³⁹ na qual os moradores de Itacuruba e região se apresentaram contra a</p>
--	--	--	--

³⁶ DINIZ, B. D.; VIEIRA, A. D. L. Os desastres ambientais continuam: as lições que a usina nuclear fukushima deveria ter aprendido com o acidente nuclear chernobyl. In: SOUZA, M. C. S. A; YOSHIDA, C. Y. M.; CAVALLAZZI, R. L. (Org.). **Os desastres ambientais continuam: as lições que a usina nuclear fukushima deveria ter aprendido com o acidente nuclear chernobyl**. Florianópolis: CONPEDI, 2014, v. 1, p. 258-281.

³⁷ SANTOS, P. N. C.; SOUZA, V. L. B. Fukushima: Após um Ano do Acidente, Quais as Influências nos Meios: Físico, Biológico e Antropogênico? **Cadernos de Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde Facipe**, Recife, v. 1, n. 1, p. 67-73, 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/Daiane%20Ribeiro/Downloads/1060-3299-2-PB.pdf>. Acesso em: 03 out. 2018.

³⁸ CARDOSO, E. M.; ALVES, I. P.; BRAZ, C.; Pestana, S. **Aplicação da Energia Nuclear**. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em <<http://www.cnem.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/aplicacoes-da-energia-nuclear.pdf>>. Acesso em: 20 de maio 2018.

³⁹ Para maiores informações consultar: Manifestação realizada pela população de Itacuruba e região contra a proposta de implantação da usina nuclear na região. Disponível em <<http://www.irpaa.org/noticias/457/marcha-das-aguas-lanca-carta-de-itacuruba>>; Manifestação contra usina nuclear mobiliza sertão de Pernambuco disponível em: <<http://www.quimicosunificados.com.br/6173/manifestacao-contra-usina-nuclear-mobiliza-sertao-de-pernambuco/>>.

			<p>proposta de implantação da usina nuclear na região.</p> <p>Será solicitado também que os alunos assistam (em casa) o documentário: O Desastre de Chernobyl da Discovery Channel⁴⁰ e o documentário sobre o acidente de Fukushima “Segundos Fatais Usina Nuclear de Fukushima”⁴¹.</p>
13 e 14	<p>Realizar uma simulação de uma audiência pública para estimular o debate e as reflexões para o desenvolvimento de ações sociopolíticas e para a tomada de posição dos estudantes sobre a proposta de implantação da usina nuclear na região.</p> <p>Responder as questões orientadoras:</p> <p>23) As usinas nucleares podem ajudar a diminuir a emissão de CO₂ no mundo? Justifique.</p> <p>24) O número de acidentes ligados às centrais é baixo e por isso é uma energia segura? Justifique.</p> <p>25) Por que a região Nordeste foi escolhida na proposta de implantação de duas usinas nucleares até 2030?</p> <p>26) Quais aspectos são analisados para escolher a localização das novas centrais nucleares?</p> <p>27) Por que usar energia nuclear e</p>	<p>(P12) Debater as questões éticas, sociais, ambientais, políticas, econômicas e científicas que a QSC envolve.</p> <p>(A14) Mobilizar os conhecimentos da área da filosofia moral e do conteúdo científico sobre energia nuclear que são relevantes para uma tomada de posição.</p> <p>(A15) Se envolver em ações sociopolíticas, como a produção de vídeos para serem publicados no <i>You Tube</i>, mobilizando o conteúdo científico estudado, bem como os valores éticos, morais, econômicos, sociais, ambientais e políticos na tomada de posição sobre a QSC.</p>	<p>A turma será dividida em quatro grupos diferentes, onde cada grupo representará um público para a realização de uma simulação de audiência pública sobre a proposta de implantação da usina nuclear:</p> <p>Grupo 1) Cidadãos que moram às margens do Rio São Francisco na cidade Itacuruba enfrentando uma situação que afetará a comunidade ribeirinha e o ecossistema. Esse primeiro grupo irá discutir os interesses dos cidadãos comuns e questões éticas, sociais e ambientais relacionadas ao tema;</p> <p>Grupo 2) Representantes da prefeitura da cidade que devem levar em consideração o crescimento da economia da cidade e regiões vizinhas e os interesses políticos. Esse grupo irá discutir questões econômicas, políticas e sociais;</p> <p>Grupo 3) Representantes da Eletronuclear e Cientistas. Esse grupo focará nos interesses políticos e econômicos.</p> <p>Grupo 4) Ambientalistas que devem levar em conta o impacto ambiental que a implantação dessa usina pode causar na região. Esse grupo defenderá o ecossistema e discutirá as questões éticas, sociais e ambientais relacionadas ao tema.</p> <p>Todos os grupos deverão responder as questões</p>

⁴⁰ Documentário O Desastre de Chernobyl da Discovery Channel. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=bv4AqZsfHs>>.

⁴¹ Documentário sobre o acidente de Fukushima “Segundos Fatais Usina Nuclear De Fukushima”. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=I9rKaKZcS6Q>>.

	<p>não outras formas alternativas de energia, como a eólica e a solar?</p> <p>28) Existe uma relação entre o aumento da demanda de energia nos grandes centros urbanos com a necessidade de instalação dessas duas usinas no Nordeste?</p> <p>29) Quais ações podem reduzir o consumo geral de energia?</p>		<p>orientadoras de acordo com o que estão defendendo.</p> <p>Ao final dessa audiência pública, os alunos deverão se posicionar se são contra ou a favor à construção da usina nuclear às margens do São Francisco e apresentar justificativas baseadas no conhecimento científico, ético e nas fontes que foram utilizadas ao longo da intervenção.</p> <p>Todas as discussões serão mediadas pelo professor.</p> <p>No final dessa aula, será solicitado aos alunos que eles produzam um vídeo para ser publicado no <i>You Tube</i> apontando os impactos sociais, ambientais, culturais, políticos econômicos e éticos na implantação da usina nuclear na região, bem como a tomada de posição da equipe frente a essa proposta depois de finalizada a audiência.</p>
--	---	--	--

5.1.2 Descrição das atividades proposta na sequência didática

Aulas 1 e 2 – No primeiro momento será apresentada a sequência didática aos alunos para que eles tenham ciência dos objetivos e de todas as atividades que serão realizadas. Em seguida, ocorrerá a aplicação de um questionário (ver apêndice B) para realizar o levantamento das concepções prévias dos alunos. Defendemos a sondagem das concepções prévias dos estudantes, pois de acordo com Freire (2017b) é importante reconhecer os saberes com que os alunos chegam à escola. O educador não pode ignorar, nem ridicularizar esses saberes.

Entretanto, o docente não pode legitimar as concepções dos alunos que estão relacionados ao senso comum, nem pode estabelecer o seu conhecimento como verdadeiro aos estudantes. Daí a importância de se estabelecer uma interação dialógica entre o professor e os estudantes, do incentivo à reflexão sobre o contexto histórico-social dos estudantes, pois tal reflexão pode revelar a necessidade de superar alguns saberes que muitas vezes se apresentam ineficientes para explicar os fatos (FREIRE, 2017b).

No segundo momento, para que os alunos possam realizar uma reflexão sobre o seu contexto social, o professor dividirá a turma em quatro grupos e solicitará que eles realizem uma pesquisa sobre a oferta, o consumo e a demanda de energia elétrica na região. O Grupo 1 – vai pesquisar sobre o consumo e a demanda de energia elétrica na região; o Grupo 2 – pesquisará a oferta de energia pelas usinas hidroelétricas da região; o Grupo 3 – vai pesquisar sobre as fontes alternativas de energia utilizadas na região; o Grupo 4 – pesquisará quais são os setores que mais consomem a energia elétrica produzida na região. O professor também solicitará que as informações coletadas pelos estudantes sejam organizadas em tabelas e gráficos a fim de organizar a apresentação dos seminários pelos alunos nas aulas 3 e 4. Em seguida, os estudantes serão conduzidos para o laboratório de informática para realizarem as pesquisas. Caso o tempo seja insuficiente para os alunos concluírem a pesquisa até o final dessas aulas, o professor solicitará que a pesquisa seja concluída em casa.

Dessa maneira, as aulas tradicionais ministradas pelos docentes cedem espaço para as atividades de pesquisa desenvolvidas pelos próprios alunos, para as atividades de discussão voltadas para a identificação e soluções de problemas, para

a tomada de decisões socialmente responsáveis e para uma participação ativa e emancipadas dos estudantes.

Aulas 3 e 4 – Nessas aulas as informações coletadas pelos quatro grupos, nas aulas 1 e 2, serão socializadas e discutidas através das apresentações dos seminários de cada grupo. Todas as discussões serão mediadas pelo professor.

Cada grupo deverá discutir e refletir criticamente sobre a demanda, o consumo e a oferta de energia produzida na região para que eles tenham consciência de que a energia elétrica consumida pelas residências é muito pequena quando comparada ao consumo de grandes empresas. Além disso, o professor reforçará a importância dos alunos conhecerem e avaliarem a confiabilidade das informações e das fontes que eles utilizaram para dar suporte às apresentações dos seminários. Essa avaliação pode ser feita por meio do conhecimento da autoria das fontes consultadas, dos interesses (particular, econômico, político, social, ambiental, entre outros) que estão por trás da informação, entre outros. De acordo com Hodson (2013), é importante que os estudantes saibam analisar criticamente as fontes de informações que utilizam para conseguirem: avaliar a validade e a confiabilidade de toda a informação usada, pesar os méritos de alternativas rivais, avaliar a consistência e inconsistência das informações e buscar resolver inconsistências por meio de informações adicionais.

Para Freire (2017a), a leitura e o debate crítico de revistas, capítulo de livro, de jornais se configuram como um recurso didático da educação problematizadora que visa contribuir com o desenvolvimento da leitura crítica pelos estudantes, como ele afirma:

Na linha do emprego destes recursos, parece-me indispensável a análise do conteúdo dos editoriais da imprensa, a propósito de um mesmo acontecimento. Por que razões os jornais se manifestam de forma diferente sobre um mesmo fato? Que o povo então desenvolva o seu espírito crítico para que, ao ler jornais ou ao ouvir o noticiário das emissoras de rádio, o faça não como mero paciente, como objetos dos “comunicados” que lhe prescrevem, mas como uma consciência que precisa libertar-se (p. 164).

Então, baseado nas ideias de Hodson (2013) e de Freire (2017a), os quais defendem a importância dos estudantes desenvolverem uma leitura crítica sobre as informações da mídia, da comunidade científica, entre outros, o professor fornecerá aos estudantes, no final desse encontro, textos científicos para serem lidos em casa,

os quais apresentam pontos de vista diferentes e conflitantes sobre a utilização da energia nuclear.

Aulas 5 e 6 – No primeiro momento será apresentado aos estudantes o caso da QSC e a reportagem exibida pela mídia local. Em seguida, ocorrerá a discussão sobre os textos fornecidos nas aulas anteriores, sobre o caso da QSC e sobre a reportagem da mídia local, a fim de verificar como os estudantes lidam com informações conflitantes sobre o mesmo tema e como eles avaliam as informações apresentadas por essas fontes. Consideramos que seja importante para o desenvolvimento de uma reflexão crítica a apresentação de fontes distintas que possuem informações diferentes sobre um mesmo assunto, pois, corroborando com Reis (2013), a educação científica formal enfatiza muito a ciência convencional que é bem estabelecida e confiável, entretanto, os temas científicos e/ou tecnológicos atuais apresentam uma ciência de fronteira, controversa, incerta e em debate. Então, quando os estudantes têm contato com as propostas de ensino baseadas em QSCs, eles têm contato com um novo tipo de ciência. Portanto, o professor precisa auxiliar os estudantes a compreender que o conhecimento científico pode, também, ser considerado incompleto, incerto e contestado.

Em seguida, em uma aula expositiva e dialogada serão discutidas explicitamente algumas questões éticas sobre o caso da QSC, como a consideração moral entre os humanos, o antropocentrismo, aspectos da moral biocêntrica e o utilitarismo. Esses aspectos morais e éticos que a QSC envolve serão discutidos por meio de uma tabela que contempla cada grupo envolvido na construção da usina nuclear (empresários, governo, mídia, população em geral, próximas gerações, animais não-humanos, vegetação e ecossistema) e os benefícios e prejuízos para cada grupo.

Essas aulas também estão de acordo com as ideias de Freire (2017b), pois é muito importante considerar a realidade social dos alunos, que são marginalizados pelo poder público, para problematizar e discutir a instalação de usinas nucleares, a poluição dos rios, a utilização de agrotóxicos, entre outros temas. É importante estabelecer uma relação entre o conteúdo a ser ensinado com a realidade oprimida, desigual e violenta em que vive o educando. Além do conhecimento científico e tecnológico, outros elementos são necessários para a tomada de posição e o

desenvolvimento da ação sociopolítica, como a ética. Por isso, resolvemos abordar explicitamente o conteúdo da filosofia moral nessas aulas.

Ademais, no final dessas aulas o professor solicitará que os estudantes leiam (em casa) um texto científico que fornece muitos conceitos importantes sobre a energia nuclear e elucida alguns conceitos físicos que são distorcidos pela mídia quando há acidentes que envolvem materiais radioativos. Esse texto será discutido nas próximas aulas.

Aulas 7 e 8 – No primeiro momento, o professor discutirá brevemente com os alunos os principais aspectos apontados no texto (fornecido na aula anterior), que serão importantes para a compreensão de alguns conceitos científicos relacionados ao tema.

No segundo momento, será realizada uma aula dialogada e expositiva, na qual o professor aprofundará a discussão do conceito de radiação, iniciada pela discussão do texto, dando uma destaque maior para o decaimento radioativo, na liberação de radiação alfa, beta e gama, que são emitidas por todos os elementos com número atômico (Z) maior do que o do chumbo $Z = 82$, além de abordar o conceito de isótopos, dos métodos de obtenção e características de alguns radioisótopos, como o Cobalto-60, Tecnécio-99, Flúor-18, Iodo-131, Irídio-192, Carbono-11 e do Césio-137.

Achamos importante a abordagem de alguns conceitos científicos que a QSC envolve, pois alguns autores que trabalham com QSC, como Lewis e Leach (2006), enfatizam que a escola não consegue ensinar todo conhecimento científico que os cidadãos necessitam para lidar com questões do seu dia-a-dia. Entretanto, eles acreditam que o ensino de alguns conceitos básicos relacionados a temas sociocientíficos controversos podem promover nos estudantes a compreensão de tais conceitos e isso pode propiciar uma boa base para o envolvimento do estudante na discussão de temas sociocientíficos. Para esses autores, embora a ciência geralmente não possa resolver todos os problemas sociais, éticos e morais que surgem através da sua utilização, não é possível se envolver em discussões fundamentadas e em tomada de posição fundamenta sobre as QSCs sem uma compreensão suficiente do conteúdo básico que a QSC envolve.

Dessa maneira, percebemos que a compreensão dos conhecimentos científicos e éticos é fundamental para o entendimento dos impactos que a ciência e

a tecnologia causam na sociedade e no ambiente, bem como para a elaboração de soluções para os problemas sociocientíficos e/ou socioambientais.

Aulas 9 e 10 – Nessas aulas será exposto o conteúdo conceitual sobre meia vida e decaimento radioativo por meio da atividade lúdica proposta por Carvalho e Oliveira (2017) (ver Anexo A). A utilização de metodologias inovadoras é muito importante para desenvolvimento dos processos de ensino e aprendizagem. Dessa maneira, o ensino por meio de atividade lúdica pode se configurar um grande aliado do professor. De acordo com Rau (2011) e Rodrigues et al. (2017), a aplicação de atividades lúdicas como estratégia dos processos de ensino e aprendizagem possui algumas vantagens sobre o ensino tradicional, pois permite que os estudantes se apropriem de conceitos sobre determinado conteúdo de forma divertida e prazerosa. Contudo, a atividade lúdica exige um enorme planejamento do professor, para que a atividade atinja o propósito cognitivo esperado sem que se perca seu aspecto agradável para o estudante.

A partir da atividade lúdica desta aula, os alunos serão convidados a realizar a atividade experimental com o material fornecido pelo professor. A partir da realização dessa atividade eles irão construir gráficos que ilustram o número de partículas que decaíram em função do número de jogadas, além de determinar a meia vida dos *dádions* e *chocolátons*.

Será solicitado aos alunos que eles estabeleçam uma relação entre a analogia da atividade experimental realizada com os *dádions* e *chocolátons* e a utilização de alguns elementos como o Urânio-235, que é utilizado como combustível nos reatores nucleares; Netúnio-237 e Plutônio-239, que são resíduos gerados pelo processo de fissão nuclear. Isso pode ser feito por meio da comparação dos gráficos que representam a meia vida e o decaimento radioativo dos *dádions* e *chocolátons* com os gráficos que ilustram a meia vida e o decaimento radiativo de elementos como o Urânio, por exemplo.

A partir dessas atividades sobre decaimento radioativo e meia vida será discutido o que é lixo radioativo e como ele é armazenado. O professor fará essa discussão com os alunos a partir dos subprodutos gerados pelo processo de fissão do urânio, para produção de energia nas usinas nucleares, como o Tecnécio-99, o Césio-137, o Plutônio-239 e o Netúnio 237. Esses elementos produzidos no

processo de fissão são lixo radioativo que precisa ser armazenado com muita segurança, pois eles são nocivos para o ambiente, os animais e os seres humanos.

Aulas 11 e 12 – No primeiro momento, será desenvolvida uma aula dialogada e expositiva sobre o processo de fissão nuclear e funcionamento da usina nuclear na geração de energia elétrica. A execução destas aulas será baseada em livros didáticos, textos científicos e simulação computacional sobre a fissão nuclear e o funcionamento da energia nuclear retirados do site: <https://phet.colorado.edu>. Em seguida, o professor realizará uma breve discussão sobre os acidentes de Chernobyl e Fukushima.

No final dessas aulas, o professor disponibilizará uns materiais para os alunos lerem em casa e uns documentários para eles assistirem, pois nas próximas aulas eles participarão de uma audiência pública simulada.

Aulas 13 e 14 – A turma será dividida em quatro grupos diferentes, sendo que cada grupo representará um público para a realização de uma simulação de audiência pública sobre a proposta de implantação da usina nuclear.

A audiência pública é um espaço oferecido para diferentes grupos de uma comunidade exporem e debaterem, por exemplo, a implementação de algum empreendimento que pode causar impactos ambientais e sociais, a fim de buscar opiniões e soluções para a problemática em questão. A audiência pública existe para que a população tenha o direito de participar de situações que a afetarão. Além disso, a audiência pública permite que os grupos presentes troquem informações, permitindo identificar se o posicionamento de algum grupo afeta direitos coletivos.

Sendo assim, para a realização de uma audiência pública simulada o professor dividirá a turma em quatro grupos distintos:

Grupo 1) Cidadãos que moram às margens do Rio São Francisco na cidade Itacuruba, enfrentando uma situação que afetará a comunidade ribeirinha e o ecossistema. Esse primeiro grupo irá discutir os interesses dos cidadãos comuns, questões éticas, sociais e ambientais relacionadas ao tema;

Grupo 2) Representantes da prefeitura da cidade, que deve levar em consideração o crescimento da economia da cidade e regiões vizinhas e os interesses políticos. Esse grupo irá discutir questões econômicas, políticas e sociais;

Grupo 3) Representantes da Eletronuclear e Cientistas. Esse grupo focará nos interesses políticos e econômicos.

Grupo 4) Ambientalistas, que devem levar em conta o impacto ambiental que a implantação dessa usina pode causar na região. Esse grupo irá defender o ecossistema e discutir as questões éticas, sociais e ambientais relacionadas ao tema.

Todas as discussões serão mediadas pelo professor. Ao final dessa audiência pública, os alunos deverão se posicionar se são contra ou a favor a construção da usina nuclear às margens do São Francisco e apresentar justificativas baseadas no conhecimento científico, ético e nas fontes que foram utilizadas ao longo da intervenção.

No final dessa aula será solicitado aos alunos que eles desenvolvam ações sociopolíticas, como a produção de vídeos para serem publicados no *You Tube*, apontando os impactos sociais, ambientais, culturais, políticos econômicos e éticos da implantação da usina nuclear na região, bem como a tomada de posição da equipe frente a essa proposta, depois de finalizada a audiência.

As ações sociopolíticas precisam estar ajustadas aos problemas sociocientíficos e socioambientais, relacionadas com uma reflexão sobre a produção e consumo que são fomentados pelo capitalismo, relacionadas com a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente. Desse modo, é possível que os estudantes compreendam criticamente o seu contexto, além de tomarem decisões direcionadas a uma ação socialmente responsável. Além disso, as ações sociopolíticas têm o potencial de advertir os indivíduos de uma determinada realidade sobre os problemas sociocientíficos e socioambientais e propõe simultaneamente soluções para a sua mitigação.

De acordo com Freire (2017b), Marques e Reis (2018), se a educação for entendida como um processo de socialização, no qual os indivíduos recebem uma preparação para serem cidadãos conscientes, críticos, ativos e emancipados dentro da sociedade, então as atividades educativas terão que proporcionar condições para que os alunos desenvolvam competências para cidadania ativa que estimulem a emancipação desses sujeitos.

Na concepção de Freire (2017b) é importante que a educação proporcione aos indivíduos condições para transformarem a sua realidade, ao invés de manter seu status quo. De acordo com Paulo Freire, o ensino como ato político deve proporcionar aos estudantes e professores condições para o desenvolvimento de

uma consciência crítica e reflexiva sobre a influência do desenvolvimento científico e tecnológico sobre a sociedade, o ambiente e o contexto em que estão inseridos e as implicações éticas de tal influência, em busca de sociedades mais justas, emancipadas e participativas. Corroborando com essas ideias, propomos nessas aulas a utilização de uma audiência pública simulada e a produção de vídeos pelos alunos, que registrarão as suas tomadas de posições e ações sociopolíticas sobre a proposta de implementação da usina nuclear às margens do São Francisco.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão sistemática de literatura evidenciada no Capítulo 2 foi muito importante para a elaboração da nossa sequência didática, pois, a partir dela, conhecemos as principais QSCs que são trabalhadas com os estudantes do ensino médio, tanto no Brasil como em outros países. Por meio da revisão percebemos que os trabalhos se enquadraram em seis grandes categorias: 1) argumentação/discussão; 2) tomada de decisão; 3) natureza da ciência; 4) aprendizagem do conteúdo científico; 5) julgamento reflexivo e 6) raciocínio moral e ético. Essas categorias não são excludentes entre si, tendo em vista que muitos trabalhos se enquadraram em mais de uma categoria.

Além disso, pudemos notar que os trabalhos analisados desenvolveram as suas pesquisas dentro de uma abordagem disciplinar e interdisciplinar. A grande maioria dos trabalhos que utilizaram uma abordagem disciplinar realizaram suas pesquisas na disciplina de Biologia e os trabalhos que utilizaram uma abordagem interdisciplinar desenvolveram suas propostas de ensino na disciplina de Ciências. Os principais temas trabalhados nas pesquisas foram relacionados à Biotecnologia: terapia genética, alimentos geneticamente modificados, entre outros; e aos problemas ambientais: aquecimento global, caça às baleias, desenvolvimento sustentável, entre outros.

A partir desse resultado foi possível perceber uma escassez de pesquisas que utilizam as QSCs como propostas de ensino na disciplina de Física no ensino médio, tanto no Brasil como no exterior. É importante enfatizar aqui que não estamos defendendo que as QSCs devam ser trabalhadas de maneira disciplinar em detrimento da interdisciplinaridade, o que queremos ressaltar é que não foi verificado nenhum trabalho com QSC na disciplina de Física, seja utilizando uma abordagem disciplinar, seja usando uma perspectiva interdisciplinar, ao menos no que se refere as principais revistas Qualis A, em Educação e/ou Ensino de Ciências, analisadas.

Vale ressaltar que é importante fazer uma revisão de literatura nos principais periódicos latino-americanos, em algumas revistas Qualis B em Educação e/ou Ensino, bem como em eventos, como o Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) e nos principais eventos nacionais sobre o ensino

de Física, como o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), Encontro de Físicos do Norte e Nordeste (EFNNE) e Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), para verificar se os resultados são diferentes dos detectados na revisão desta pesquisa de mestrado.

A escassez de trabalhos com QSCs na disciplina de Física não comprometeu a qualidade do nosso trabalho, pois, a partir da revisão, encontramos muitos resultados que contribuíram para o desenvolvimento da intervenção didática, como a pouca quantidade de trabalhos que enfatizaram as questões morais e éticas nas propostas de ensino, a ausência de trabalhos que desenvolveram ações sociopolíticas, poucos trabalhos utilizaram referencial teórico/pedagógico e menos da metade (32%) dos trabalhos analisados levaram em conta o contexto imediato dos estudantes para elaborarem as suas propostas de ensino.

De acordo com Lee e Grace (2012), os contextos nos quais os alunos estão inseridos influenciam na seleção de fontes, procedimentos e justificativas que eles utilizam para coletar evidências e combinar critérios para a sua tomada de decisão, o que implica que o contexto dos estudantes interfere nas suas tomadas de decisões. Por isso, a literatura defende que é importante trabalhar com QSCs que fazem parte da realidade imediata dos alunos, tendo em vista que isso pode ajudar os estudantes a identificarem e a entenderem o impacto que temas controversos causam no seu contexto. Além disso, os alunos poderão analisar, a partir do seu contexto, as informações controversas sobre um mesmo tema e ponderar quais são as alternativas mais adequadas para a sua realidade (RUNDGREN; ERIKSSON; RUNDGREN, 2016).

Sendo assim, decidimos elaborar uma intervenção didática a partir de uma QSC que faz parte do contexto dos estudantes, sob a perspectiva freireana e a educação CTSA - "proposta de implantação de uma usina nuclear às margens do Rio São Francisco no sertão pernambucano". A energia nuclear é uma QSC atual, complexa, controversa e debatida no mundo inteiro, além de ser uma QSC interessante e atraente que está dentro do contexto dos alunos do ensino médio do IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro, que é o público-alvo dessa pesquisa.

Dessa maneira, podemos perceber que tanto a educação libertadora de Paulo Freire como alguns pesquisadores que trabalham com QSCs na educação CTSA enfatizam a importância de se trabalhar, em sala de aula, com temas que

tenham conexão com o contexto dos estudantes, pois os processos de ensino e aprendizagem são mais eficientes. Além disso, Paulo Freire defende que a educação libertadora deve proporcionar aos indivíduos uma consciência crítica sobre o mundo através do diálogo para que eles possam se libertar e se envolver em ações sociopolíticas. Portanto, o uso didático das QSCs pode proporcionar o desenvolvimento dessa conscientização crítica nos estudantes, pois elas fornecem condições para os estudantes avaliarem, tomarem consciência e debaterem afirmações científicas polêmicas e sem consenso e se envolverem em tomada de posição e em ações sociopolíticas. O uso didático das QSCs pode também ajudar os alunos a desenvolverem habilidades para atuar como cidadãos conscientes, transformando a sua realidade desigual e violenta, tal qual a educação libertadora, problematizadora e conscientizadora de Paulo Freire defende.

Além disso, enfatizamos na nossa intervenção uma maneira inovadora de se trabalhar com tópicos da FMC, que é através do uso didático de QSCs, pois além de contemplar o conhecimento científico, contempla também questões éticas, políticas, sociais, entre outras, o que implica em uma formação mais integral dos sujeitos.

Desse modo, nessa pesquisa de mestrado, elaboramos, de maneira colaborativa, uma sequência didática baseada no uso didático de uma QSC, nas dimensões CPA do conteúdo científico, na perspectiva freireana, na educação CTSA e nos pressupostos teórico-metodológicos da pesquisa de design educacional.

Depois de elaborada a intervenção didática, ela foi submetida ao processo de validação pelos pares. Os pares escolhidos foram professores e/ou estudantes de pós-graduação que trabalham ou que cursaram a disciplina de Questões Sociocientíficas e Argumentação do Ensino de Ciência no PPFHC, na Universidade Federal da Bahia, e professores de Física do IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro. Tivemos o retorno de quinze baremas avaliados pelos pares. Após esse retorno, utilizamos uma abordagem qualitativa para analisar detalhadamente as avaliações, com o intuito de verificar a validade da intervenção didática proposta.

A avaliação feita pelos pares contribuiu muito para o aperfeiçoamento da sequência didática desta pesquisa e para o aumento da sua coerência interna. Tendo em vista que foram identificados alguns problemas que foram corrigidos, como a ausência de simetria entre as informações apresentadas no caso da QSC, a

ausência de algumas questões orientadoras em algumas aulas e a necessidade de reformular algumas questões orientadoras, objetivos de ensino e de aprendizagem. Além disso, aderimos a algumas recomendações feita pelos pares a fim de refinar ainda mais a nossa proposta de ensino, como a inserção de algumas questões orientadoras, objetivos de ensino, de aprendizagem, de atividades e materiais didáticos.

A partir da análise das avaliações, foi possível verificar que a maioria dos avaliadores considerou que os objetivos e as questões orientadoras estavam totalmente de acordo com as atividades e materiais didáticos propostos, sendo que nenhum avaliador assinalou a opção NÃO no barema de avaliação. A opção NÃO significa que os objetivos e as questões orientadoras não estão de acordo com as atividades e materiais propostos. Isso quer dizer que a intervenção didática recebeu um número muito grande de avaliações positivas, pois, em geral, os avaliadores consideraram que a sequência didática estava muito bem elaborada, que é uma proposta interessante, complexa e enriquecedora, que a estrutura das aulas possibilita a discussão relativa à controvérsia dessa QSC, entre outras.

Sendo assim, dois aspectos, muito importantes, validaram a sequência didática para aplicação no contexto de ensino: 1) A vasta avaliação positiva da intervenção didática; 2) A análise rigorosa para cada crítica, comentário, sugestão e/ou justificativa, feita pelos pares, com o intuito de aperfeiçoar a sequência didática. Essa validação conferiu rigor e confiabilidade à intervenção didática. Assim, ela tem um grande potencial de atingir os objetivos propostos de modo a promover aprendizagens, a tomada de posição e o desenvolvimento de ações sociopolíticas.

REFERÊNCIAS

American Association for the Advancement of Science. **Project 2061**: Science for all Americans. New York: Oxford University Press, 1989.

ANDRADE, M. A. S. **Construção e aplicação de uma sequência didática colaborativa a partir de uma questão sociocientífica sobre agrotóxicos na perspectiva CTSA**. 2016. 233p. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia / Universidade Federal de Feira de Santana, 2016.

ANDRÉ, M. E. D. A. Pesquisa, formação e prática docente. In: ANDRÉ, M. **O papel da pesquisa na formação e na prática dos professores**. Campinas: Papyrus, 2001. p. 55-69.

ATAÍDE, R. E. F.; MAIA, M. V.; MENDES, O. C. **Comunidades Tradicionais de Itacuruba impactadas pelos Grandes Empreendimentos do Estado**. UFG: Goiás, 2016.

AULER, D. Articulação entre pressupostos do Educador Paulo Freire e do movimento CTS: novos caminhos para a educação em ciências. **Contexto e Educação**, Ijuí RS, v.22, n. 77, p. 167-188, 2007. Disponível em <file:///C:/Users/Daiane%20Ribeiro/Downloads/1089-Texto%20do%20artigo-4476-1-10-20130520%20(1).pdf>. Acesso em: 02 jun. 2018.

BARAB, S.; SQUIRE, K. Design-based research: putting a stake in the ground. **The Journal of the Learning Sciences**, v.13, n.1, p.1 -14, 2004. Disponível em <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327809jls1301_1?journalCode=hl ns20>. Acesso em: 08 mar. 2018.

BARBOSA, J. C.; OLIVEIRA, A. M. P. Por que a Pesquisa de Desenvolvimento na Educação Matemática? **Perspectivas da Educação Matemática**, v. 8, n. número temático, p. 526-546, 2015. Disponível em <<http://seer.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/1462>>. Acesso em: 13 mar. 2018.

BARBOSA, L. G. D'Carlos; LIMA, M. E. C. de C.; MACHADO, A. H. Controvérsias sobre o aquecimento global: circulação de vozes e de sentidos produzidos em sala de aula. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 1, p. 113- 130, 2012. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v14n1/1983-2117-epec-14-01-00113.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

BARRETT, S. E.; PEDRETTI, E. Constrasting orientations: STSE for social reconstruction or social reproduction? **School Science and Mathematic**, v.106, p.237-47, 2006. Disponível em <10.1111/j.1949-8594.2006.tb18082.x>. Acesso em: 03 jun. 2018.

BATISTA, C. A. S.; SIQUEIRA, M. A inserção da Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula: uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 34, n. 3, p. 880-902, dez. 2017. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n3p880>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

BAUMGARTNER, E. *et al.* Design-based research: an emerging paradigm for educational inquiry. **Educational Researcher**, Washington, v. 32, n. 1, p. 5-8, 2003. Disponível em <<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.3102/0013189X032001005>>. Acesso em: 04 mar. 2018.

BECKERT, C. **Ética**. Lisboa: Centro de Filosofia da Faculdade de Lisboa, 2012.

BIANCHI, E. M. P. G.; IKEDA, A. A. Usos e aplicações da grounded theory em administração. **Gestão.Org: Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 6, n. 2, p. 231-248, 2008. Disponível em <<https://core.ac.uk/download/pdf/27241879.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

BOURDIEU, P. **Escritos de Educação**. 9. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

BRIGHENTE, M. F.; MESQUIDA, P. Paulo Freire: da denúncia da educação bancária ao anúncio de uma pedagogia libertadora. **Pro-Posições**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 155-177, 2016. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/pp/v27n1/1980-6248-pp-27-01-00155.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2018.

BRITO, J. Q. A.; SÁ, L. P. Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sócio-científicas com alunos do ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 3, p. 505-529, 2010. Disponível em <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART2_Vol9_N3.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2017.

CARVALHO, R. P.; OLIVEIRA, S. M. V. **Aplicações da Energia Nuclear na Saúde**. São Paulo: SBPC; Viena: IAEA, 2017. Disponível em <<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/aplicacoes-energia-nuclear-na-saude.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2018.

COLL, C. *et al.* **Los contenidos de la Reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes**. Madrid: Santillana, 1992.

CONRADO, D. M. **Questões Sociocientíficas na Educação CTSA**: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico. 2017. 237p. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia / Universidade Federal de Feira de Santana, 2017.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. Questões sociocientíficas e dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos conteúdos no ensino de ciências. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.). **Questões sociocientíficas**:

fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: EDUFBA, 2018. p. 77-118.

Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Aplicações da Energia Nuclear**. Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/aplicacoes-da-energia-nuclear.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2018.

Curriculum Council. **Curriculum framework for kindergarten to year 12 education in Western Australia**. Osborne Park, WA: The Council, 1998.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: Fundamentos e Métodos**. 2ª ed. São Paulo: Cortez, 2007.

DENYER, D.; TRANFIELD, D. Producing a systematic review. In: BUCHANAN, D. A.; BRYMAN, A. **The SAGE handbook of organizational research methods**. Los Angeles; London: SAGE, 2009

DOMÉNECH, J. L. *et al.* La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 20, n. 3, p. 285-311, dez. 2003. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6527>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

EASTWOOD, J. L., *et al.* Contextualizing nature of science instruction in socioscientific issues. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 15, p. 2289-2315, 2012. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2012.667582>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

ELETROBRAS, Eletronuclear. **Relatórios de sustentabilidade socioambiental**, 2014. Disponível em <http://www.eletronuclear.gov.br/Quem-Somos/Governanca/Documents/Relat%C3%B3rios%20e%20Balan%C3%A7os/Relat%C3%B3rios%20de%20Sustentabilidade/2014%20-%20Rel%20de%20Sustentabilidade_05_11_2015.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2018.

EL-HANI, C. N.; GRECA, I. M. Participação em uma comunidade virtual de prática desenhada como meio de diminuir a lacuna pesquisa-prática na educação em Biologia. **Ciência e Educação**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 579-601, 2011. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v17n3/a05v17n3.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2018.

FELIPE, S. T. Antropocentrismo, senciencismo e biocentrismo: perspectivas éticas abolicionistas, bem-estaristas e conservadoras e o estatuto de animais não-humanos. **Revista Páginas de Filosofia**, São Bernardo do Campo, v. 1, n. 1, p. 2-30, 2009. Disponível em <<https://www.metodista.br/revistas/revistas-ims/index.php/PF/article/view/864/1168>>. Acesso em: 04 jul. 2018.

FOWLERA, S. R.; ZEIDLER, D. L.; SADLER, T. D. Moral sensitivity in the context of socioscientific issues in high school science students. **International Journal of**

Science Education, v. 31, n. 2, p. 279-296, 2009. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/09500690701787909>>. Acesso em: 20 set. 2017.

FREIRE, P. **Conscientização: teoria e prática da libertação**: uma introdução ao pensamento de Paulo Freire. São Paulo: Centauro, 2001.

_____. **Pedagogia do oprimido**. 63. ed. São Paulo: Paz e Terra, (2017a).

_____. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 55. ed. São Paulo: Paz e Terra, (2017b)

FURBERG, A.; LUDVIGSEN, S. Students' meaning-making of socioscientific issues in computer mediated settings: exploring learning through interaction trajectories. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 13, p. 1775-1799, 2008. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/09500690701543617>> 2008>. Acesso em: 20 ago. 2017.

GOLAFSHANI, N. Understanding reliability and validity in qualitative research. **The Qualitative Report**, Canadá, v. 8, n. 4, p. 597-607, 2003. Disponível em <<https://nsuworks.nova.edu/tqr/vol8/iss4/6/>>. Acesso em: 03 ago. 2018.

GRACE, M., *et al.* Student decision-making about a globally familiar socioscientific issue: the value of sharing and comparing views with international counterparts. **International Journal of Science Education**, v.37, n. 11, p. 1855-1874, 2015. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2015.1054000>>. Acesso em: 16 set. 2017.

GRESCH, H.; HASSELHORN, M; BÖGEHOLZ, S. Training in decision-making strategies: an approach to enhance students' competence to deal with socio-scientific issues. **International Journal of Science Education**, v. 35, n. 15, p. 2587-2607, 2013. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2011.617789>>. Acesso em: 16 jul. 2017.

GUIMARÃES, A. P. M., *et al.* Grupos colaborativos para construção e aplicação de questões sociocientíficas na educação básica: possibilidades e desafios. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.). **Questões sociocientíficas**: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: EDUFBA, 2018. p. 397-425.

GUIMARÃES, M. A.; CARVALHO, W. L. P.; OLIVEIRA, M. S. Raciocínio moral na tomada de decisões em relação a questões sociocientíficas: o exemplo do melhoramento genético humano. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, p. 465-477, 2010. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132010000200013>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

HERREID, C. F. What makes a good case? **Journal of College Science Teaching**, 27, 3, 163-169, 1998. Disponível em <[http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/pdfs/What%20Makes%20a%20Good%20Cas](http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/pdfs/What%20Makes%20a%20Good%20Case-XXVII-3.pdf)e-XXVII-3.pdf>. Acesso em: 01 set. 2018.

HODSON, D. **Looking to the future: building a curriculum for social activism**. Rotterdam: Sense Publishers, 2011.

_____. Don't Be Nervous, Don't Be Flustered, Don't Be Scared. Be Prepared. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v.13, n.4, p.313-331, 2013. Disponível em <<https://doi.org/10.1080/14926156.2013.845327>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

_____. Realçando o papel da ética e da política na educação científica algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.). **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018. p. 27-57.

HSU, Y. S.; LIN, S. S. Prompting students to make socioscientific decisions: embedding metacognitive guidance in an e-learning environment. **International Journal of Science Education**, v.39, n. 7, p. 964-979, Jun. 2017. Disponível em <DOI: 10.1080/09500693.2017.1312036>. Acesso em: 02 ago. 2017.

KLOSTERMAN, M. L.; SADLER, T. D. Multi-level assessment of scientific content knowledge gains associated with socioscientific issues-based instruction. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 8, p. 1017-1043, 2010 Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/09500690902894512>>. Acesso em: 10 set. 2017.

KOLSTØ, S. D. Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. **Science Education**, v. 85, n.3, p. 291–310. May. 2011a Disponível em <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.1011>>. Acesso em: 01 ago. 2017.

_____. 'To trust or not to trust,...'-pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. **International Journal of Science Education**, v. 23, n. 9, p. 877-901, 2011b. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/09500690010016102>>. Acesso em: 03 ago. 2017.

LASTORIA, L. A. C. N. *et al.* Teoria crítica da sociedade: um olhar sobre a educação em tempos de sociedade tecnológica. **Conjectura: Filosofia e Educação**, Caxias do Sul, v.18, n.1, p.164-178, 2013. Disponível em <<http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/conjectura/article/view/2046>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

LEE, Y. C.; Grace, M. Students' reasoning and decision making about a socioscientific issue: A cross-context comparison. **Science Education**, v. 96, n. 5, p. 787–807, 2012. Disponível em <DOI: 10.1002/sce.21021>. Acesso em: 20 ago. 2018.

LEVINSON, R. Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 10, p. 1201–

1224, 2006. Disponível em <<https://doi.org/10.1080/09500690600560753>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

LEWIS, J.; LEACH, J. Discussion of socio-scientific issues: the role of science knowledge. **International Journal of Science Education**, v. 28, n.11, p. 1267-1287, 2006. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/09500690500439348>>. Acesso em: 03 ago. 2017.

MARQUES, A. R.; REIS, P. O desenvolvimento de exposições científicas como estratégia de ativismo em contexto escolar: resultados do projeto irresistível em PORTUGAL. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.). **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018. p. 491-514.

MATTA, A. E. R.; SILVA, F. P. S.; BOAVENTURA, E. M. Design-based research ou pesquisa de desenvolvimento: metodologia para pesquisa aplicada de inovação em educação do século XXI. **Revista da FAEEBA – Educação e Contemporaneidade**, Salvador, v.23, n.42, p.23-36, 2014. Disponível em <[file:///C:/Users/Daiane%20Ribeiro/Downloads/1025-2428-1-SM%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Daiane%20Ribeiro/Downloads/1025-2428-1-SM%20(1).pdf)>. Acesso em: 09 mar. 2018.

MAZZARDO, M. D. *et al.* Design-Based Research: desafios nos contextos escolares. **Atas do CIAIQ2016**, Investigação Qualitativa em Educação, v.1, p.952-961, 2016. Disponível em <<http://proceedings.ciaiq.org/index.php/ciaiq2016/article/view/691>>. Acesso em: 08 mar. 2018.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J. B. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio e a formação de professores: desencontros com a ação comunicativa e a ação dialógica emancipatória. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, Buenos Aires, v. 8, n. 1, p. 1-13, jun. 2012. Disponível em <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/135134/ISSN1850-6666-2013-08-01-01-13.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 21 abr. 2018.

MOREIRA, L. C. **A construção e validação de uma intervenção educacional para o Ensino Médio apoiada na metodologia da problematização**. 2016. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia / Universidade Federal de Feira de Santana, 2016.

NASCIMENTO, T. G.; VON LINSINGEN, I. Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de ciências. **Convergência**, v.13, n. 42, p. 95-116, 2006. Disponível em <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-14352006000300006>. Acesso em: 06 jun. 2018.

National Research Council. **National science education standards**. Washington, DC: National Academic Press, 1996.

NIELSEN, J. A. Arguing from nature: the role of 'nature' in students' argumentations on a socio-scientific issue. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 5, p. 723-744, 2012a. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2011.624135>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

OLLAIK, L. G.; ZILLER, H. M. Concepções de validade em pesquisas qualitativas. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.38, n.1, 229-241, 2012. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/ep/v38n1/ep448.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

OLIVEIRA, D. S. **Apropriações do tema gerador no ensino de ciências**. 2016. 91p. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia / Universidade Federal de Feira de Santana, 2016.

_____. Science in discussions: an analysis of the use of science content in socioscientific discussions. **Science Education**, v. 96, n. 3, p. 428–456, 2012b. Disponível em <<https://doi.org/10.1002/sce.21001>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

PAIVA, A. S. *et al.* Validação de uma sequência didática sobre mitose e câncer articulada com discussões éticas e ações sociopolíticas. In: VIII Encontro Regional de Ensino de Biologia da UFRJ, Rio de Janeiro, UNIRIO, 2017.

PEDRETTI, E. Teaching Science, Technology, Society and Environment (STSE) Education. In: ZEIDLER, D. (Org.) **The role of the moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education**. London, Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers, p.219-240, 2003.

PEDRETTI, E.; FORBES, J. STSE education: from curriculum rhetoric to classroom reality. *Orbit*, v. 31, n. 3, p. 39-41, 2000.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 14 n. 3, p. 393-420, 2009. Disponível em <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/349>>. Acesso em: 09 jan. 2018.

PLOMP, T. Educational design research: an introduction. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. **An introduction to educational Design Research**. Enschede: SLO-Netherlands Institute for Curriculum Development. p. 9-35, 2009.

RAMOS, A.; FARIA, P. M.; FARIA, A. Revisão sistemática de literatura: contributo para a inovação na investigação em ciências da educação. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 14, n. 41, p. 17-36, 2014. Disponível em <[10.7213/dialogo.educ.14.041.DS01](http://dx.doi.org/10.7213/dialogo.educ.14.041.DS01)>. Acesso em: 24 nov. 2018.

RAU, M. C. T. D. **A ludicidade na educação: uma atitude pedagógica**. Curitiba: Ipbex, 2013.

REIS, P. Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sociocientíficas: uma questão de cidadania. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, Ponta Grossa, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2013. Disponível em <<http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/9577/3/DA%20DISCUSS%C3%83O%20%C3%80%20A%C3%87%C3%83O.pdf>>. Acesso em: 04 jul. 2018.

REIS, P.; GALVÃO, C. Socio-scientific controversies and students' conceptions about scientists. **International Journal of Science Education**, v. 26, n.13, p. 1621-1633, 2004. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/0950069042000205413>>. Acesso em: 04 ago. 2017.

RODRIGUES, M. H. S. Ludicidade e ensino de física: desenvolvimento de uma atividade lúdica sobre o movimento circular uniforme. **Física na Escola**, v. 15, n. 2, 2017. Disponível em <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol15-Num2/a09.pdf>>. Acesso em 15 set. 2018.

ROSE, S. L.; BARTON, A. C. Should great lakes city build a new power plant? how youth navigate socioscientific issues. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 49, n. 5, p. 541–567, 2012. Disponível em <<https://doi.org/10.1002/tea.21017>>. Acesso em: 04 jul. 2017.

ROTH, W.M.; ROYCHOUDHURY, A. Physics students' epistemologies and views about knowing and learning. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v.31, n.1, p.5–30, 1994. Disponível em <<https://doi.org/10.1002/tea.3660310104>>. Acesso em: 09 abr. 2017.

RUDSBERG, K.; OHMAN, J.; OSTMAN, L. Analyzing students' learning in classroom discussions about socioscientific issues. *Science Education*, v. 97, n. 4, p. 594–620, 2013. Disponível em <<https://doi.org/10.1002/sce.21065>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

RUNDGREN, C. J.; ERIKSSON, M.; RUNDGREN, S. N. C. Investigating the intertwinement of knowledge, value, and experience of upper secondary students' argumentation concerning socioscientific issues. **Science & Education**, v. 25, n 9–10, p. 1049–1071, 2016. Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-016-9859-x>>. Acesso em: 01 set. 2017.

RUNDGREN, S. N. C. Post it! - a cross-disciplinary approach to teach socioscientific issues. **Teaching Science**, v. 57, n. 3, p. 25-28, Sep 2011. Disponível em <<https://eric.ed.gov/?id=EJ962485>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

SADLER, T. D. Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 41, n. 5, p. 513–536, Apr. 2004. Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.20009/pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

_____. Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice. **Studies in Science Education**, v. 45, n.1, p. 1-42, 2009. Disponível em <<https://doi.org/10.1080/03057260802681839>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

SADLER, T. D.; CHAMBERS, F. W.; ZEIDLER, D. L. Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 4, p. 387-409, 2004. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/0950069032000119456>>. Acesso em: 04 ago. 2017.

SADLER, T. D.; DONNELLY, L. A. Socioscientific argumentation: the effects of content knowledge and morality. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 12, p. 1463-1488 Oct. 2006. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/09500690600708717>>. Acesso: 15 jul. 2017.

SADLER, T. D.; ROMINE, W. L.; TOPÇU, M. S. Learning science content through socio-scientific issues-based instruction: a multi-level assessment study. **International Journal of Science Education**, v. 38, n. 10, p. 1-14, Jul. 2016. disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2016.1204481>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 42, n. 1, p. 112-138, 2005. Disponível em <<https://doi.org/10.1002/tea.20042>>. Acesso em: 03 set. 2017.

SANDOVAL, W.A.; MORRISON, K. High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 40, n.4, p. 369-392, 2003. Disponível em <<https://doi.org/10.1002/tea.10081>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

SANTOS, D. F.; MELO, E. C. S.; CANDIDO, A. B. Análise e avaliação da construção da usina nuclear em Itacuruba, Pernambuco, e os possíveis impactos socioambientais. In: Encontro Nacional de Geógrafos – A Construção do Brasil: geografia, ação política e democracia, 18, 2016, São Luís. **Anais do XVIII Encontro Nacional de Geógrafos - A Construção do Brasil: geografia, ação política e democracia**, 2016, São Luís. Disponível em <http://www.eng2016.agb.org.br/resources/anais/7/1468288019_ARQUIVO_ARTIGO_DIEGOSANTOS_ANALISEEAVALIACAODACONSTRUCAODASINANUCLEAREMITACURUBA,PERNAMBUCO,EOSPOSSIVEISIMPACTOSSOCIOAMBIENTAIS.pdf>. Acesso em: 02 maio. 2018.

SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. metodologias de pesquisa no ensino de ciências na América Latina: como pesquisamos na década de 2000. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 19, n. 1, p. 15-33, 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132013000100003&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 10 ago. 2018.

SANTOS, J. M. **O ensino da gravitação universal de Newton através da história da ciência e da argumentação**: desenvolvimento e análise de uma sequência didática. 2017. 237p. Dissertação (mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia / Universidade Federal de Feira de Santana, 2017.

SANTOS, M. S.; AMARAL, C. L. C.; MACIEL, M. D. Tema sociocientífico “cachaça” em aulas práticas de química na educação profissional: uma abordagem CTS. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 1, p. 227- 239, 2012. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v14n1/1983-2117-epec-14-01-00227.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

SANTOS, W. L. P. Educação científica humanística em uma perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.1, n.1, p. 109-131, mar. 2008. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37426/28747>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

_____. Scientific literacy: a Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. **Science Education**, v.93, n.2, p.361 -382, 2009. Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.20301/abstract>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

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**, v. 1, n.1, p. 1-13, 2001. Disponível em <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2394/1794>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

SHAFFER, D. W.; SERLIN R. C. What Good are Statistics That don't Generalize? **Educational Researcher**, Madison, v. 9, n. 33, p. 14-25, 2004. Disponível em <<https://journals.sagepub.com/doi/10.3102/0013189X033009014>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

SIMONNEAUX, L.; PANISSAL, N.; BROSSAIS, E. Students' perception of risk about nanotechnology after an saq teaching strategy. **International Journal of Science Education**, v. 35, n. 14, p. 2376-2406, 2013. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2011.635164>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

SINGER, P. **The Expanding circle: ethics, evolution, and moral progress**. Princeton: Princeton University Press, 2011.

SKORUPSKI, J. Ética. In: BUNNIN, N.; TSUI-JAMES, E. P. (org.) **Compêndio de Filosofia**. 2. ed. São Paulo: Loyola, 2009. p. 213-243.

SOLBES, J. Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (ii): ejemplos. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v.10, n. 3, p. 148-158, 2013. Disponível em <http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/15113/3-408_Solbes.pdf?sequence=7>. Acesso em: 23 maio 2017.

SOLOMON, J.; DUVEEN, J.; SCOTT, L. Pupils' images of scientific epistemology. **International Journal of Science Education**, v. 16, n. 3, p. 361–373, 1994. Disponível em <<https://doi.org/10.1080/0950069940160309>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE JR. O. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de história e filosofia da ciência no ensino de física. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Org.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, 2012. p. 9-40.

VILCHES, A.; GIL-PÉREZ, D.; PRAIA, J. De CTS a CTSA: educação por um futuro sustentável. In: SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. (Org.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília: UnB, 2011. p. 161-184.

VON LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, número especial, p. 1-19, 2007. Disponível em <file:///C:/Users/Daiane%20Ribeiro/Downloads/150-517-1-PB.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2018.

WALKER, K. A.; ZEIDLER, D. L. Promoting discourse about socioscientific issues through scaffolded inquiry, **International Journal of Science Education**, v. 29, n. 11, p. 1387-1410, 2007. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/09500690601068095>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

WALS, A. E. J, *et al.* Convergence between science and environmental education. **Science**, v. 344, n. 6184, p. 583–584, 2014. Disponível em <<http://science.sciencemag.org/content/344/6184/583>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

WARBURTON, N. **Elementos básicos de filosofia**. 2. ed. Lisboa: Gradiva, 2007.

WU, Y. T.; TSAI, C. C. High school students' informal reasoning on a socio-scientific issue: qualitative and quantitative analyses. **International Journal of Science Education**, v. 29, n. 9, p. 1163-1187, 2007. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1080/09500690601083375>>. Acesso em: 07 ago. 2017.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.

ZEIDLER, D.L. *et al.* Beyond STS: a research-based framework for socioscientific issues education. **Science Education**, v. 89, n. 3, p. 357–377, 2005. Disponível em <<https://doi.org/10.1002/sce.20048>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

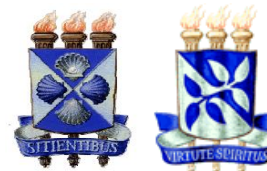
ZEIDLER, D. L. *et al.* Advancing reflective judgment through socioscientific issues. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 46, n. 1, p. 74–101, 2009. Disponível em <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.20281>>. Acesso em: 02 ago. 2017.

APÊNDICES

Apêndice A- Barema submetido à validação pelos pares.



IF Sertão PE Campus Salgueiro
Universidade Federal da Bahia



Universidade Estadual de Feira de Santana

Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências

AVALIAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ENERGIA NUCLEAR

Construção e validação de uma sequência didática baseada em uma QSC sobre energia nuclear que busca promover o desenvolvimento de ações sociopolíticas e tomada de posição pelos estudantes do ensino médio

Mestranda: Daiane Maria dos Santos Ribeiro

Professor colaborador: Dr. Marcelo Souza da Silva

Orientadora: Dra. Indianara Lima Silva

Estamos te convidando para realizar uma avaliação de uma sequência didática baseada em uma Questão Sociocientífica (QSC). Sua contribuição é extremamente importante para a validação da nossa intervenção, por isso confiamos em sua colaboração.

Este trabalho é uma pesquisa de mestrado e tem como objetivo elaborar, por meio de um trabalho colaborativo, uma sequência didática com base em uma (QSC) sobre energia nuclear, que tenha o potencial de promover o desenvolvimento de ações sociopolíticas e tomada de posição pelos estudantes do ensino médio do IF Sertão Pernambucano campus Salgueiro, através da mobilização do conteúdo científico e ético que a QSC envolve.

Para um melhor entendimento dos objetivos desta pesquisa e da sequência didática decidimos esclarecer alguns termos para que vocês possam realizar a avaliação da nossa proposta de intervenção com uma maior facilidade.

Segundo Zabala (1998) uma sequência didática é um conjunto de atividades bem organizadas, que estão planejadas e articuladas para alcançar os objetivos de ensino/aprendizagem propostos na intervenção.

Dessa maneira, construímos uma sequência didática baseada em uma QSC sobre energia nuclear, que envolve a realidade local dos estudantes do IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro.

As Questões Sociocientíficas (QSCs) são temas científicos e/ou tecnológicos polêmicos, controversos e complexos que possuem laços conceituais com a sociedade, o meio ambiente e questões éticas (SADLER, DONNELLY, 2006). As QSCs, em geral, fazem parte de um conjunto de problemas sem consenso e sem soluções, tendo em vista que elas envolvem pontos de vistas opostos e conflitos de interesses que estão associados aos problemas ambientais, sociais, éticos, econômicos, políticos e científicos (LEVINSON, 2006).

As QSCs podem ser adotadas no ensino, através de estratégias didáticas ou métodos de ensino que permitem que os estudantes mobilizem e aprendam sobre determinados conteúdos de maneira contextualizada, possibilitando a abordagem do conteúdo científico e/ou tecnológico de forma interdisciplinar ou multidisciplinar. Sendo assim, o conhecimento científico e ético são fundamentais para o entendimento e soluções desses problemas controversos. São exemplos de QSC: aquecimento global, extinção de abelhas, perda de biodiversidade, energia nuclear, linhas de transmissão de energia de alta tensão, entre outros (CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

Quando o ensino através de QSCs está associado às ações sociopolíticas podemos classificar esse ensino como uma metodologia ativa ou participativa (CONRADO; NUNES-NETO, 2018), pois os estudantes realizam suas próprias pesquisas, desenvolvem atividades de discussão focadas na identificação e soluções de problemas e na tomada de decisões socialmente responsáveis (REIS, 2013).

A ação sociopolítica pode ser compreendida como a maneira que os estudantes encontram de expor seus conhecimentos éticos e científicos, valores e

tomada de decisão através da ação responsável sobre problemas sociocientíficos e socioambientais. Para realizar ações sociopolíticas os estudantes precisam desenvolver habilidades, atitudes e valores que irão contribuir para que eles se tornem cidadãos empoderados, que cooperem com outros indivíduos em busca de um mundo socialmente mais justo e sustentável, no qual a riqueza, o poder e os recursos são justamente compartilhados.

Para preparar os estudantes para ação sociopolítica é necessário garantir que eles desenvolvam uma compreensão clara de como as decisões são tomadas pelo governo nacional, regional e local, bem como dentro dos grupos sociais, indústrias, comércios, empresas, entre outros. Os estudantes se tornarão agentes ativos em torno de uma causa social, se eles se reconhecerem e se tornarem pessoalmente empoderados para promover a mudança. Então, é fundamental que os alunos tenham oportunidades de se envolverem em ações sociopolíticas, para isso é necessário que eles conheçam exemplos de ações desenvolvidas por outras pessoas. Dessa maneira, no contexto escolar existem diversas formas dos docentes e estudantes se envolverem em ações sociopolíticas sobre questões sociocientíficas, por exemplo, através da: organização de petições e reuniões de comunidades; organização de boicotes a determinados produtos elaborados a partir de práticas industriais e/ou investigativas consideradas socialmente controversas; elaboração de esclarecimentos e conselhos para os agricultores sobre a eliminação segura de resíduos tóxicos; plantação de árvores; construção de hortas comunitárias; criação de fóruns de discussão e de blogues sobre questões sociocientíficas; construção de cartazes e panfletos informativos; organização de campanhas através de redes sociais como o Facebook, ou o Twitter com o intuito de conscientizar e contribuir para mudanças de comportamentos que sejam considerados ecologicamente insustentáveis (HODSON, 2013, 2018; REIS, 2013).

A complexidade das controvérsias sociocientíficas que afetam o ambiente e a sociedade exige que os cidadãos estejam bem informados e capacitados para decidir e atuar sobre essas questões (REIS, 2013). Dessa maneira, a educação científica deixa de enfatizar exclusivamente na aprendizagem do conteúdo científico, e passa a: explorar aspectos da natureza da ciência e as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, bem como promover competências cognitivas, sociais e morais que são fundamentais para o desenvolvimento da autonomia

intelectual e para o envolvimento ativo dos indivíduos na identificação de problemas e na procura de soluções para esses mesmos problemas, num ambiente democrático (REIS, 2013).

Por isso, organizamos os objetivos de aprendizagem, dessa sequência didática, de acordo com as dimensões conceituais (C), procedimentais (P) e atitudinais (A) do conteúdo (COLL et al., 1992; CONRADO, NUNES-NETO, 2018; ZABALA, 1998).

As dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA) são concepções mais abrangentes dos conteúdos escolares/acadêmicos; essas três dimensões dos conteúdos englobam o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes fundamentais para uma formação mais completa dos sujeitos enquanto cidadãos efetivamente envolvidos em ações sociopolíticas (CONRADO, NUNES-NETO, 2018, p. 90). É importante enfatizar que a distinção dos conteúdos em suas dimensões CPA é artificial e metodológica. Quando os conteúdos são sistematizados de acordo com as suas dimensões eles podem ajudar na aprendizagem cognitiva, comportamental e social do conteúdo. De acordo com Conrado e Nunes-Neto (2018), ressaltar uma concepção multidimensional do conteúdo é explicitar aspectos éticos e políticos dos processos de ensino e aprendizagem, ou seja, contribuir para explicitar a dimensão atitudinal é um modo de combater o currículo oculto, no qual valores e práticas são ensinados e aprendidos sem adequada discussão e reflexão da comunidade escolar.

Além disso, a construção da sequência didática, desse estudo, se baseou em uma realidade local, pois como afirma Paulo Freire, o conteúdo científico precisa ser relevante para o aluno e deve ser abordado dentro do seu contexto. Desse modo, a escolha do tema se deu através da proposta de implantação de duas usinas nucleares no nordeste brasileiro, sendo que uma destas usinas deve ser implantada no município de Itacuruba. Itacuruba é um município localizado às margens do lago de Itaparica, entre as cidades de Belém de São Francisco e Floresta.

Embora, a proposta de implantação desta usina nuclear já tenha sido discutida no município de Itacuruba, boa parte da população dos municípios vizinhos ainda não tem conhecimento dessa proposta. Dessa maneira, consideramos pertinente levar para a sala de aula o que já foi e o que vem sendo debatido sobre a proposta de implantação dessa central nuclear, para que os estudantes tomem

consciência sobre a proposta de implementação dessa usina. Além de abordar o conteúdo sobre energia nuclear que é um dos temas da Física Moderna e Contemporânea (FMC), que é pouco abordado no ensino de Física no nível médio. A energia nuclear é um tema bastante controverso e debatido no mundo inteiro. Os benefícios e malefícios da utilização da energia nuclear são um ponto de discordância entre os cientistas, políticos, mídias etc. Logo, a energia nuclear se configura como um exemplo de uma QSC controversa que está dentro do contexto dos estudantes do ensino médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano Campus Salgueiro (IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro).

Escolhemos o IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro como o local mais apropriado para a aplicar futuramente essa sequência didática, tendo em vista que essa instituição é composta por estudantes dos municípios que serão diretamente atingidos pela usina nuclear, bem como de outros municípios e estados que serão afetados indiretamente. O IF Sertão Pernambucano Campus Salgueiro é uma instituição de ensino pública bem heterogênea, pois abrange estudantes da zona rural e urbana de vários municípios vizinhos, assim como estudantes de comunidades quilombolas e indígenas da região. A maioria dos estudantes dessa instituição são oriundos de escolas públicas de Salgueiro e municípios vizinhos, bem como de outros estados, como Ceará e Bahia.

Apresentamos, a seguir, a nossa sequência didática baseada em uma QSC. Segundo Conrado e Nunes-Neto (2018) é mais adequado apresentar as QSCs sob a forma de casos, que são construídos como histórias que apresentam, se possível, diálogos e atores sociais que fazem parte dos contextos socioculturais dos estudantes. Dessa maneira o caso da nossa QSC está descrito abaixo.

Caso: Itacuruba, cidade situada às margens do São Francisco no Sertão pernambucano, terá Usina Nuclear?

Em 2013, o nordeste brasileiro sediou, pela primeira vez, a maior conferência de energia nuclear da América Latina, na qual reuniu os presidentes de todas as estatais do Brasil ligadas ao setor, no centro de convenções na cidade de Olinda-PE.

O Plano Nacional de Energia (PNE), que subsidia o governo na formulação de sua estratégia para a expansão da oferta de energia, afirmou que até 2030 serão construídas duas usinas nucleares no nordeste brasileiro, sendo que uma delas deve ser construída no sertão de Pernambuco no município de Itacuruba. Esse município tem uma área de aproximadamente 430 km² e no último censo a cidade tinha cerca de 5000 habitantes.

Desse modo, a justificativa para a construção da central nuclear nesse município é que, com a construção de uma usina nuclear, os impactos ambientais serão minimizados e o esgotamento da capacidade das hidroelétricas pode ser evitado.

"O momento atual é de desenvolver a substituição de hidroelétrica e também o acréscimo de energia, porque o Brasil, nesse momento, está crescendo. Os riscos de energia nuclear são muito baixos e são controláveis. Isso significa que é muito difícil ter um acidente", explica Carlos Henrique Mariz, Coordenador Regional de Eletronuclear⁴².

Por outro lado, segundo o pesquisador Solbes, no artigo *Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico* (ii): ejemplos, publicado em 2013 na revista *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, as usinas nucleares são menos poluentes quando elas estão operando normalmente, mas, em caso de acidentes nucleares, a emissão e a contaminação radioativas causam grandes desastres ambientais e sociais. Além disso, o enriquecimento e o transporte do urânio requer uma alta quantidade de energia elétrica, logo, o combustível dos transportes emite CO₂, a desmontagem da usina (que é lixo radioativo) e o transporte de resíduos também emitem CO₂. Sem contar que o urânio é um recurso não renovável e sua extração causa danos ambientais e sociais.

Devido à especulação em torno da implantação dessa usina e pela experiência que a população local da região já teve com outras obras como a transposição do Rio São Francisco, a Ferrovia Transnordestina e a construção da Hidroelétrica de Itaparica, em junho de 2012, a população de Itacuruba e região realizou uma manifestação contra a proposta de implantação dessa usina nuclear. Alguns dos moradores afirmaram que estão com receio de serem expulsos novamente da sua cidade, tendo em vista que a antiga cidade de Itacuruba foi inundada em 1987 pela barragem de Itaparica. O líder da

⁴² Para mais informações, ver a reportagem: "Conferência debate instalação de usinas nucleares no Nordeste" disponível em: <<http://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2013/11/conferencia-debate-instalacao-de-usinas-nucleares-no-nordeste.html>>.

comunidade indígena “Pankará”, Geraldo Lopes, afirma que “*Nós morávamos em terra fértil, agora é uma terra de cascalho. Depois da barragem, boa parte da população entrou em depressão ou morreu*”. Segundo a moradora da região, Maria José, “*repetir a história é o que a população não quer. O governo impõe os projetos sem escutar o povo. Dessa vez, queremos ser considerados*”⁴³.

Levando-se em consideração os aspectos apresentados no caso e a necessidade de considerar a opinião da população e os efeitos da implantação dessa usina sobre o ecossistema do Rio São Francisco, na caatinga e nos animais terrestres da região,

Qual a posição de vocês sobre a proposta de implantação dessa usina na região?

Questões orientadoras

Visando promover um maior aprofundamento dos temas envolvidos no caso, utilizaremos as questões orientadoras para serem discutidas nas aulas durante o desenvolvimento da sequência didática:

- 1) Quais os princípios éticos envolvidos na proposta de implantação da usina nuclear?
- 2) Quais os interesses envolvidos nas informações da reportagem exibida pela Rede Globo local?
- 3) Quais as consequências à médio e à longo prazo na implantação da usina nuclear na região do São Francisco?
- 4) Quem são os indivíduos envolvidos no caso? A implantação dessa usina beneficiará o máximo de indivíduos envolvidos? Todos serão igualmente beneficiados e prejudicados?
- 5) O que é radiação?
- 6) O que é radioatividade?
- 7) O que é contaminação radioativa?

⁴³ Para mais informações consultar: Manifestação contra usina nuclear mobiliza sertão de Pernambuco disponível em: <<http://www.quimicosunificados.com.br/6173/manifestacao-contra-usina-nuclear-mobiliza-sertao-de-pernambuco/>>.

- 8) A dose de radiação emitida pela usina nuclear é menor do que a do ambiente?
- 9) O que é lixo radioativo?
 - 10) Como são armazenados o lixo radioativo das usinas nucleares?
 - 11) As usinas nucleares podem ajudar a diminuir a emissão de CO₂ no mundo?
 - 12) O número de acidentes ligados às centrais é baixo e por isso é uma energia segura?
 - 13) Por que a região Nordeste foi escolhida na proposta de implantação de duas usinas nucleares até 2030?
 - 14) Quais aspectos são analisados para escolher a localização das novas centrais nucleares?
 - 15) Por que usar energia nuclear e não outras formas alternativas de energia, como a eólica e a solar?
 - 16) Existe uma relação entre o aumento da demanda de energia nos grandes centros urbanos com a necessidade de instalação dessas duas usinas no Nordeste? Como reduzir essa demanda?

Para validar essa sequência didática você deverá ler os objetivos de ensino, as questões orientadoras e os objetivos de aprendizagem (CPA) propostos em cada aula e analisar se eles estão de acordo com as atividades e materiais propostos em cada aula, você deverá assinalar apenas uma opção, dentre as alternativas () Sim, () Parcialmente e () Não, representadas na coluna de análise na Tabela 1. Ao lado dos objetivos de aprendizagem colocamos os códigos de cada dimensão do conteúdo. Por exemplo: C1, representa o conteúdo conceitual 1; P1, representa o conteúdo procedimental 1; A1, representa o conteúdo atitudinal 1 e assim por diante. Será extremamente importante para a validação dessa intervenção, a inserção de críticas, justificativas e/ou sugestões.

Tabela 1 - Sequência Didática.

Aulas	Objetivos de ensino	Objetivos de aprendizagem (CPA)	Atividades e materiais propostos	Os objetivos de ensino, as questões orientadoras e os objetivos de aprendizagem (CPA) estão de acordo com as atividades e materiais propostos?	Críticas, Justificativas e/ou Sugestões
1 e 2	Realizar o levantamento das concepções prévias dos alunos sobre a utilização e a produção de energia elétrica; as fontes alternativas de energia; os recursos	(P1) Realizar pesquisas, elaborar tabelas e gráficos para conhecer e organizar informações sobre a oferta, consumo e demanda de energia elétrica na região.	Utilização de um questionário para coletar as concepções prévias dos alunos (O questionário se encontra no Apêndice B). O professor dividirá a turma em quatro grupos e solicitará que eles realizem uma pesquisa sobre a oferta, o	() Sim () Parcialmente () Não	

	<p>renováveis e não renováveis; a energia nuclear; a radiação e a radioatividade.</p> <p>Propor a realização de uma pesquisa sobre oferta, consumo e demanda de energia elétrica na região.</p>	<p>(P2) Aprimorar a habilidade de trabalhar em grupo.</p>	<p>consumo e a demanda de energia elétrica na região. O Grupo 1 – vai pesquisar sobre o consumo e a demanda de energia elétrica na região; o Grupo 2 – pesquisar a oferta de energia pelas usinas hidroelétricas da região; o Grupo 3 – vai pesquisar sobre as fontes alternativas de energia utilizadas na região; o Grupo 4 – pesquisar quais são os setores que mais consomem a energia elétrica produzida na região.</p> <p>As informações coletadas nesse levantamento bibliográfico serão socializadas através das apresentações dos grupos e discussões na próxima aula.</p>		
3	<p>Realizar um debate crítico e reflexivo sobre o consumo, oferta e demanda de energia na região.</p>	<p>(P3) Apresentar seminários para socializar as informações entre os grupos.</p> <p>(P4) Avaliar a credibilidade das fontes de informações levando em consideração os interesses subjacentes.</p> <p>(A1) Tomar consciência mais geral</p>	<p>Apresentação de seminários pelos grupos de alunos e a mediação do professor nas discussões sobre a temática.</p> <p>O professor provocará os alunos para que eles avaliem a credibilidade das informações e das fontes que eles utilizaram para dar suporte as apresentações dos seminários.</p> <p>O professor irá reforçar a importância dos alunos conhecerem a demanda, o consumo e a oferta de energia da região para que eles tenham consciência de que a energia elétrica</p>	<p>() Sim () Parcialmente () Não</p>	

		sobre geração, consumo e demanda da energia elétrica na região a partir da socialização entre os grupos.	consumida pelas residências é muito pequena quando comparada ao consumo de grandes empresas.		
4 e 5	<p>Apresentar o caso da QSC e a reportagem exibida pela Rede Globo local sobre a implantação da usina nuclear.</p> <p>Apresentar os aspectos éticos que a QSC envolve.</p> <p>Responder as questões orientadoras:</p> <p>1) Quais os princípios éticos envolvidos na proposta de implantação da usina nuclear?</p> <p>2) Quais os interesses envolvidos nas informações da reportagem exibida pela Rede Globo local?</p> <p>3) Quais as consequências à médio e à longo prazo na implantação da</p>	<p>(A2) Tomar consciência sobre a implantação da usina nuclear na região do São Francisco.</p> <p>(C1) Compreender conceitos e princípios relacionados à ética, como o consequencialismo utilitarista, antropocentrismo e biocentrismo.</p> <p>(P5) Estruturar a capacidade de resolver problemas sociais, mobilizando o conhecimento científico e ético.</p> <p>(A3) Refletir sobre as questões éticas e morais envolvidas na proposta de implantação da usina.</p>	<p>Nessa aula, serão apresentados aos estudantes o caso da QSC e a reportagem exibida pela rede Globo. Em seguida, será realizada uma discussão sobre os aspectos morais que a QSC envolve, como o antropocentrismo que prioriza as necessidades exclusivamente humanas e econômicas, na construção desse empreendimento, e desconsidera os efeitos da construção dessa usina nuclear sobre os animais, a caatinga e o rio. Desse modo, o professor enfatizará que os aspectos da moral biocêntrica precisam ser considerados na proposta de implantação da central nuclear, uma vez que o Homem, os animais terrestres e aquáticos e a vegetação serão diretamente atingidos pela construção dessa usina. Além disso, é necessário abordar a teoria ética utilitarista, pois é preciso analisar as consequências dessa ação à médio e à longo, e se ela beneficiará o máximo possível de indivíduos envolvidos.</p>	<p><input type="checkbox"/> Sim</p> <p><input type="checkbox"/> Parcialmente</p> <p><input type="checkbox"/> Não</p>	

<p>usina nuclear na região do São Francisco?</p> <p>4) Quem são os indivíduos envolvidos no caso? A implantação dessa usina beneficiará o máximo de indivíduos envolvidos? Todos serão igualmente beneficiados e prejudicados?</p>	<p>(A4) Compreender e refletir sobre os interesses que estão envolvidos na reportagem da mídia local.</p> <p>(P6) Ler o texto científico intitulado “O que é irradiação? E contaminação radioativa? Vamos esclarecer?”</p>	<p>Ainda nessa aula o professor irá analisar, juntamente com os alunos, os interesses que estão por trás das informações apresentadas na reportagem. E enfatizar a importância dos estudantes conhecerem e saberem discernir quais fontes de informações são mais confiáveis, a validade das informações mencionadas e pesar os méritos de alternativas rivais. Por isso, será fornecido, aos estudantes, o trecho “Nucleares e Antinucleares” traduzido do artigo de Solbes (2013)⁴⁴, no qual ele apresenta argumentos contrários à instalação de uma usina nuclear.</p> <p>No final dessa aula será recomendado pelo professor que os alunos leiam (em casa) o texto científico intitulado “O que é irradiação? E contaminação radioativa? Vamos esclarecer?”⁴⁵ Esse texto científico apresenta vários conceitos Físicos que serão importantes para os alunos, tais como, a diferença entre irradiação e contaminação radioativa, radiação, alfa, beta e gama, contaminação radioativa, entre outros, além de</p>		
--	--	---	--	--

⁴⁴ SOLBES, J. Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (ii): ejemplos. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v.10, n. 3, p. 148-158, 2013. Disponível em <http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/15113/3-408_Solbes.pdf?sequence=7>. Acesso em: 23 maio 2017

⁴⁵ RODRIGUES JÚNIOR, A. A. O que é irradiação? E contaminação radioativa? Vamos esclarecer? **Revista A Física na Escola**, v. 8, n. 2, p. 40-43, 2007. Disponível em < <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a11.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2018.

			esclarecer alguns conceitos Físicos que são distorcidos pela mídia quando há acidentes que envolve materiais radioativos.		
6 e 7	<p>Discutir os principais aspectos do texto “O que é irradiação? E contaminação radioativa? Vamos esclarecer?”</p> <p>Iniciar a abordagem dos principais conteúdos científicos que a QSC envolve.</p> <p>Responder as questões orientadoras:</p> <p>5) O que é radiação?</p> <p>6) O que é radioatividade?</p> <p>7) O que é contaminação radioativa?</p> <p>8) A dose de</p>	<p>(C2) Entender a diferença entre irradiação e contaminação radioativa.</p> <p>(C3) Compreender os principais conceitos que estão relacionado à geração de energia elétrica a partir da energia nuclear. Como, por exemplo, os tipos de radiação; o conceito de isótopos; e o decaimento radioativo.</p>	<p>O professor da turma irá provocar e mediar uma breve discussão sobre o texto científico lido pelos alunos, com intuito de enfatizar os principais aspectos apontados no texto que serão relevantes para o entendimento de alguns conceitos científicos relacionados ao tema.</p> <p>Aproveitando a ênfase dada ao conceito de radiação no artigo científico, o professor aprofundará esse conceito dando uma ênfase maior no decaimento radioativo, na liberação de radiação alfa, beta e gama que são emitidas por todos os elementos com número atômico (Z)⁴⁶ maior do que o do chumbo Z=82 e a comparação desses tipos de radiação com outros, como por exemplo, os raios X e a luz visível. Essa aula será dialogada, como sugestão de material, temos os livros Física Conceitual de Hewitt, (2015)⁴⁷; Física moderna:</p>	<p>() Sim</p> <p>() Parcialmente</p> <p>() Não</p>	

⁴⁶ O número atômico dos elementos químicos representa o número de prótons que existe no núcleo de um átomo.

⁴⁷ HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução Trieste Freire Ricci. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

	<p>radiação emitida pela usina nuclear é menor do que a do ambiente?</p>		<p>Experimental e aplicada de Chesman; André; Macêdo (2004)⁴⁸.</p> <p>Além disso, será apresentado o conceito de Isótopos a partir do livro didático de Química de Feltre (2009)⁴⁹; dos métodos de obtenção e características de alguns radioisótopos, como o Cobalto-60, Tecnécio-99, Flúor-18, Iodo-131, Iridio-192, Carbono-11 e do Césio-137 a partir do livro Aplicações da Energia Nuclear na Saúde elaborado por Carvalho e Oliveira (2017)⁵⁰.</p>		
8 e 9	<p>Apresentar o decaimento radioativo e a meia vida dos combustíveis utilizados nos reatores nucleares para gerar a energia elétrica.</p> <p>Responder as questões orientadoras:</p> <p>9) O que é lixo radioativo?</p> <p>10) Como são</p>	<p>(C4) Compreender os principais conceitos que estão relacionado à geração de energia elétrica a partir da energia nuclear. Tais como, decaimento radioativo e meia vida.</p> <p>(P7) Desenvolver a habilidade para resolver problemas conceituais e para</p>	<p>O conceito de meia vida e decaimento radioativo será estudado através de uma adaptação da atividade lúdica proposta no livro Aplicações da Energia Nuclear na Saúde de Carvalho e Oliveira (2017), utilizando os seguintes materiais: M&M⁵¹, dados, bandejas e cartolinas.</p> <p>Os alunos serão convidados a realizar a atividade experimental com o material fornecido. A partir da realização dessa atividade eles irão construir gráficos que ilustrem o</p>	<p>() Sim () Parcialmente () Não</p>	

⁴⁸ CHESMAN, C.; ANDRÉ, C.; MACÊDO, A. **Física Moderna**: experimental e aplicada. 2. ed. v. 1. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

⁴⁹ FELTRE, R. **Química**. 7. ed. São Paulo: Moderna, 2008.

⁵⁰ CARVALHO, R. P.; OLIVEIRA, S. M. V. **Aplicações da Energia Nuclear na Saúde**. São Paulo: SBPC; Viena: IAEA, 2017. Disponível em < <http://portal.sbpnet.org.br/livro/energianuclearnasaude.pdf> >. Acesso em 08 de maio 2018.

⁵¹ Bolinhas de chocolate.

	armazenados o lixo radioativo das usinas nucleares?	<p>correlacionar as analogias com o fenômeno natural.</p> <p>(P8) Construir gráficos que ilustrem o decaimento radioativo.</p> <p>(P9) Correlacionar a analogia com o fenômeno natural, construindo gráficos que ilustrem o decaimento radioativo e a meia vida de alguns elementos que são utilizados como combustíveis nas usinas nucleares.</p>	<p>número de partículas que decaíram em função do número de jogadas, além de determinar a meia vida dos dádivions⁵² e chocolátons⁵³ (Os detalhes dessa atividade estão descritos no Anexo A).</p> <p>Serão solicitados aos alunos que eles estabeleçam uma relação entre a analogia da atividade experimental realizada com os dádivions e chocolátons e a utilização de alguns elementos como o Urânio-235, Netúnio-237 e Plutônio-240 que são utilizados como combustíveis nas usinas nucleares.</p> <p>Os alunos deverão nessa correlação construir gráficos que ilustrem o decaimento radioativo do Urânio-235, Netúnio-237 e Plutônio-240, bem como determinar a meia vida desses elementos.</p>		
10 e 11	Abordar o conteúdo sobre Fissão Nuclear e funcionamento da usina nuclear na geração de energia elétrica.	(C5) Compreender os principais conceitos que estão relacionados à geração de energia elétrica a partir da energia nuclear. Tais como, fissão nuclear; funcionamento da	Aula dialogada sobre o processo de fissão nuclear e funcionamento da usina nuclear na geração de energia elétrica. Como material de apoio para essa aula serão utilizados os livros Física Conceitual de Hewitt (2015); Física moderna: Experimental e aplicada de Chesman; André; Macêdo, (2004); Aplicações da	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	

⁵² Termo utilizado pelas autoras para transformar o objeto dado em partículas dádivions.

⁵³ Termo utilizado pelas autoras para transformar o objeto Chocolate em partículas chocolátons.

		<p>usina nuclear para a geração da energia elétrica.</p> <p>(C6) Conhecer os impactos causados pelos acidentes nucleares e dos rejeitos radioativos sobre o meio ambiente e a sociedade.</p> <p>(C7) Conhecer diversas aplicações da energia nuclear.</p> <p>(A5) Tomar consciência sobre o processo de geração de energia elétrica nas usinas nucleares e o impacto dessa geração de energia no ambiente e na sociedade.</p>	<p>Energia Nuclear na Saúde Carvalho e Oliveira (2017) e o material elaborado pela Casa da Ciência da UFRJ, CNEN e pelo Instituto Ciência Hoje (2010)⁵⁴, denominado “Quanta Energia”.</p> <p>No final dessas aulas, será solicitado aos estudantes que leiam (em casa) o material fornecido pelo professor, para no próximo encontro eles participarem de um grande debate. O material fornecido aos alunos será a apostila intitulada “Aplicação da Energia Nuclear” elaborado por Cardoso, Alves, Braz e Pestana⁵⁵. Essa apostila enfatiza várias aplicações da energia nuclear em diferentes áreas como, na medicina, na agricultura, na indústria e na datação por carbono 14.</p> <p>Além disso, serão fornecidos aos estudantes as opiniões dos moradores da região sobre a implantação dessa usina que estão disponíveis em blogs e sites, como por exemplo, o site do Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA) e o site Sindicato Químicos Unificados que publicaram uma matéria sobre</p>		
--	--	---	---	--	--

⁵⁴ Casa da Ciência; Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da UFRJ; Comissão Nacional de Energia Nuclear; Instituto Ciência Hoje. **Quanta Energia**. Rio de Janeiro: UFRJ, Casa da Ciência, 2010. Disponível em <<http://www.cnen.gov.br/ultimas-noticias/75-cin/material-didatico-cnen/250-quanta-energia>>. Acesso em: 20 de maio 2018.

⁵⁵ CARDOSO, E. M.; ALVES, I. P.; BRAZ, C.; Pestana, S. **Aplicação da Energia Nuclear**. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em <<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/aplicacoes-da-energia-nuclear.pdf>>. Acesso em: 20 de maio 2018.

			<p>uma manifestação realizada na região conhecida como Marcha das Águas⁵⁶ na qual os moradores de Itacuruba e região se apresentaram contra a proposta de implantação da usina nuclear na região.</p> <p>Julgamos que é importante, também, que os estudantes conheçam os impactos que acidentes como o de Chernobyl e Fukushima causaram e causam no ambiente e na sociedade. Por isso, será solicitado que os alunos assistam (em casa) o documentário: O Desastre de Chernobyl da Discovery Channel⁵⁷ e o documentário sobre o acidente de Fukushima “Segundos Fatais Usina Nuclear De Fukushima”⁵⁸.</p>		
12 e 13	Realizar um debate para estimular reflexões para o desenvolvimento de ações sociopolíticas e para a tomada de posição dos estudantes sobre a	<p>(P10) Debater as questões éticas, sociais, ambientais, políticas, econômicas e científicas envolvidas na QSC.</p> <p>(A6) Mobilizar os</p>	<p>A turma será dividida em três grupos diferentes, onde cada grupo representará um público:</p> <p>Grupo 1) Cidadãos que moram às margens do Rio São Francisco na cidade Itacuruba enfrentando uma situação que afetará a comunidade</p>	<p>() Sim () Parcialmente () Não</p>	

⁵⁶ Para maiores informações consultar: Manifestação realizada pela população de Itacuruba e região contra a proposta de implantação da usina nuclear na região. Disponível em <<http://www.irpaa.org/noticias/457/marcha-das-aguas-lanca-carta-de-itacuruba>>; Manifestação contra usina nuclear mobiliza sertão de Pernambuco disponível em: <<http://www.quimicosunificados.com.br/6173/manifestacao-contra-usina-nuclear-mobiliza-sertao-de-pernambuco/>>.

⁵⁷ Documentário O Desastre de Chernobyl da Discovery Channel. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=bv4AoqZsfHs>>

⁵⁸ Documentário sobre o acidente de Fukushima “Segundos Fatais Usina Nuclear De Fukushima”. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=I9rKaKZcS6Q>>.

<p>proposta de implantação da usina nuclear na região.</p> <p>Responder as questões orientadoras:</p> <p>11) As usinas nucleares podem ajudar a diminuir a emissão de CO₂ no mundo?</p> <p>12) O número de acidentes ligados às centrais é baixo e por isso é uma energia segura?</p> <p>13) Por que a região Nordeste foi escolhida na proposta de implantação de duas usinas nucleares até 2030?</p> <p>14) Quais aspectos são analisados para escolher a localização das novas centrais nucleares?</p> <p>15) Por que usar energia nuclear e não outras formas alternativas de energia, como a eólica e a solar?</p>	<p>conhecimentos da área da filosofia moral e do conteúdo científico sobre energia nuclear que são relevantes para uma tomada de posição.</p> <p>(A7) Se envolver em ações sociopolíticas, como a produção de vídeos para serem publicados no <i>You Tube</i>, mobilizando o conteúdo científico estudado, bem como os valores éticos, morais, econômicos, sociais, ambientais e políticos na tomada de posição sobre a QSC.</p>	<p>ribeirinha e o ecossistema. Esse primeiro grupo irá discutir interesses desse dos cidadãos comuns e principalmente questões éticas, sociais e ambientais relacionadas ao tema;</p> <p>Grupo 2) representantes da prefeitura da cidade que deve prezar pelo bem comum, apesar dos interesses políticos. Esse grupo irá discutir questões éticas e sociais de governantes e interesses políticos;</p> <p>Grupo 3) Representantes da Eletronuclear. Esse grupo focará nos aspectos éticos e sociais e interesses políticos e econômicos.</p> <p>Todas essas discussões serão mediadas pelo professor.</p> <p>No final dessa aula será solicitado aos alunos que eles produzam um vídeo para ser publicado no <i>You Tube</i> apontando os impactos sociais, ambientais, culturais, políticos econômicos e éticos na implantação da usina nuclear na região, bem como a tomada de posição da equipe frente a essa proposta.</p>		
--	--	--	--	--

16) Existe uma relação entre o aumento da demanda de energia nos grandes centros urbanos com a necessidade de instalação dessas duas usinas no Nordeste? Como reduzir essa demanda?				
---	--	--	--	--

Fonte: das autoras e do professor colaborador

Você pode fazer comentários gerais relacionados à qualquer aspecto da sequência didática, inclusive sobre o caso da questão sociocientífica.

Comentários Gerais:

Apêndice B – Questionário para realizar o levantamento das concepções prévias dos estudantes.

1. Por que a sociedade atual é dependente do consumo de energia elétrica? Justifique sua resposta.
2. De onde vem a maior parte da energia consumida pelos brasileiros?
3. Como ocorre a produção de energia elétrica?
4. O que são fontes alternativas de energia? Dê exemplos.
5. O que são recursos de energia renováveis e não renováveis? Cite alguns exemplos.
6. O que é energia nuclear?
7. Existe a utilização de energia nuclear no Brasil?
8. O que é radiação?
9. O que é um elemento radioativo?

ANEXO

Anexo A – Atividade lúdica sobre decaimento radioativo e meia vida proposta por Carvalho e Oliveira (2017).

Simulação de um decaimento radioativo

Os Físicos descobriram uma nova partícula, os chocolátos, e vamos investigar suas propriedades. Uma dessas partículas, denominada “M&M”, tem a propriedade interessante de que tende a decair, isto é, tende a desaparecer, mas de forma muito especial, que veremos no seguinte experimento.

Material necessário

Um pacote grande de chocolates “M&M”

Uma bandeja com bordas elevadas

Procedimento

a) Obtenha e conte uma quantidade inicial de chocolátos. Anote a contagem como $C(0)$.

b) Despeje as partículas numa bandeja. Quando os “M&Ms” perdem sua energia e entram em repouso, você notará que algumas das partículas estão diferentes. Alguns “M&Ms” têm um “M” branco visível. Tais partículas decaíram e agora são comestíveis (se quiser, coma todos os “M&Ms” que estão com o “M” para cima).

c) Conte o número de chocolátos que sobraram (os que estão com o “M” para baixo). Anote o número como $C(1)$.

d) Repita os passos b) e c), mudando o número da contagem para $C(2)$, $C(3)$, etc., até completar 10 contagens ou até acabarem os chocolátos (se as partículas acabarem, não inclua a contagem zero nas suas anotações).

e) Faça um gráfico do número de “M&Ms” restantes em função do número de lançamentos. Isto é, o número de “M&Ms” ficará no eixo-y (variável dependente), e o número de contagens no eixo-x (variável independente). Trace uma curva suave ligando os pontos. Essa será a curva de decaimento dos seus doces.

f) A meia-vida das partículas é o número de lançamentos necessários para que metade do número inicial de partículas tenha decaído. Qual a meia-vida dos

chocolátons? Compare seus resultados com os dos seus colegas, levando em conta que eles começaram com um número diferente de partículas.

Agora repita seu experimento usando outras partículas, os dáditions:

Material

100 ou mais dados de jogar

1 bandeja de bordas elevadas

1 cartolina branca

Procedimento

a) Jogue seus dáditions sobre a bandeja. Separe os que tiverem caído com o número 6 para cima: esses são os que “decaíram”.

b) Faça uma coluna com os dáditions que decaíram, no canto esquerdo da cartolina.

c) Recolha os dáditions que ficaram na bandeja, misture-os e jogue novamente. Haverá um novo conjunto que caiu com o número 6 para cima.

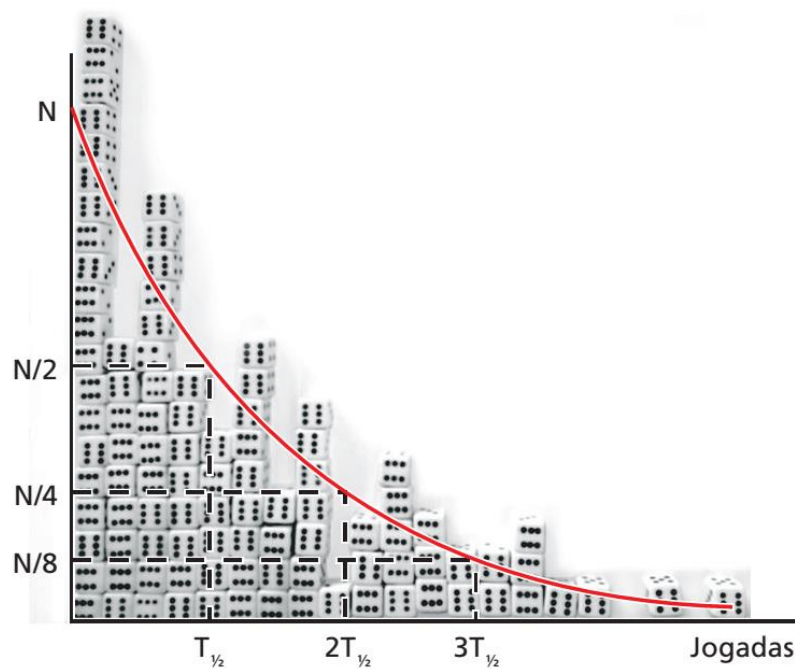
d) Faça uma nova coluna com os dáditions que decaíram no item c), colocando-a à direita da primeira.

e) Repita os passos c) e d) até completar 10 colunas, ou até acabarem os dáditions.

f) Analise a figura formada sobre a cartolina: ela representa a curva de decaimento dos dáditions, onde o número de jogadas está no eixo horizontal, e o número de partículas que decaíram está no eixo vertical (Figura 1).

g) Com base na figura obtida, determine a meia-vida dos dáditions. Quais as semelhanças e as diferenças entre o decaimento dos chocolátons e dos dáditions?

Figura 1- Curva de decaimento dos dádios.



Fonte: Carvalho e Oliveira (2017, p. 49).