

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
MESTRADO**

JOSÉ ELIVELTON GOMES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA RESPONSABILIDADE
SOCIOAMBIENTAL POR ESTUDANTES NA PERSPECTIVA CIÊNCIA-
TECNOLOGIA-SOCIEDADE (CTS) SOBRE RESÍDUOS PLÁSTICOS**

Recife, 2021

JOSÉ ELIVELTON GOMES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA RESPONSABILIDADE
SOCIOAMBIENTAL POR ESTUDANTES NA PERSPECTIVA CIÊNCIA-
TECNOLOGIA-SOCIEDADE (CTS) SOBRE RESÍDUOS PLÁSTICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGEC-UFRPE) como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientadora: Prof(a). Dr(a). Ruth do Nascimento
Firme

Recife, 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O48a Oliveira, José Elivelton Gomes de
Análise do processo de desenvolvimento da responsabilidade socioambiental por estudantes na perspectiva ciência-tecnologia-sociedade (CTS) sobre resíduos plásticos / José Elivelton Gomes de Oliveira. 2021.
146 f. : il.
- Orientadora: Ruth do Nascimento Firme.
Inclui referências e anexo(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Recife, 2021.
1. Ensino de ciências. 2. Perspectiva CTS. 3. Espiral de Responsabilidade. 4. Resíduos plásticos. 5. Responsabilidade socioambiental. I. Firme, Ruth do Nascimento, orient. II. Título

JOSÉ ELIVELTON GOMES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA RESPONSABILIDADE
SOCIOAMBIENTAL POR ESTUDANTES NA PERSPECTIVA CIÊNCIA-
TECNOLOGIA-SOCIEDADE (CTS) SOBRE RESÍDUOS PLÁSTICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGEC-UFRPE) como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Defendida em: 01 de Junho de 2021

Comissão examinadora

Prof(a). Dr(a). Ruth do Nascimento Firme – Presidente - Orientadora
Universidade Federal Rural De Pernambuco

Prof. Dr. Albino Oliveira Nunes – Examinador externo
Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof(a). Dr(a). Suely Alves da Silva – Examinadora interna
Universidade Federal Rural De Pernambuco

Prof(a). Dr(a). Maria Marly de Oliveira – Examinadora interna
Universidade Federal Rural De Pernambuco

A todos familiares, amigos e amigas que fazem parte
dessa história, de forma especial, à memória de José
Fernandes.

AGRADECIMENTOS

Gratidão a Deus por nos conceder o dom da Sabedoria, do Entendimento e da Ciência, possibilitando assim, a escrita desta dissertação, pois com sua graça, nos consentiu saúde nesse momento tão difícil e nos livrou de todo e qualquer mal.

Gratidão aos profissionais de educação da Escola Estadual estabelecida como local da pesquisa, ao professor de Química Carlos, e aos(as) estudantes que me acolheram e foram fundamentais para a realização desta pesquisa.

Gratidão a todos(as) os(as) professores(as) que fizeram parte da minha trajetória e contribuíram significativamente para minha formação profissional e humana. Em especial, agradeço pelas contribuições advindas dos(as) docentes que constituíram a banca de defesa desta dissertação (Prof. Dr. Albino Oliveira Nunes, Prof(a). Dr(a). Suely Alves da Silva, Prof(a). Dr(a). Maria Marly de Oliveira), e por toda dedicação da minha orientadora Ruth do Nascimento Firme, pois foi gratificante aprender e compartilhar experiências com essa profissional que tanto admiro.

Gratidão a minha família, meus tios e minhas tias, que acompanharam de perto meus esforços e me incentivaram a persistir nesse caminho traçado até aqui.

Gratidão a todos os meus amigos e as minhas amigas que conviveram comigo nesses dois anos e meio. Dentre tantos, destaco em nossa Ruralinda, a importância do grupo de pesquisa NEPCTS e da turma de mestrado (2019.1) para o PPGEC e para meu enriquecimento acadêmico, a partir dos conselhos e recomendações partilhadas.

Destaco também, o apoio das chefias e dos colegas de trabalho que reavivou minhas energias em busca dos sonhos planejados, e o amparo dos irmãos(ãs) em Cristo que tive em minha Paróquia e na morada eterna. Infelizmente, a covid-19 não permitiu que eu me despedisse de ti, Fernandes, mas como sei que escutas minhas orações, acolhe, junto a Jesus Cristo e à Nossa Senhora, minhas palavras de gratidão proferidas nesta dissertação.

O conhecimento emerge apenas através da invenção e da reinvenção, através da inquietante, impaciente, contínua e esperançosa investigação que os seres humanos buscam no mundo, com o mundo e uns com os outros.

Paulo Freire

RESUMO

Nesta dissertação, temos como objetivo o de analisar o processo de desenvolvimento da responsabilidade socioambiental por estudantes no contexto de uma intervenção pedagógica na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade sobre resíduos plásticos. A pesquisa foi qualitativa e caracterizada como pesquisa participante realizada em uma turma da 3ª série do ensino médio de uma escola da rede pública estadual. Contamos com a participação de 17 estudantes, e tivemos como instrumentos de coleta de dados duas sequências didáticas interativas (SDI), a gravação em áudio, e a observação participante. No percurso metodológico seguimos quatro etapas: Planejamento da SDI I, por meio da qual identificamos as concepções iniciais dos estudantes sobre a presença dos plásticos e a relação destes com a poluição ambiental, e da SDI II, por meio da qual avaliamos possíveis mudanças nas concepções dos estudantes sobre os impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos; Planejamento da intervenção pedagógica; Desenvolvimento da intervenção pedagógica, por meio do qual analisamos suas aulas constitutivas, tendo em vista a autocompreensão, o estudo e reflexão, a tomada de decisão, a ação responsável e a integração; Organização e análise hermenêutica-dialética dos dados. A partir das análises, podemos dizer que, quanto às concepções iniciais dos estudantes, eles têm conhecimento de diferentes objetos plásticos em seu cotidiano e consideram como causas da relação entre os resíduos plásticos e a poluição ambiental: o tempo de degradação, a produção industrial, o descarte incorreto, prejuízos aos animais, e o alto uso/consumo dos plásticos. Quanto às mudanças nas concepções dos estudantes, destacamos a inclusão de ações/atitudes individuais e coletivas, de conscientização, de descarte correto e seletivo, de ajuda, cuidado e respeito como alternativas para minimizar os impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos. Adicionalmente, as análises das aulas constitutivas da intervenção pedagógica revelaram que elas contribuíram para atender as fases da espiral de responsabilidade. Portanto, partindo dessas análises entendemos que o processo de desenvolvimento da responsabilidade socioambiental ao longo da intervenção pedagógica na perspectiva CTS sobre resíduos plásticos ocorreu na medida em que os estudantes: entenderam a problemática dos resíduos plásticos e a relação destes com a poluição ambiental; compreenderam aspectos científicos, tecnológicos e sociais envolvidos, ampliando o entendimento da problemática dos resíduos plásticos; fizeram suas escolhas individuais e tomaram decisões pessoais; comprometeram-se em participar ativamente das questões relacionadas à problemática dos resíduos plásticos e seus impactos socioambientais por meio do planejamento de ações responsáveis; e integraram à compreensão mais ampla da problemática dos resíduos plásticos, aspectos éticos e de valores.

Palavras-chave: Ensino de ciências; Perspectiva CTS; Espiral de Responsabilidade; Resíduos plásticos; Responsabilidade socioambiental.

ABSTRACT

In this dissertation, we aim to analyze the development process of socio-environmental responsibility by students in the context of a pedagogical intervention in the Science-Technology-Society perspective on plastic waste. The research was qualitative and characterized as participatory research carried out in a 3rd grade high school class in a state public school. We had the participation of 17 students, and we had as data collection instruments two interactive didactic sequences (SDI), audio recording, and participant observation. In the methodological path, we followed four steps: Planning SDI I, through which we identify the students' initial conceptions about the presence of plastics and their relationship with environmental pollution, and SDI II, through which we assess possible changes in conceptions from students on the social and environmental impacts caused by plastic waste; Planning the pedagogical intervention; Development of the pedagogical intervention, through which we analyze its constitutive classes, with a view to self-understanding, study and reflection, decision-making, responsible action and integration; Organization and hermeneutic-dialectic analysis of data. Based on the analyses, we can say that, regarding the students' initial conceptions, they are aware of different plastic objects in their daily lives and consider the causes of the relationship between plastic waste and environmental pollution to be: degradation time, industrial production, incorrect disposal, damage to animals, and the high use/consumption of plastics. As for the changes in the students' conceptions, we highlight the inclusion of individual and collective actions/attitudes, awareness, correct and selective disposal, help, care and respect as alternatives to minimize the social and environmental impacts caused by plastic waste. Additionally, the analysis of the classes constituting the pedagogical intervention revealed that they contributed to meeting the phases of the spiral of responsibility. Therefore, based on these analyses, we understand that the process of developing socio-environmental responsibility throughout the pedagogical intervention in the STS perspective on plastic waste occurred as students: understood the problem of plastic waste and its relationship with environmental pollution; understood scientific, technological and social aspects involved, expanding the understanding of the problem of plastic waste; made their individual choices and made personal decisions; pledged to actively participate in issues related to the problem of plastic waste and its social and environmental impacts through the planning of responsible actions; and integrated ethical aspects and values into the broader understanding of the problem of plastic waste.

Keywords: Science teaching, STS perspective, Spiral of Responsibility, Plastic waste, Social-environmental responsibility.

LISTA DE SIGLAS

ACT: Alfabetização Científica e Tecnológica

ADF: Ação-Didático-Formativa

AHD: Análise Hermenêutica-Dialética

BDTD: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

BNCC: Base Nacional Comum Curricular

CEMPRE: Compromisso Empresarial para Reciclagem

CTS: Ciência-Tecnologia-Sociedade

CTSA: Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente

IDEB: Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

MMA: Ministério do Meio Ambiente

ONU: Organização das Nações Unidas

PC/SC: Proposta Curricular de Santa Catarina

PNLD: Programa Nacional do Livro Didático

SAEB: Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica

SDI: Sequência Didática Interativa

S-STS Project: Projeto Ciência através da Ciência, Tecnologia e Sociedade

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O relacionamento entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e o aluno	28
Figura 2 – Propriedades e aplicações de alguns polímeros.....	33
Figura 3 – Fases da espiral de responsabilidade	40
Figura 4 – Esquema da SDI	64
Figura 5 – Fases da intervenção pedagógica no modelo da espiral de responsabilidade	76
Figura 6 – Sequências dos movimentos analíticos da pesquisa a partir da AHD	81
Figura 7 – Imagens do vídeo 1 (A) estimativa da quantidade de lixo que chega aos oceanos; (B) previsão para 2050.....	108
Figura 8 – Síntese dos aspectos envolvidos na fase de autocompreensão	110
Figura 9 – Síntese dos aspectos envolvidos na fase de estudo e reflexão	113
Figura 10 – Síntese dos aspectos envolvidos na fase de tomada de decisão	120
Figura 11 – Planejamentos das ações socioambientalmente responsáveis	121
Figura 12 – Planejamentos das ações socioambientalmente responsáveis voltadas à poluição nas praias.....	122
Figura 13 – Síntese dos aspectos envolvidos na fase de ação responsável	123
Figura 14 – Síntese dos aspectos envolvidos na fase de Integração.....	125
Figura 15 – Síntese dos aspectos envolvidos nas fases da espiral de responsabilidade	126
Figura 16 – Movimento do desenvolvimento da responsabilidade socioambiental sobre a temática dos resíduos plásticos pelos estudantes.....	129

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quantitativos dos trabalhos encontrados	50
Quadro 2 – Trabalhos encontrados e selecionados para a revisão da literatura.....	51
Quadro 3 – Relação dos instrumentos de pesquisa com os objetivos específicos	63
Quadro 4 – Planejamento da aula 01	67
Quadro 5 – Planejamento da aula 02.....	69
Quadro 6 – Planejamento da aula 03.....	71
Quadro 7 – Planejamento da aula 04.....	73
Quadro 8 – Planejamento da aula 05.....	75
Quadro 9 – Matriz de análise das categorias da SDI I	78
Quadro 10 – Matriz de análise das categorias da SDI II	79
Quadro 11 – Categorias e unidades analíticas referentes à primeira questão da SDI I .	84
Quadro 12 – Categorias e unidades analíticas referentes à segunda e terceira questão da SDI I	86
Quadro 13 – Respostas coletivas dos grupos para a SDI I.....	92
Quadro 14 – Categorias e unidades analíticas referentes às questões da SDI II	96
Quadro 15 – Respostas dos grupos para a SDI II e as ações/atitudes	104
Quadro 16 – Soluções escolhidas para a problemática dos resíduos plásticos	114

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
1.1 O PENSAMENTO COMPLEXO COMO PARADIGMA DA CIÊNCIA CONTEMPORÂNEA	19
1.2 O ENSINO DE CIÊNCIAS À LUZ DO PENSAMENTO COMPLEXO	22
1.3 A PERSPECTIVA CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE (CTS)	25
1.3.1 Breve histórico do movimento CTS	25
1.3.2 Aspectos epistêmicos da perspectiva CTS	26
1.3.3 Aspectos pedagógicos da perspectiva CTS	29
1.3.3.1 Enxertos CTS	30
1.3.3.2 A espiral de responsabilidade para a perspectiva CTS	39
1.3.4 Responsabilidade Socioambiental	44
1.4 MAPEAMENTO DAS PESQUISAS SOBRE A PERSPECTIVA CTS E A ESPIRAL DE RESPONSABILIDADE	49
CAPÍTULO 2 METODOLOGIA	58
2.1 CONTEXTO E PARTICIPANTES DA PESQUISA	59
2.2 INSTRUMENTOS DE PESQUISA	60
2.3 PERCURSO METODOLÓGICO	63
2.3.1 1ª Etapa: Planejamento da SDI I e SDI II	63
2.3.2 2ª Etapa: Planejamento da intervenção pedagógica	67
2.3.3 3ª Etapa: Desenvolvimento da intervenção pedagógica	76
2.3.4 4ª etapa: Organização e análise dos dados	77
2.4 ASPECTOS ÉTICOS: RISCOS E BENEFÍCIOS	81
2.5 ARMAZENAMENTO DOS DADOS	82
CAPÍTULO 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	83
3.1 ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES NO PRIMEIRO MOMENTO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA	83
3.1.1 Análise das respostas individuais à primeira questão da SDI I	83

3.1.2	Análise das respostas individuais à segunda e terceira questão da SDI I...	86
3.1.1.1	Tempo de degradação	88
3.1.1.2	Produção industrial.....	88
3.1.1.3	Descarte incorreto	89
3.1.1.4	Prejuízos aos animais	90
3.1.1.5	O alto uso/consumo de plásticos.....	91
3.1.3	Análise das respostas dos grupos às questões da SDI I.....	92
3.2	ANÁLISE CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES NO ÚLTIMO MOMENTO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA.....	95
3.2.1	Análise das respostas individuais às questões da SDI II	96
3.2.1.1	Ações/atitudes individuais	98
3.2.1.2	Ações/atitudes de conscientização.....	99
3.2.1.3	Ações/atitudes de redução no consumo.....	100
3.2.1.4	Ações/atitudes de descarte correto e/ou seletivo	101
3.2.1.5	Ações/atitudes coletivas	102
3.2.1.6	Ações/atitudes de ajuda, cuidado e respeito	102
3.3.2	Análise das respostas em grupos às questões da SDI II.....	103
3.3	ANÁLISE DAS AULAS CONSTITUTIVAS NA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA	106
3.3.1	Análise da aula 1	106
3.3.2	Análise da aula 2	110
3.3.3	Análise da aula 3	113
3.3.4	Análise da aula 4	120
3.3.5	Análise da aula 5	124
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
	REFERÊNCIAS.....	134
	APÊNDICE A – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido	143
	APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	145

INTRODUÇÃO

A motivação pessoal do pesquisador, autor desta dissertação, que entende o papel de transformação social da educação, reside nas experiências vivenciadas na graduação que suscitaram um despertar para o entendimento de que a partir, por exemplo, da perspectiva CTS, é possível fazermos ciência com consciência, de forma crítica e inter-relacionada com o contexto social e com os impactos ambientais, que tanto inquietam e fazem querer ser um agente transformador para si mesmo e para os estudantes.

Partindo dessa motivação, nosso olhar de professor e pesquisador, permite-nos perceber que nos dias atuais, a presença da ciência e da tecnologia na vida das pessoas tem sido incontestável. As aplicações do desenvolvimento científico e tecnológico são significativas na medicina, agricultura, lazer, comunicação etc.

Por outro lado, existem situações nas quais as aplicações da ciência e tecnologia têm gerado implicações negativas para a sociedade e o meio ambiente, como, por exemplo, as atividades científicas e tecnológicas relacionadas à exploração de jazidas de petróleo e ao seu transporte marítimo, dado que, em agosto de 2019, houve o derramamento de petróleo no litoral do Nordeste brasileiro, sobretudo nas praias pernambucanas e principalmente nas praias do Cabo de Santo Agostinho, dado que foi o município mais atingido de onde foram coletadas cerca de 1018,3 toneladas do óleo (TEIXEIRA, 2019).

Neste contexto, Waks (1992) nos traz reflexões sobre a necessidade de uma educação que promova a ética de responsabilidade social em nossa era tecnológica. A partir da qual, os estudantes quando confrontados com diferentes problemas socioambientais passam a compreender que estão inseridos em uma sociedade cada vez mais caracterizada pelas aplicações e implicações positivas ou negativas da ciência e tecnologia.

Além desse entendimento, é preciso repensar nossas concepções sobre a ciência, de tal forma que, apoiado nos fundamentos do paradigma contemporâneo do pensamento complexo de Morin, passamos a valorizar a visão da totalidade científica considerando seus aspectos filosóficos, sociológicos, históricos, políticos, econômicos e humanísticos, colocando em crise a cientificidade clássica, desmitificando a neutralidade

científica, vinculando questões sociais externas e internas (epistemologia e filosofia) à comunidade científica (MORIN, 2005; ROSENTHAL, 1989; SOUZA; MACÊDO, 2015).

Diante deste cenário, existem diferentes abordagens para o ensino de ciências, mas, nesta pesquisa, destacamos a perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (doravante CTS), que tem sido discutida por diversos autores nacionais, como, por exemplo, Santos, W. e Mortimer (2002), Bazzo, Linsingen, Pereira (2003), Auler (2007), Santos e Schnetzler (2010), e por autores internacionais, como Hofstein, Aikenhead, Riquarts (1988), Acevedo (1996), Membiela (2002), Vieira, Tenreiro-Vieira, Martins (2011), entre outros.

A perspectiva CTS tem como um dos seus objetivos preparar os estudantes para enfrentarem o mundo sócio tecnológico em mudança (VIEIRA; TENREIRO-VIEIRA; MARTINS, 2011), capacitando-os para participarem do processo de tomada de decisão e exercerem ações cidadãs voltada às questões sociais relacionadas à ciência e à tecnologia (MEMBIELA, 2002).

Segundo Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins (2011, p. 14), um dos princípios que norteia esta perspectiva de ensino é a “estruturação da ciência em interação com a tecnologia e com a sociedade, no sentido de desenvolver uma visão holística e integradora da ciência”. Portanto, é considerando este princípio da perspectiva CTS que concebemos uma interligação desta com o paradigma da complexidade de Morin, no sentido de uma “visão de totalidade científica que o conhecimento deve permear em contraponto à neutralidade e à fragmentação do conhecimento do século XX” (SOUZA; MACÊDO, 2015, p. 235).

Complementando nosso delineamento sobre a perspectiva CTS, levamos em consideração que na literatura uma das modalidades existentes é o enxerto CTS, feito a partir da introdução e adequação de temas CTS nos componentes curriculares, como é o caso da Química, os quais podem ser selecionados considerando como critérios: ser aplicável na vida dos estudantes; ser atual; e ser ajustável em outros contextos (MEMBIELA, 2002).

Neste sentido, optamos, nesta pesquisa, em trabalhar com o enxerto CTS a partir da temática dos resíduos plásticos. Sendo estes, caracterizados como resíduos sólidos provenientes de atividades humanas que fazem uso do plástico, sendo considerados

como: sem utilidade, descartáveis e/ou indesejáveis (BRASIL, 2010; OLIVEIRA, Maria C., 2012).

Escolhemos trabalhar com essa temática dos resíduos plásticos por questões pessoais vivenciadas pelo pesquisador e pela necessidade de mudanças de hábitos frente ao uso de materiais plásticos descartáveis. Isso porque, segundo Cangemi, Santos, Claro Neto (2005), embora os plásticos tenham relevância para a sociedade contemporânea, por serem leves, resistentes, práticos, versáteis, duráveis e relativamente baratos, o grande consumo e o descarte inadequado desses materiais têm se constituído em uma significativa problemática socioambiental, devido a sua não degradabilidade.

Além disso, a perspectiva CTS no processo de ensino e aprendizagem pode ser conduzida por meio de um modelo, a espiral de responsabilidade de Waks (1992). Vale ressaltar que na literatura, encontramos este modelo denominado de ciclo de responsabilidade ou de espiral de responsabilidade. Nesta pesquisa, adotamos o termo espiral, considerando a construção progressiva da responsabilidade pelos estudantes ao longo do desenvolvimento deste modelo (WAKS, 1992).

A espiral de responsabilidade de Waks é constituída por cinco fases: autocompreensão (compreensão sobre si próprio, considerando suas necessidades, convicções e responsabilidades); estudo e reflexão (estudo de conhecimentos da ciência e da tecnologia e tomada de consciência de seus impactos sociais); tomada de decisão (posicionamento crítico ao confrontar as informações e alternativas como melhores ou não); ação social responsável (planejamento e execução de ações em nível individual e coletivo); integração (compreensão mais ampla das relações CTS, dos valores pessoais e sociais) (WAKS, 1992; MEMBIELA, 2002).

Segundo Waks (1992) a espiral de responsabilidade é uma estrutura curricular para organizar a perspectiva CTS e para promover o desenvolvimento pelos estudantes da responsabilidade social através das fases da espiral, que nesta dissertação, foi adaptada para a responsabilidade socioambiental pelos estudantes.

O trabalho de Voichicoski, Morales (2010), por exemplo, ao pesquisarem sobre a percepção dos estudantes sobre sua responsabilidade frente ao problema do lixo, puderam perceber que “um número relativamente grande de alunos não têm o hábito de

refletir sobre sua ação frente ao meio e não se sente responsável pela busca de ações ecológicas” (p. 14), trouxe-nos incentivo no desenvolvimento desta pesquisa, dado que, foi a partir de seus resultados que buscamos desenvolver uma intervenção pedagógica na perspectiva CTS com a temática dos resíduos plásticos e seus impactos socioambientais, estruturada pelos pressupostos teóricos e metodológicos da espiral de responsabilidade de Waks (1992) visando o desenvolvimento da responsabilidade socioambiental por parte dos estudantes.

Para Waks (1992) responsabilidade é o entendimento das implicações positivas e negativas da ciência e da tecnologia na vida das pessoas e no meio ambiente, a decisão pelo correto para si e para o coletivo, e o comprometimento de participar ativamente como indivíduo e como membro da sociedade, na tomada de decisão pessoais e/ou coletivas na busca de mudanças positivas.

Nesse sentido, a partir do entendimento de responsabilidade social de Waks e de outros autores, nesta pesquisa, consideramos por responsabilidade socioambiental, o entendimento crítico do como as aplicações da ciência e da tecnologia afetam a vida das pessoas e do ambiente; do como as escolhas individuais, considerando valores éticos e normas, contribuem para a decisão pelo correto para si e para o coletivo; e do como o comprometimento individual e coletivo reflete nas questões socioambientais (WAKS, 1992; GUIMARÃES, 2007; CADORE DEMMER; CESÁRIO PEREIRA, 2011; CARVALHO, 2017).

Respeitando os pressupostos das fases da espiral de responsabilidade, durante a intervenção pedagógica na perspectiva CTS foram realizadas as seguintes atividades: a primeira sequência didática interativa (SDI I) (OLIVEIRA, Maria M., 2011c) que atendeu a fase de autocompreensão, exibição e discussão de vídeo (aula 1); aula expositiva dialogada com a exibição de vídeos e leitura de um artigo durante a fase de estudo e reflexão (aula 2); tomada de decisão a partir da escolha de soluções sobre a temática dos resíduos plásticos (aula 3); planejamento de ações socioambientais responsáveis pelos estudantes no intuito de atender a fase da espiral de responsabilidade referente à ação responsável (aula 4); e a segunda sequência didática interativa (SDI II) (OLIVEIRA, Maria M., 2011c) que atendeu a fase da integração (aula 5).

Baseado nesse panorama da intervenção pedagógica na perspectiva CTS, buscamos respostas para a seguinte questão: como ocorre o processo de desenvolvimento da responsabilidade socioambiental por estudantes no contexto de uma intervenção pedagógica na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) sobre resíduos plásticos?

Essa questão de pesquisa direcionou tanto a delimitação do objetivo geral – analisar o processo de desenvolvimento da responsabilidade socioambiental por estudantes no contexto de uma intervenção pedagógica na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) sobre resíduos plásticos –, como a construção do percurso metodológico e as escolhas dos instrumentos e da perspectiva de análise.

Para alcançar esse objetivo geral, conduzimos a pesquisa por meio dos seguintes objetivos específicos:

- Identificar concepções prévias dos estudantes sobre a presença dos plásticos no cotidiano e a relação desses com a poluição ambiental.
- Avaliar possíveis mudanças nas concepções dos estudantes sobre os impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos.
- Analisar as aulas constitutivas da intervenção pedagógica, tendo em vista a autocompreensão, o estudo e reflexão, a tomada de decisão, a ação responsável e a integração.

Diante do exposto, consideramos que os resultados desta investigação podem contribuir, por exemplo, para o ensino de ciências, e mais especificamente, de Química, quando consideramos a perspectiva CTS, a partir da espiral de responsabilidade de Waks, com vistas ao desenvolvimento da responsabilidade socioambiental.

Esta dissertação está organizada em três capítulos e considerações finais. No primeiro capítulo apresentamos a fundamentação teórica, onde discutimos sobre o pensamento complexo de Morin como paradigma da ciência contemporânea, o ensino de ciências à luz do pensamento complexo, a perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e o mapeamento das pesquisas sobre a perspectiva CTS e a espiral de responsabilidade.

Na revisão da literatura não encontramos nenhum trabalho envolvendo a espiral de responsabilidade de Waks articulada ao enxerto CTS sobre os impactos

socioambientais provocados pelos resíduos plásticos. Há alguns trabalhos, dentre artigos (GONDIM; PINHEIRO, 2013; OLIVEIRA, L.; PIMENTA, 2018) e dissertações (MESSORES, 2009; CAMBI, 2015), que tomaram por base o referencial teórico-metodológico de Waks (1992) para estruturar o percurso metodológico da pesquisa ou para analisar materiais bibliográficos.

Reiteramos que esses trabalhos não atuaram na construção de conceitos por estudantes do ensino médio e não foram conduzidos no sentido de promover o desenvolvimento da responsabilidade socioambiental pelos estudantes. Contudo, eles contribuíram para o aprofundamento teórico e metodológico dessa pesquisa, o que nos instigou a perceber ainda mais as evidências da potencialidade da espiral de responsabilidade de Waks como modelo de estruturação da perspectiva CTS.

No segundo capítulo apresentamos a metodologia desenvolvida nesta pesquisa, que contou com a participação de dezessete estudantes de uma turma do terceiro ano do ensino médio de uma escola da rede estadual de Pernambuco, escolhida a partir da verificação do IDEB e da existência de projetos voltados à temática ambiental.

Além disso, apresentamos os aspectos éticos e os instrumentos para a coleta de dados que foram utilizados: a sequência didática interativa (SDI I e SDI II), que desempenhou seu papel como uma ferramenta didático-metodológica para a construção de novos conceitos/definições e/ou sistematização dos saberes existentes na construção da realidade em estudo (OLIVEIRA, Maria M., 2011c) e como uma técnica de pesquisa (SILVEIRA, *et al.*, 2017); a gravação em áudio para registro das falas ao longo do desenvolvimento da intervenção pedagógica; e a observação participante.

No terceiro capítulo apresentamos os resultados e discussão, os quais foram analisados à luz da Análise Hermenêutica-Dialética, tendo em vista que esse é um método capaz de propiciar uma interpretação aproximada da realidade (MINAYO, 1996). Nele, identificamos as concepções prévias dos estudantes sobre os plásticos presentes no cotidiano e os impactos ambientais dos resíduos plásticos, avaliamos possíveis mudanças nas concepções dos estudantes sobre os impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos, e analisamos as aulas constitutivas da intervenção pedagógica, tendo em vista a autocompreensão, o estudo e reflexão, a tomada de decisão, a ação responsável e a integração.

CAPÍTULO 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, discutimos alguns pressupostos teóricos do pensamento complexo de Morin como paradigma da ciência contemporânea, o ensino de ciências à luz do pensamento complexo, a perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e o mapeamento das pesquisas sobre a perspectiva CTS e a espiral de responsabilidade.

1.1 O PENSAMENTO COMPLEXO COMO PARADIGMA DA CIÊNCIA CONTEMPORÂNEA

Refletindo sobre alguns aspectos que consolidou a ciência clássica, Morin (2005) alerta que o conhecimento científico determinou progressos técnicos inéditos para a sociedade, porém, voltou-se apenas a ideia de “provar suas virtudes de verificação e de descoberta em relação a todos os outros modos de conhecimento” (p. 15), caracterizando a ciência como elucidativa, enriquecedora ao satisfazer necessidades, conquistadora e triunfante.

O princípio de explicação da ciência clássica: excluía a aleatoriedade para idealizar um universo estrita e totalmente determinista; reconhecia as organizações (sistema solar, organismos vivos), sem concebê-las como tal; acreditava que o surgimento da contradição era sinônimo de um erro do pensamento; concordava com o entendimento de que o universo obedecia à lógica aristotélica; eliminava o observador da observação; e tendia a reduzir o conhecimento ao manipulável (MORIN, 2005).

Neste sentido, de acordo com Morin (2005, p. 329), a ciência clássica foi desenvolvida a partir de princípios simples e de leis gerais, ou seja, a partir do “paradigma de simplificação, caracterizado por um princípio de generalidade, um princípio de redução e um princípio de separação que comandava a inteligibilidade própria do conhecimento científico clássico”. E esse paradigma conduziu as ciências da natureza as mais admiráveis descobertas, contudo, foram estas “mesmas descobertas que, finalmente, hoje arruínam nossa visão simplificadora” (MORIN, 2005, p. 28).

Morin (2005) exemplifica esta questão considerando que a própria Física aponta problemas acerca do paradigma da simplificação, uma vez que foi preciso considerar as

complexidades das partículas subatômicas. Portanto, para Morin (2005), “o desenvolvimento dos conhecimentos científicos põe em crise a cientificidade que suscitara esse desenvolvimento” (p. 329).

A ciência clássica dissipava a complexidade evidente nos fenômenos com o intuito de “revelar a simplicidade oculta das imutáveis Leis da Natureza. Atualmente, a complexidade começa a aparecer não como inimigo a ser eliminado, mas como desafio a ser enfatizado” (MORIN, 2005, p. 8).

Neste cenário, surge, portanto, a necessidade de um princípio de explicação mais rico e mais amplo do que o princípio de simplificação, que segundo Morin, podemos chamar de princípio da complexidade, o qual se baseia “na necessidade de distinguir e de analisar, como o precedente, mas, além disso, procura estabelecer a comunicação entre aquilo que é distinguido: o objeto e o ambiente, a coisa observada e seu observador” (MORIN, 2005, p. 30).

Segundo Morin (2002), o pensamento complexo é

uma viagem em busca de um modo de pensamento capaz de respeitar a multidimensionalidade, a riqueza, o mistério do real; e de saber que as determinações – cerebral, cultural, social, histórica – que se impõem a todo o pensamento co-determinam sempre o objecto de conhecimento (p. 14).

Complexidade é a qualidade do que é complexo (oriundo do latim “*complexus*”) e significa aquilo que abrange muitos elementos ou várias partes (PETRAGLIA, 2001). Segundo Petraglia (2001), a complexidade é um conjunto de circunstâncias, ou coisas interdependentes que apresentam correlações entre si, ou seja, trata-se da congregação de elementos que são membros e componentes do todo. Nesse todo temos uma unidade complexa na qual cada parte apresenta sua especificidade e, em comunhão com as outras, modificam-se as partes e também o todo, assim, é importante distinguir as partes (os diferentes aspectos do nosso pensamento) sem isolá-los ou separá-los entre si, pois o cerne do pensamento complexo está no: distinguir, mas não separar (PETRAGLIA, 2001).

Para Morin (2005, p. 340-341),

no sentido da complexidade, tudo se passa de outro modo. Reconhece-se que não há ciência pura, que há em suspensão — mesmo na ciência que se considera

a mais pura — cultura, história, política, ética, embora não se possa reduzir a ciência a essas noções. Mas, sobretudo, a possibilidade de uma teoria do sujeito no cerne da ciência, a possibilidade de uma crítica do sujeito na e pela epistemologia complexa, tudo isso pode esclarecer a ética, sem, evidentemente, a desencadear e comandar; de igual modo, correlativamente como vimos, uma teoria da complexidade antropossociológica leva necessariamente todo o rosto do humanismo a modificar-se, tomando-o complexo, e permite igualmente retomar a questão política do progresso e da revolução.

Portanto, o pensamento complexo amplia o saber integrando os modos simplificadores do pensar, pois se o pensamento for fragmentado, mutilador, unidimensional e reducionista, as ações terão o mesmo rumo, tornando o conhecimento cada vez mais simplista e simplificador (PETRAGLIA, 2001).

O pensamento complexo precisa dar conta daquilo que o pensamento mutilante desfaz e busca excluir o paradigma simplificador, que põe ordem no universo expulsando dele a desordem, e que separa o que está ligado (disjunção), ou, unifica o que é diverso (redução). Nesse sentido, o pensamento complexo deve empenhar-se não contra a incompletude, mas contra a mutilação (MORIN, 2015; MORIN, 2005).

Portanto, vale destacar que

o paradigma de complexidade não "produz" nem "determina" a inteligibilidade. Pode somente incitar a estratégia/inteligência do sujeito pesquisador a considerar a complexidade da questão estudada. Incita a distinguir e fazer comunicar em vez de isolar e de separar, a reconhecer os traços singulares, originais, históricos do fenômeno em vez de ligá-los pura e simplesmente a determinações ou leis gerais, a conceber a unidade/multiplicidade de toda entidade em vez de a heterogeneizar em categorias separadas ou de a homogeneizar em indistinta totalidade. Incita a dar conta dos caracteres multidimensionais de toda realidade estudada (MORIN, 2005, p. 334).

A luz dessas discussões, Morin (2005) enfatiza que as ciências modernas abriram o diálogo com a incerteza e a incompletude, reconhecendo, enfrentando as contradições (quando há incertezas nos dados), e trabalhando de forma coerente e lógica. É na perspectiva do pensamento complexo, compreendendo a ciência como atividade complexa, que voltamos nosso olhar ao ensino de ciências.

1.2 O ENSINO DE CIÊNCIAS À LUZ DO PENSAMENTO COMPLEXO

Ao direcionar o pensamento complexo para área de ensino de ciências, percebemos que há um caminho para a superação da fragmentação do saber no currículo escolar e, neste sentido, Petraglia (2006) destaca sete ideias que merecem atenção dos educadores e estudiosos, são elas: noções de sujeito e *homo complexus*, utilização de diversas linguagens, dialogia presente na educação, transdisciplinaridade, convivência com a incerteza, desenvolvimento e aprendizagem da autoética e reforma do pensamento. Portanto, destacamos alguns pontos relevantes dessas ideias que sinalizam, em conjunto, algumas aproximações que estão sendo estabelecidas entre o pensamento complexo, o ensino de ciências e a perspectiva CTS, compreendida no decorrer das discussões teóricas tecidas nesta dissertação.

O primeiro ponto está na diferenciação entre sujeito e indivíduo, pois o ser humano é de natureza multidimensional e cada indivíduo é um sujeito e, na relação com o outro, é capaz de se superar, transformando si próprio e seu meio num processo “de auto-eco-organização [capacidade que o ser humano tem de modificar-se, sempre], a partir de sua dimensão ética que reflete seus valores, escolhas e percepções de mundo” (PETRAGLIA, 2006, p. 25, grifo nosso).

Outra definição importante, que Morin (2008) nos traz para esta discussão, é a do *homo complexus*:

o ser humano é um ser racional e irracional, capaz de medida e desmedida; sujeito de afetividade intensa e instável. Sorri, ri, chora, mas também conhecer com objetividade; [...] que secreta o mito e a magia, mas também a ciência e a filosofia; [...] nutre-se dos conhecimentos comprovados, mas também de ilusões e de quimeras. (p. 59)

Essa definição do *homo complexus* nos permite observar a complexidade no ser humano e nos diversos aspectos étnicos, culturais, biológicos, físico-químicos, sociais que são peculiares e devem ser considerados em cada indivíduo. Por essas razões, o *homo complexus* é responsável por sua auto-eco-organização que se constrói na partilha e na solidariedade num tipo de pensamento libertador, pois ele é criativo, artístico, político, educacional e ético (PETRAGLIA, 2006).

O segundo ponto refere-se à utilização de diversas linguagens, atividades e métodos, tendo em vista a existência da heterogeneidade em sala de aula, para que seja possível atingir o maior número de estudantes e estabelecer relações mais eficazes de ensino e aprendizagem.

O terceiro, por sua vez, considera a dialogia no universo educacional como um espelho do macrossistema social, na qual as divergências de opiniões podem ser ao mesmo tempo, antagônicas e complementares, permitindo sair de si e ir ao encontro do outro num processo que se estabelece pelo diálogo relacional (PETRAGLIA, 2006). Nesta terceira ideia, buscamos complementá-la com alguns dos fundamentos da dialogicidade trazidos por Freire (2011), para esse autor o diálogo é uma condição existencial dos homens que implica em um pensar crítico sendo capaz, também, de gerá-lo. No diálogo, há “o encontro em que se solidarizam o refletir e o agir de seus sujeitos endereçados ao mundo a ser transformado e humanizado” (FREIRE, 2011, p. 109). Portanto, sem o diálogo, “não há comunicação e sem esta não há verdadeira educação” (FREIRE, 2011, p. 115).

O quarto ponto está pautado na transdisciplinaridade que “pressupõe a religação das diferentes áreas da ciência aos saberes que estão dispersos” (PETRAGLIA, 2006, p. 29) a qual precisa ser estimulada pela escola, com vistas ao incentivo do direito à cidadania em todas as linguagens, quer sejam artísticas, míticas, racionais ou empíricas. Petraglia (2006) considera que esse seja o papel de uma educação que objetiva ser complexa, ética e solidária.

O quinto ponto está relacionado com o grande desafio da condição humana, viver no risco e na incerteza, na qual a escola tem como atribuição preparar o sujeito para conviver com a dualidade ambivalente e complementar dos limites e das possibilidades, para que assim “possamos contribuir para o processo de desenvolvimento na ciência e em nossa prática cotidiana” (PETRAGLIA, 2006).

O sexto ponto é relativo ao desenvolvimento e aprendizagem da auto-ética (a ética individual de cada sujeito para si e para o outro) que são complementares e inseparáveis da antropológica (relativa à espécie humana) e socioética (da comunidade, sociedade) (PETRAGLIA, 2006). O desenvolvimento da auto-ética presume um exercício constante

de auto-observação, autoanálise e autocrítica¹, diante das nossas crenças, valores, expectativas e maneiras de como agimos, sendo possível uma aprendizagem que envolva o cultivo pessoal e o engajamento da responsabilidade pessoal nas práticas (PETRAGLIA, 2006).

Por fim, o sétimo ponto refere-se à reforma do pensamento, e conseqüentemente, envolve uma reforma do ensino, haja vista que “muitas vezes precisamos desaprender conceitos fechados e obsoletos que estão reservados nas prateleiras da consciência, para aprendermos novas possibilidades dos novos cenários” (PETRAGLIA, 2006, p. 34-35) que surgem em meio às incertezas e as maneiras de aprender a aprender.

Portanto, para olharmos o ensino de ciências na perspectiva do pensamento complexo, as sete ideias de Petraglia (2006) relativas à natureza multidimensional do ser humano, à utilização de diversas linguagens, aos processos dialógicos, à transdisciplinaridade, aos riscos e possibilidades, à auto-ética e à reforma do pensamento, sinalizam, em conjunto, um norte nessa direção.

No âmbito do ensino de ciências, podemos pensar, do ponto de vista epistemológico, em aproximações entre diferentes abordagens de ensino e o pensamento complexo de Morin (2005) e as ideias de Petraglia (2006). Entretanto, nesta pesquisa, destacamos essa aproximação com a perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) à medida que

a concepção CTS de ensino das Ciências aponta para [...]. Um ensino que tenha uma validade cultural, para além da validade científica, [...]. Ao contrário de isolar, procura que se estabeleçam interconexões entre as ciências naturais e os campos social, tecnológico, comportamental, cognitivo, ético e comunicativo (SANTOS, M., 1999, p. 25).

Adicionalmente, podemos considerar que a perspectiva CTS, que parte das inter-relações entre ciência-tecnologia-sociedade, pode contribuir para a compreensão das partes que compõem a totalidade científica e da relação em que a “técnica produzida pelas ciências transforma a sociedade, mas também, retroativamente, a sociedade tecnologizada transforma a própria ciência” (MORIN, 2005, p. 20).

¹ Congregando esses três termos com os pressupostos teóricos da espiral de responsabilidade de Waks (1992), entendemos que o desenvolvimento da auto-ética compartilha os mesmos saberes das fases propostas na espiral, as quais estão discutidas posteriormente.

Em suma, concordamos com Salles e Mattos (2017, p. 124) ao afirmarem que “a teoria da complexidade de Edgar Morin nos inspira a mapear, entender e reconstruir passos nesse encontro entre ciência, tecnologia, sociedade, ser humano e planeta”.

A partir deste entendimento, discutimos sobre alguns pressupostos da perspectiva CTS.

1.3 A PERSPECTIVA CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE (CTS)

A perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) busca contextualizar os conhecimentos científicos escolares a partir das inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Essa perspectiva é decorrente dos pressupostos de um movimento social, o movimento CTS, que ocorreu nos anos 60 do século XX que defendia um olhar mais crítico sobre o papel da ciência e da tecnologia na sociedade.

1.3.1 Breve histórico do movimento CTS

O movimento CTS surgiu em meados do século XX, em diversos países capitalistas centrais da América do Norte, em decorrência da degradação ambiental pós-guerra, da tecnologia associada ao desenvolvimento bélico, da tomada de consciência com relações às questões éticas, qualidade de vida da sociedade industrializada (SANTOS, W.; MORTIMER, 2002) e de um crescente sentimento de que “o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não estava conduzindo linear e automaticamente ao desenvolvimento do bem-estar social” (AULER, 2007, p. 7).

De fato, com esta tomada de consciência da sociedade “chegava ao fim à ideia de que a ciência e a tecnologia resolveriam todos os males da humanidade” (FIRME, 2007, p. 31) e foi nesse mesmo período que, a ciência e a tecnologia ganharam uma atenção mais crítica ao modo de produção capitalista, contribuindo para a superação das contradições do estado atual da sociedade (PINTO; VERMELHO, 2017).

Trazendo esse contexto para o Brasil, Krasilchik (1987, apud SANTOS, W.; MORTIMER, 2002), afirma que no período de 1950 a 1985 discutia-se a evolução da inovação educacional dos currículos de ciências, na década de setenta houve a

incorporação da ciência como produto do contexto econômico dentro dos currículos, e na década de oitenta, com a renovação do ensino de ciências, objetivou-se analisar as implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico. Aliando-se a esse prisma, trabalhos publicados em revistas, a exemplo das Revistas Ensaio e Ciência & Educação, em livros, teses e dissertações, nos quais destacamos autores como Bazzo (1998), Auler (2002), Santos, W. e Mortimer (2000), etc., fortaleceram a perspectiva CTS (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007) como linha de pesquisa e como possibilidade de um ensino de ciências sob um novo enfoque em detrimento a concepção do ensino tradicional.

Desse modo, para um melhor entendimento dessa perspectiva, nos debruçamos sobre os aspectos epistêmicos e pedagógicos que a permeiam.

1.3.2 Aspectos epistêmicos da perspectiva CTS

Consideramos como aspectos epistêmicos da perspectiva CTS a compreensão acerca da ciência, tecnologia e sociedade, dimensões constitutivas desta perspectiva, bem como das interações que elas estabelecem entre si.

A percepção de ciência na perspectiva CTS está relacionada ao caráter provisório e incerto das teorias científicas, às análises das aplicações e às controvérsias da ciência (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003). Segundo Pinheiro, Silveira, Bazzo (2007), a ciência que deve ser levada para sala de aula é aquela que desmistifica sua neutralidade e encara a responsabilidade política da ciência e da tecnologia, superando a mera repetição das leis que regem os fenômenos e possibilitando o questionamento e reflexão sobre o uso político e social que se faz dos saberes científicos.

A percepção de tecnologia na perspectiva CTS está relacionada à pluralidade de pontos de vista, pois, de modo geral, a sociedade não tem (outras pessoas porém são adeptas) o hábito de perceber os impactos da tecnologia na sociedade (já que está tão intrínseca à vida quotidiana das pessoas), conseqüentemente, não se posiciona criticamente quanto às repercussões do seu uso (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003). Neste sentido, as questões tecnológicas, nesta perspectiva, podem ser direcionadas: à aquisição de consciência tecnológica que, segundo Firme (2020), questiona os fins para

os quais os produtos tecnológicos foram produzidos; à compreensão de tecnologia como modo de conhecimento específico em sua relação simbiótica com o conhecimento científico; e ao entendimento da tecnologia como atividade humana, transformadora da realidade e das relações com a sociedade.

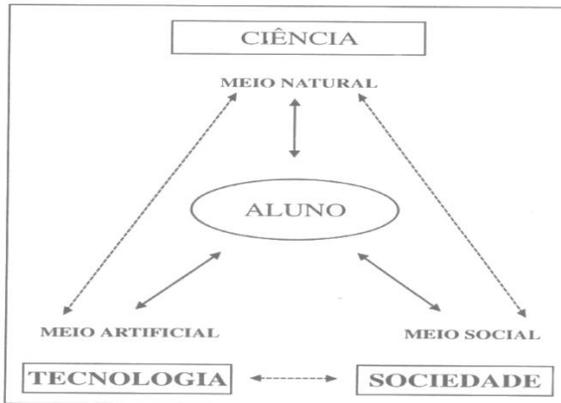
A percepção de sociedade na perspectiva CTS está relacionada ao entendimento da nossa sociedade atual, mundializada pelas novas tecnologias da comunicação e desterritorializada pela ruptura das fronteiras geográficas, na qual pouquíssimos atores (certos países ou grandes multinacionais) influenciam na realidade sociopolítica, distanciando e impossibilitando que os cidadãos venham a intervir de maneira efetiva sobre seu entorno (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003).

Contudo, se faz necessário uma busca cada vez maior da participação cidadã nas tomadas de decisões acerca das aplicações tecnocientíficas, que segundo Firme (2007), não deveriam ser tomadas às margens da sociedade, favorecendo “uma perspectiva particular para o processo educacional, principalmente no que se refere ao ensino-aprendizagem de conceitos científicos” (p. 30).

Por conseguinte, considerando as percepções de ciência, tecnologia e de sociedade esperadas na perspectiva CTS, precisamos compreender as inter-relações existentes entre essas dimensões, as quais, para Firme (2007), são consideradas complexas e difusas, isso porque a ciência e a tecnologia “são processos nos quais interesses sociais, históricos, políticos e econômicos exercem influência de maneira determinante” (FIRME, 2007, p.18).

Segundo Chrispino (2017) a ciência e a tecnologia estão interligadas à sociedade de tal forma que esta não sabe mais como viver sem as duas primeiras. De modo mais claro, transportamos nossos olhares para a ilustração apresentada por Santos, W. e Schnetzler (2010) embasados em Hofstein, Aikenhead, Riquarts (1988) na figura 1, visto que a partir desta, percebemos que as inter-relações CTS estão nas setas tracejadas e representam as conexões feitas pelos materiais e conteúdos de ensino CTS de modo integrativo.

Figura 1 – O relacionamento entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e o aluno



Fonte: Hofstein, Aikenhead, Riquarts (1988 apud SANTOS, W.; SCHNETZLER, 2010, p. 62)

Ao situar o aluno no contexto dessas inter-relações, percebemos que é esperado que eles integrem suas compreensões do mundo natural, com o mundo construído pelo homem e o seu mundo social do dia a dia, conforme representado na figura 1, na qual as setas contínuas representam o aluno fazendo o uso lógico do conteúdo científico (HOFSTEIN; AIKENHEAD; RIQUARTS, 1988 apud SANTOS, W.; SCHNETZLER, 2010).

Refletindo essas inter-relações a partir do pensamento complexo, como uma possibilidade de conexão de saberes e conhecimentos, Salles e Matos (2017) destacam a importância do ensino de ciência e tecnologia para uma formação mais integral das pessoas, na qual a ciência e a tecnologia não são vistas como salvacionistas, de conforto e evolução (mesmo que essa premissa seja possível e favorável apenas para uma parcela dos habitantes do planeta), mas são concebidas em suas inter-relações de forma crítica, desconsiderando a neutralidade da ciência e da tecnologia.

Neste sentido, na perspectiva CTS, são abordadas questões voltadas aos aspectos sociais da ciência e da tecnologia, que são influenciados pelas mudanças científico-tecnológicas e pelas consequências sociais e ambientais (BAZZO, LINSINGEN, PEREIRA, 2003). A partir deste entendimento, destacamos, segundo Bazzo (2017), que esta perspectiva de ensino se baseia em valores do cotidiano de cada época, colocando em xeque nossas convicções e conhecimento de mundo, tendo em vista que valores humanos, como, a dúvida, a imaginação, a diligência, a abertura para novas ideias, a disciplina e a perseverança, precisam ser despertados nos seres humanos.

Para Bazzo (2017),

é preciso que as pessoas sejam conscientizadas do amplo universo que a ciência e a tecnologia incorporam e como os seus valores demonstram dramaticamente o seu grau de importância no avanço do conhecimento, do bem-estar, e, também, de riscos e prejuízos. Por conseguinte, se a ciência e a tecnologia forem ensinadas e construídas nestas perspectivas efetivamente junto a todos, o resultado será o reforço dos valores humanos indispensáveis para nossa compreensão de mundo (p. 30).

Nessa citação de Bazzo, podemos encontrar pistas e evidências sobre a aproximação da perspectiva CTS e o pensamento complexo, dado que segundo Salles e Mattos (2017, p. 120), o conjunto de contribuições do pensamento complexo nos permite uma reflexão sobre um pensamento global, planetário, uno, sem deixar de dar importância aos elementos que compõe o todo.

Sendo assim, se a ciência e a tecnologia forem ensinadas e construídas nessas perspectivas apontadas por Bazzo (2017), o resultado poderá contribuir para a construção de valores humanos indispensáveis para nossa compreensão de mundo (BAZZO, 2017), dando uma significação ao ensino na perspectiva CTS, segundo a qual os estudantes integram o conhecimento científico com a tecnologia e o mundo social de suas experiências do dia a dia (LÓPEZ, CERESO, 1996).

Ampliamos as discussões sobre a perspectiva CTS, discutimos alguns de seus aspectos pedagógicos.

1.3.3 Aspectos pedagógicos da perspectiva CTS

Segundo Santos, W., Mortimer (2002) e Santos (2007a) citados por Pinto e Vermelho (2017), o objetivo pedagógico da perspectiva CTS é o de:

favorecer a educação científica e tecnológica dos alunos, auxiliando-os a construir conhecimentos, habilidades e valores essenciais para que possam tomar decisões responsáveis sobre questões de Ciência e Tecnologia, para que obtenham um olhar crítico sobre o papel da ciência e da tecnologia na sociedade, uma vez que este enfoque amplia os debates em sala de aula acerca de questões políticas, econômicas, culturais, sociais, ambientais e éticas (p. 3)

Levando em consideração esse objetivo, podemos identificar que ele se direciona a alfabetização científica e tecnológica (ACT) dos estudantes e de sua formação como cidadão.

Neste sentido, na perspectiva da ACT, Roberts (1991 apud SANTOS, W.; MORTIMER, 2002) considera que os currículos CTS apresentam uma concepção de:

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

Portanto, do ponto de vista pedagógico, os professores podem lançar mão de estratégias de ensino centradas na participação ativa dos alunos, com temas de caráter multidisciplinar e conceitos abordados em uma possibilidade de interação, evidenciando as diferentes dimensões do conhecimento estudado (LINSINGEN, 2007).

Nesse sentido, uma das possibilidades para se introduzir a perspectiva CTS no ensino de ciências é a partir do enxerto CTS (OSORIO, 2002; BAZZO, LINSINGEN, PEREIRA, 2003; CHRISPINO, 2017), sobre o qual dedicaremos às discussões neste momento.

1.3.3.1 Enxertos CTS

Segundo Chrispino (2017), no enxerto CTS são introduzidos temas CTS nas disciplinas curriculares, especialmente aqueles “relacionados com acontecimentos tecnocientíficos que permitam reflexão e motivação para o estudo e debate” (p. 87).

Uma das vantagens do enxerto CTS, de acordo com Osorio (2002), refere-se ao fato dos professores manterem a estrutura curricular das disciplinas, e incluírem em unidades curtas os temas CTS. Osorio (2002) destaca que a modalidade de enxerto CTS é a estratégia mais viável para ser aplicada aos currículos do ensino médio na educação básica dos países latino-americanos.

Ainda segundo este autor, ao se inserir um tema CTS, é relevante que este contribua para discutir a natureza da ciência, suas implicações na tecnologia e sociedade, bem como o papel dos cientistas e dos cidadãos nas tomadas de decisões voltadas ao desenvolvimento tecnocientífico, e, neste sentido, é esperado que os estudantes reflitam e ampliem suas visões acerca dos objetos e processos técnicos em sua inserção social a partir dos problemas sociotécnicos relevantes.

Tais ideias estão concatenadas com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), considerando que neste documento, uma das competências específicas para o ensino de ciências no ensino médio é o de:

analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global (BRASIL, 2017, p. 539).

Portanto, segundo esse documento, os fenômenos naturais e os processos tecnológicos são avaliados considerando as potencialidades, limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para tomar decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios contemporâneos (BRASIL, 2017).

No contexto dos enxertos CTS, optamos, nesta pesquisa, pela temática relativa aos impactos socioambientais da produção de resíduos sólidos, especificamente, aqueles provenientes dos polímeros sintéticos “os plásticos”, que foi considerado pela Organização das Nações Unidas (ONU) Meio Ambiente, como o maior desafio ambiental do século XXI (AMCHAM BRASIL, 2018). Sobre esta questão, Canto (1995) considera que a humanidade vivenciou as idades da Pedra Lascada, da Pedra Polida e dos Metais, e atualmente, encontra-se na Era dos Plásticos.

Segundo a Dalberg Advisors (2019) a produção dos plásticos cresceu rapidamente devido ao custo reduzido, versatilidade, confiabilidade e acessibilidade à população. Por conta dessa disseminação e incentivo ao desenvolvimento de produtos plásticos descartáveis, a Dalberg Advisors (2019, p. 8) nos alerta que “quase metade de todo o plástico vira lixo em menos de três anos”.

Adicionalmente, Piatti, Rodrigues (2005) chamam à atenção para as mudanças no consumo de materiais plásticos e no estilo de vida das pessoas. Conseqüentemente, com o aumento do consumo, maior é a produção de lixo composta destes materiais, que se decompõem muito lentamente e vêm acarretando sérios problemas ambientais, ainda que, nos últimos anos, tenham existido várias iniciativas técnicas e educativas, como a coleta seletiva, reciclagem, etc. visando minimizar implicações ambientais por plásticos.

Na Química, o termo “plástico” (ou, melhor dizendo, “matéria plástica”) refere-se à designação genérica para aqueles materiais que são facilmente moldável, obtidos por meio de uma reação química chamada de polimerização, na qual o reagente é formado por monômeros (do grego *mono*, “uma”, e *mero*, “parte”) e o produto por polímeros (do grego *poli*, “muitas”), ou seja, é possível unir “n” unidades estruturais de grupos de átomos por ligações covalentes que se repetem para formar uma macromolécula (CANTO, 1995), e em seu estado final, o produto acabado apresenta-se no formato sólido que, em alguma fase de sua produção, foi transformada em fluido, adequando-se a moldagem por ação do calor e/ou pressão (PIATTI; RODRIGUES, 2005).

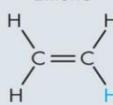
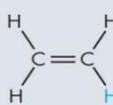
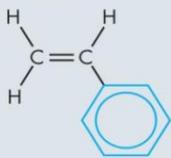
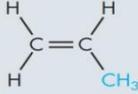
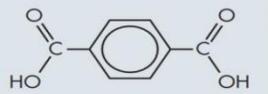
Nem todos os polímeros são considerados como plásticos, os quais, de acordo com o comportamento mecânico, são classificados em: plásticos (os termorrígidos não podem ser remodelados, enquanto os termoplásticos podem), fibras (materiais que podem ser estirados em filamentos) e elastômeros (também chamados de borrachas, são materiais de grande elasticidade) (SANTOS, W.; MÓL, 2013).

Segundo a Sociedade Americana de Química (2016), ao longo da civilização humana são conhecidos mais de 60.000 polímeros sintéticos que foram desenvolvidos para usos especializados. Porém, de acordo com Santos, W., Mól (2013), vinte deles estão entre os cinquenta produtos químicos mais utilizados pela indústria.

Dentre as principais resinas empregadas, destacamos os seis tipos principais de plásticos presentes nos resíduos sólidos urbanos: PET ou PETE – *Poli (tereftalato de etileno)*; HDPE ou PEAD (*Polietileno de alta densidade*); PVC (*Policloreto de Vinila*); LDPE ou PEBD (*Polietileno de baixa densidade*); PP (*Polipropileno*); PS (*poliestireno*) (ZANIN; MANCINI, 2004, grifo dos autores). Essas resinas obedecem à numeração de 1 a 6, normalmente inscritas dentro ou próximo ao símbolo da reciclagem, e apresentam uma variedade de aplicações, conforme ilustramos na figura 2. Segundo Zanin, Mancini

(2004, p. 28-29) “se não forem convenientemente separados podem comprometer as propriedades finais do produto reciclado em razão das variações físicas e químicas que apresentam entre si”.

Figura 2 – Propriedades e aplicações de alguns polímeros

Polímero	Monômero(s)	Propriedades do polímero	Uso do polímero
Polietileno (LDPE)  LDPE	Etileno 	Translúcido quando sem pigmentos. Mole, flexível e moderadamente resistente. Não reage com ácidos e bases. Amolece em alguns óleos e solventes.	Sacos, filmes, folhas, plástico bolha, brinquedos, isolamento elétrico.
Polietileno (HDPE)  HDPE	Etileno 	Semelhante ao LDPE, porém mais rígido, usualmente opaco e mais resistente, ligeiramente mais denso.	Vasilhas, como os usados para leite, sucos, detergentes e xampus. Item de baixo custo como baldes, engradados e cercas.
Poliestireno  PS	Estireno 	Variável. Forma “cristal”: transparente, brilhante, um pouco quebradiça. Forma “expansível”: espuma leve. Ambas as formas são rígidas e dissolvem-se em muitos solventes orgânicos.	Forma “cristal”: invólucros para alimentos, estojos de CD, copos transparentes. Forma “expansível”: copos de espuma, caixas isoladas, embalagens de alimentos, embalagens para ovos, embalagens para pequenos itens em geral.
Polipropileno  PP	Propileno 	Opaco, forte, resistente ao tempo. Ponto de ebulição mais alto. Resistente a óleos, ácidos e bases.	Rolhas de garrafas, recipientes para iogurte, cremes e margarinas. Tapetes, mobiliário simples, malas de viagem.
Tereftalato de polietileno  PETE ou PET	Etileno-glicol $\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$ Ácido tereftálico 	Transparente, forte, resistente à quebra. Insensível a ácidos e a gases atmosféricos. O mais caro dos seis.	Garrafas de refrigerantes, recipientes de alimentos, copos, tecidos lanosos, fios para carpetes, isolamentos sintéticos.

Nota: As estruturas dos cinco primeiros monômeros só diferem pelos átomos que estão em azul.

Fonte: Sociedade Americana De Química (2016, p. 381).

Observando as inúmeras aplicações de uma pequena parte dos polímeros apresentados na figura 2 e com base nas definições científicas apresentadas anteriormente, concordamos com Canto (1995) quando ele reconhece o quão revolucionário foi à produção e a tecnologia desenvolvida desses materiais poliméricos, considerando sua versatilidade e durabilidade, e como não são biodegradáveis, resistem à ação de microrganismos, diferentemente do que acontece nos materiais de papel, madeira, couro, tecidos de algodão e bioplástico. Segundo Cangemi, Santos, Claro Neto

(2005) bioplásticos são materiais produzidos a partir de fontes renováveis, tais como: o poliuretano, obtido a partir do óleo de mamona e o PHB (polihidroxibutirato) obtido a partir do bagaço da cana de açúcar).

Contudo, Silva, Santos, Silva (2013), destacam que essa longa durabilidade dos plásticos, como é o exemplo de embalagens plásticas, é um sério problema ambiental, e pode ser ainda mais agravado devido a cultura de uma destinação incorreta para tais materiais. Essa cultura é justificada por Coelho (2011) citado por Oliveira, Maria C. (2012) ao mencionar, acerca dos plásticos, que

o descarte incorreto acaba sendo comum no Brasil, e as principais razões são a falta de coleta de lixo, especialmente em comunidades mais pobres, e o péssimo hábito brasileiro de jogar lixo no chão, nas ruas e nos corpos d'água (p. 46)

Outro exemplo que podemos destacar é o consumo de copinhos descartáveis para café e de garrafas PET. Nesse caso, os copos descartáveis são produzidos a partir do poliestireno de baixa densidade, obtido do petróleo, que levou milhares de anos para se formar, e seu uso varia em regra geral, cerca de um minuto, para então ser descartado, e permanecer durante décadas no ambiente sem se degradar (CANTO, 1995). No caso das garrafas PET, percebemos que “é um dos materiais mais empregados no setor de embalagem, em função de suas excelentes características, de transparência, resistência, leveza e atoxidade”, porém, se descartado de forma não adequada pode provocar “poluição visual e das águas quando lançada nos rios, lagoas e outros corpos hídricos” (CRUZ; SOUSA; FREITAS, 2020, p. 110).

Portanto, o problema não é o plástico, mas o como fazemos uso e descarte dele, segundo a especialista Fernanda Dalto, Gerente de Campanhas da ONU Meio Ambiente, em sua participação no encontro do dia Mundial do Meio Ambiente, no município de São Paulo. Neste encontro, ela apresentou alguns dados que consideramos alarmantes, são eles:

estima-se que, todos os anos, cerca de 8 a 13 milhões de toneladas de plástico chegam aos oceanos; Mais de 40% de todo o plástico produzido durante 150 anos foi usado uma única vez antes do descarte; De todo o plástico produzido, apenas 9% foi reciclado; Menos de um quinto da produção foi reaproveitada; Entre os materiais mais encontrados nos oceanos, estão canudos, sacolas

plásticas, redes de pesca, bituca de cigarro, tampinhas; São produzidas um milhão de garrafas plásticas por minuto (AMCHAM BRASIL, 2018, p. 1).

Além desses dados, de acordo com o Plano de Combate ao lixo no mar estruturado pelo Ministério do Meio Ambiente:

o lixo no mar cria uma gama crescente de pressões sobre os ecossistemas marinhos e sobre a biodiversidade. Como exemplo, sacos de plástico e redes abandonadas representam enormes riscos para tartarugas, golfinhos e focas (BRASIL, 2019, p. 8).

Conseqüentemente, essa interação das espécies marinhas com o lixo no mar, mais especificamente com os microplásticos, ocorre através da ingestão, acumulando-se nos tecidos e órgãos, causando efeitos toxicológicos nesses animais (CAIXETA, CAIXETA, MENEZES FILHO, 2018).

Segundo a Sociedade Americana de Química (2016, p. 3) “todas as espécies de nosso planeta estão interligadas de alguma forma”, e por conseguinte, para Tiriba (2007, p. 224) “não poderemos pensar apenas no bem-estar dos seres humanos porque há uma interdependência entre as espécies, há um equilíbrio global que precisa ser preservado”. Nessa perspectiva, dados mostram que “os seres humanos estão ingerindo mais plástico a partir de seus alimentos e da água potável, e as emissões de dióxido de carbono provenientes da produção de plástico e da sua incineração” (DALBERG ADVISORS, 2019, p. 25).

A incineração de resíduos sólidos, em especial daqueles polímeros que contêm cloro, como o PVC, de acordo com a Sociedade Americana de Química (2016), libera o cloreto de hidrogênio e outros gases tóxicos, “como o HCl se dissolve em água para formar ácido clorídrico, os gases de exaustão da chaminé poderiam contribuir muito para a chuva ácida” (p. 394).

Ao refletirmos criticamente sobre esses dados, percebemos a importância efetiva de uma política nacional de resíduos sólidos, que infelizmente só veio a ser instituída, no Brasil, pela Lei nº 12.305/2010 e Decreto nº 7.404/2010.

Nesta pesquisa, tomamos por base a definição de resíduos sólidos, a partir da legislação, para então, entendermos o conceito de resíduos plásticos, que segundo Oliveira, Maria C. (2012) se enquadra dentro dessa definição macro e é classificado como

resíduos sólidos da Classe II. Na Lei nº 12.305/2010, encontramos que o resíduo sólido é um:

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p. 2).

Transpondo esse entendimento para o conceito de resíduos plásticos, concebemos o resíduo plástico como: um resíduo sólido cujo material, objeto ou bem descartado é proveniente de atividades humanas em que se fez uso do plástico, sendo considerado, pelo gerador, como: sem utilidade, descartável e/ou indesejável (BRASIL, 2010; Oliveira, Maria C., 2012).

Vale destacar que, como os resíduos plásticos são classificados como resíduos classe II - não perigosos, Oliveira, Maria C. (2012) nos chama atenção para o fato de que, apesar de serem considerados como não perigosos, a maioria dos plásticos e seus resíduos gerados não são biodegradáveis, e conseqüentemente, “são materiais extremamente duráveis e, portanto, boa parte dos plásticos produzidos e descartados hoje irá persistir no ambiente por muitos anos” (Oliveira, Maria C., 2012, p. 16).

Nesse sentido, sobre os objetivos do Plano Nacional de Resíduos Sólidos dispostos nessa legislação, destacamos os artigos 15 e 17 para compreendermos o inciso que trata da ordem de prioridade na geração de resíduos.

Esses artigos esclarecem que a União sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e os Estados elaboraram o Plano Nacional de Resíduos Sólidos e o Plano Estadual de Resíduos Sólidos, respectivamente, tendo como vigência um prazo indeterminado, com horizonte de atuação de vinte anos e revisões a cada quatro anos, atendendo como conteúdo mínimo doze incisos. O inciso III trata da ordem de prioridade de geração de resíduos (conhecido popularmente como política dos 3R's): redução, reutilização, reciclagem, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada, e o inciso VI enfatiza programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas (BRASIL, 2010).

Portanto, consideramos que tanto as políticas públicas quanto as nossas atitudes diárias devem seguir esta ordem de prioridade de geração de resíduos, como afirma Oliveira, Maria C. (2012, p. 17):

a opção mais desejável [...] é a da redução do uso de recursos, o que também gera uma redução na geração de resíduos. A redução pode ser entendida como a redução do uso/consumo de produtos plásticos pelo consumidor ou redução na quantidade de resina plástica utilizada na indústria para a fabricação de seus produtos.

Para Müller (1998), trabalhar propostas ambientais na escola não é a solução mágica para os problemas ambientais, contudo, ao se buscar um processo contínuo de aprendizagem e de conhecimentos da prática de ser cidadão, capacita-se o indivíduo para uma visão crítica da realidade e uma atuação consciente no seu espaço social e na construção da responsabilidade no ambiente escolar, a partir das relações com o meio ambiente, a sociedade e a cultura, que nesse caso, pode ser compreendida como relações socioambientais.

Essa atuação consciente é exemplificada por Voichicoski, Morales (2010), ao afirmarem que as ações favoráveis ao meio ambiente são muitas vezes simples, tais como, o ato de separar corretamente lixo ou simplesmente economizar água. Adicionalmente, destacamos que atitudes como estas, ao serem incorporadas de forma contínua no cotidiano das pessoas demonstram a responsabilidade do indivíduo frente aos resíduos por ele gerados (VOICHICOSKI; MORALES, 2010).

Nesse sentido, considerando a separação correta e a coleta seletiva em nossa realidade brasileira, percebemos que segundo os dados do CEMPRE (2019, p. 23), a gestão do lixo vem mudando e há uma “maior valorização dos catadores de materiais recicláveis [...] e o índice de coleta seletiva aumentou – no entanto, em ritmo menor que o esperado diante das demandas das cidades”, tal fato pode ser justificado por uma “crescente participação das cooperativas de catadores, apoiados com maquinários, galpões de triagem, ajuda de custo com água e energia elétrica, veículos, capacitações e investimento em divulgação e educação ambiental” (CEMPRE, 2019, p. 24).

Nesse contexto das questões ambientais, decorrentes das atividades científicas e tecnológicas, alguns pesquisadores chamam atenção para a inserção dessas questões

na perspectiva CTS, as quais, segundo eles, foram esquecidas historicamente, e destacam nas discussões a inclusão do ambiente (A) no acrônimo CTS, instituindo a perspectiva CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente). Contudo, vale ressaltarmos que a denominação CTSA divide opiniões entre os pesquisadores, tendo em vista que para alguns a preocupação ambiental é algo inerente à sociedade (S) (LUZ, QUEIROZ, PRUDÊNCIO, 2019).

Na pesquisa intitulada de “CTS ou CTSA: O Que (Não) Dizem as Pesquisas sobre Educação Ambiental e Meio Ambiente?” de autoria de Luz, Queiroz e Prudêncio (2019), aos termos “CTS” e “CTSA” foram discutidos como como sinônimos, como complementares, o CTSA como evolução de CTS, ou como termos aproblemáticos.

Baseados na discussão desses autores, nesta pesquisa adotamos o termo CTS, considerando, segundo Santos, W. (2011, p. 31), que:

“[...] desde sua origem, a educação CTS incorpora implicitamente, os objetivos da Educação ambiental (EA), pois o movimento CTS surgiu com uma forte crítica ao modelo desenvolvimentista que estava agravando a crise ambiental e ampliando o processo de exclusão social.

Para Santos, W. e Schnetzler (2010, p. 74), “o ensino CTS teria um forte caráter de educação ambiental, pois a sua visão crítica incluiria necessariamente a reflexão ambiental”.

Essas discussões fortalecem as articulações que estamos propondo, mesmo não se tratando de uma pesquisa nomeada de perspectiva CTSA, ou na área de Educação Ambiental, propriamente dita, é de suma importância entender o que a legislação brasileira estabelece para a educação básica no país. Nesse caso, foi instituída a lei Nº 9.795, de 27 de abril de 1999 que dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental, educação ambiental é entendida como:

os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999, Art. 1º).

Em síntese, reafirmamos, com base em Ribeiro, Matos, Bertoni (2016), que a perspectiva CTS no ensino de ciências contribuiu para o desenvolvimento progressivo à

fragmentação, buscando, por meio de temas sociais e ambientais, como é o caso das questões socioambientais dos resíduos plásticos, o objetivo de dar condições aos estudantes de lerem e entenderem o mundo do ponto de vista científico, tecnológico e social, possibilitando uma melhor percepção das relações CTS.

Para alcançar os objetivos da perspectiva CTS adotamos, especificamente, o modelo de estruturação denominado Espiral de Responsabilidade de Waks.

1.3.3.2 A espiral de responsabilidade para a perspectiva CTS

De acordo com Waks (1992) a espiral de responsabilidade é uma estrutura curricular para organizar a educação CTS e para promover a responsabilidade através das fases da espiral. Antes de nos aprofundarmos no tema é preciso entender o que esse autor considera como “responsabilidade”, dado que para ele, a primeira associação feita a esse termo é a “obrigação”. No entanto, a responsabilidade está associada a uma atitude de conduta de acordo com normas sociais e a uma tomada de consciência para problemas sociais. Uma pessoa não se torna responsável apenas ao cumprir regras ou concordar com normas, mas pela aceitação conscientemente de responsabilidade, desenvolvendo-a e assumindo-a (WAKS, 1992; 1996).

A educação para a responsabilidade exige que os estudantes amadureçam e sejam confrontados com desafios, tendo em vista que eles estão inseridos em uma sociedade cada vez mais caracterizada pelas aplicações e implicações da ciência e tecnologia. Neste sentido, segundo Waks (1992), aqueles que tomam, por exemplo, esses impactos para si, tornam-se cidadãos responsáveis e:

- (a) procuram entender como a ciência e as tecnologias estão mudando e afetando as pessoas em nossa sociedade para ajudá-las ou para prejudicá-las,
- (b) pensam ativamente e decidem o que é certo e melhor para a sociedade, e (c) fazem um compromisso para participar ativamente, tanto como indivíduos nas tomadas de decisões pessoais, como membros da sociedade, trazendo seus valores para a tomada de decisão coletiva (WAKS, 1992, p. 15 tradução nossa).

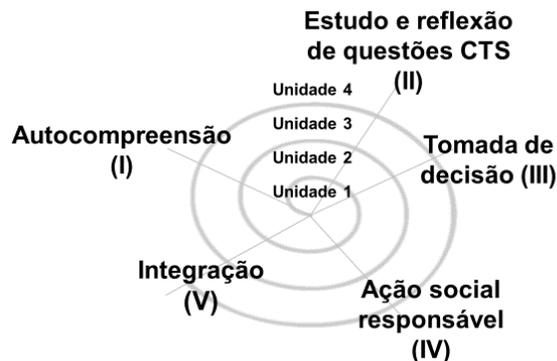
Nesse sentido, segundo Waks (1992), em 1985, foi mobilizada uma força-tarefa nos Estados Unidos, composta por líderes de professores do ensino fundamental e médio em ciência, tecnologia, estudos sociais, educação em inglês, e professores universitários

das várias disciplinas, os quais se reuniram na Universidade Estadual da Pensilvânia para discutir o projeto ciência através da Ciência, Tecnologia e Sociedade (*Science through Science, Technology and Society*) e estabelecer uma definição clara da educação em ciência-tecnologia-sociedade (educação CTS) educação.

De acordo com Waks (1992; 1996), a equipe de trabalho estabeleceu sete critérios como características essenciais dos materiais curriculares, unidades e atividades CTS, são eles: responsabilidade; influências mútuas da ciência, tecnologia e sociedade; relação com questões sociais; balanço de pontos de vista; tomada de decisão e solução de problemas; ação responsável; e integração de um ponto de vista.

A partir desses critérios, Waks em 1992 apresentou a espiral de responsabilidade baseado nos respectivos critérios. A espiral de responsabilidade de Waks (1992) está dividida em cinco fases, as quais ilustramos na figura 3.

Figura 3 – Fases da espiral de responsabilidade



Fonte: Waks (1992, p. 14, tradução nossa)

De acordo com a figura 3, este modelo se constitui de cinco fases: autocompreensão; estudo e reflexão; tomada de decisão; ação responsável; e integração. As sequências dessas fases ocorrem em unidades (1, 2, 3, 4) e são utilizadas como ferramentas de organização das unidades propostas, apresentando uma sucessão tridimensional. Seu formato em espiral é simbólico, e pode ser compreendido como um traço dialético fundamental garantindo que “as mesmas fases assumam diferentes amplitudes, a depender das condições em que estão sendo reproduzidas” (OLIVEIRA, L., 2019, p. 101-102).

Na fase da autocompreensão, um dos objetivos é o de desenvolver “a compreensão dos estudantes sobre eles próprios, como membros interdependentes da sociedade, e da sociedade, como agente responsável do ecossistema” (WAKS, 1992, p. 15). O ponto de partida é fazer com que os estudantes entendam a si próprio como um cidadão, responsável por sua própria vida, compreendendo que a maneira como eles vivem em sociedade afeta o ecossistema que sustenta as necessidades básicas da vida (WAKS, 1992).

Nessa fase os estudantes identificam suas próprias imagens, exploram as fontes de suas convicções e os significados mais profundos, e os professores incentivam o compartilhamento pessoal, conduzem discussões, experiências e leituras (WAKS, 1992).

Na fase do estudo e reflexão, os estudantes tomam consciência e compreendem conteúdos científicos, aspectos tecnológicos e seus impactos sociais, percebendo essas inter-relações no seu cotidiano, nos problemas ao seu redor, no convívio com as pessoas, coisas (artefatos) e ideias. Refletindo sobre esses pontos, passam a compreender o desenvolvimento científico e tecnológico, em particular, e seus impactos, direcionando-os para a tomada de decisão e ação social (WAKS, 1992).

Os professores conectam um conjunto de conteúdos curriculares com a temática abordada, para elucidar o problema ou o tema CTS (WAKS, 1992). Esses temas podem ser inseridos levando em consideração os enxertos CTS que podem ser reais ou simulados, precisam, sobretudo, contribuir para a conscientização dos estudantes das implicações, presentes e futuras, da ciência e tecnologia na sociedade, e podem estar relacionados com situações relativas aos problemas locais dos professores e estudantes (OSORIO, 2002).

Para ampliarmos as discussões sobre a fase estudo e reflexão de Waks (1992), consideramos algumas reflexões relativas ao processo de ensino e aprendizagem trazidas por Acevedo (1996) ao citar outros autores, como: Rosenthal (1989), Waks (1990), Aikenhead (1985). Em síntese, para estes autores, alguns aspectos precisam ser considerados, tais como: dar um enfoque construtivista à aprendizagem, levando em conta as concepções, os interesses e as atitudes dos estudantes; abordar os problemas sociotecnológicos relevantes para os estudantes, que podem ser históricos, contemporâneos ou futuros, embora os problemas atuais sejam os mais adequados, por

serem mais reais e tangíveis, e a partir deles introduzir aspectos sociais, filosóficos, éticos, políticos, econômicos, relacionados com a tecnologia; contribuir para o desenvolvimento da argumentação, da tomada de decisão em uma sociedade democrática; e favorecer a abertura da escola para meio externo, envolvendo debates com a comunidade escolar, visitas técnicas nas indústrias, nos museus de ciências, etc.

Nessa fase de estudo e reflexão, a partir do enxerto CTS, o papel do professor é ser o grande articulador, garantindo a mobilização dos saberes, o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem, e a realização de projetos, nesse caso, de projetos de ações responsáveis esperadas para serem desenvolvidas na quarta fase da espiral de Waks (1992).

Na fase da tomada de decisão (WAKS, 1992), é esperado que os estudantes confrontem as informações e alternativas, para em seguida, ir além deles, tomar uma decisão, tomar uma posição, julgando os caminhos como melhores ou não. Podem ser utilizadas estratégias pedagógicas, tais como: dilemas éticos, debates em sala, avaliação da tecnologia e simulação de um júri (WAKS, 1992).

Adicionalmente, verificamos que Santos, W. e Mortimer (2001) afirmam que:

o julgamento político que ocorre no processo de tomada de decisão não implica apenas na capacidade de expressar ideias e argumentar, mas na capacidade de avaliar as diferentes opiniões que surgem no debate e saber negociar a solução de interesse comum. Isso implica que muitos dos problemas presentes no contexto social do aluno envolvem não a escolha entre, mas a superação de alternativas dicotômicas por meio de sínteses dialéticas (p. 101).

Nesse sentido, é importante observar que no momento da escolha da solução de um problema para a tomada de decisão, deve ser levado em consideração que “enquanto que o problema escolar tem caráter bastante objetivo, a tomada de decisão em problemas reais tem caráter predominantemente subjetivo” (SANTOS, W.; MORTIMER, 2001, p. 102). Por esse motivo, não se pode exigir que a tomada de decisão siga passos rígidos se compararmos com a solução de questões acadêmicas, em que um único resultado é esperado, pois, para a tomada de decisão são apresentadas alternativas múltiplas sob diferentes perspectivas, sobre as quais são avaliados custos e benefícios (SANTOS, W.; MORTIMER, 2001).

Gondim e Pinheiro (2013), ao analisarem o desfecho da aplicação de um estudo de caso, que culminou com a necessidade de tomada de decisão a partir de um júri simulado, perceberam que essa atividade propiciou aos participantes da sua pesquisa a aquisição e o aperfeiçoamento de habilidades cognitivas como a argumentação e a tomada de decisão.

A fase da ação responsável tem como foco os valores e convicções dos estudantes preparando-os para que possam ser encorajados a se envolverem com as questões sociais por meio do desenvolvimento de uma ação que represente o florescimento da educação responsável, a partir dos valores adquiridos em cenários sociais, em grupos políticos e organizações comunitárias (WAKS, 1992). Para Hodson (2018), a ação responsável contribui no desenvolvimento de habilidades, atitudes e valores dos estudantes, permitindo-lhes uma tomada do controle de suas próprias vidas, e a cooperação com os outros para realizar a mudança em direção a um mundo mais justo e sustentável.

A partir desse ângulo de observação, entendemos que a educação na perspectiva CTS deve ir além das palavras, dos julgamentos e decisões, considerando que não é suficiente o entendimento de que ciência e tecnologia são influenciadas por forças sociais, políticas e econômicas, mas é preciso aprender e experimentar a participação (HODSON, 2018). Para tanto, é necessário que os estudantes desenvolvam ações apropriadas, tais como: fazer declarações públicas; realizar reuniões com a comunidade; construir *websites* e boletins informativos; escrever para jornais; trabalhar para grupos locais de ação e coletivos de ação civil; fazer cartazes; distribuir folhetos; protestar; instituir programas de reciclagem de vidro, papel e latas de alumínio; organizar boicotes de consumidores de produtos e práticas ambientalmente inseguros; trabalhar em projetos de limpeza ambiental; plantar árvores; construir uma horta comunitária; criar um programa de almoço livre que não produza lixo; assumir a responsabilidade pela melhoria ambiental do terreno da escola (incluindo plantio de espécies indígena e incentivo da biodiversidade); monitorar o consumo dos recursos energéticos e materiais da escola, a fim de formular práticas mais adequadas (incluindo o uso de painéis solares, por exemplo); reduzir o consumo de água por meio de planos de reciclagem; monitorar a

utilização e a eliminação de materiais potencialmente perigosos dentro da escola; criar uma rede de compras verde; e assim por diante (WAKS, 1992; HODSON, 2018).

Buscando incentivar essas propostas de ação responsável, a partir da participação individual e coletiva, se constrói, segundo Guimarães (2007), um espaço de manifestação do exercício de cidadania em seu sentido pleno, e quando as ações docentes levam os estudantes a ocuparem outros espaços, além da escola, conectados com a realidade vivida, os princípios participativos reforçam a visão construtivista de novos saberes e práticas que estimulam a organização coletiva.

Por fim, a fase da integração representa o momento no qual os estudantes devem aventurar-se além dos assuntos específicos, para que possam ampliar suas compreensões acerca das relações CTS, dos valores pessoais, sociais e éticos, envolvidos na construção da responsabilidade (WAKS, 1992).

Portanto, ao retomarmos a figura 3, percebemos que os estudantes, ao vivenciarem as cinco fases da espiral de responsabilidade de Waks, dentro de uma sequência de atividades, podem se tornar pessoas que crescem em responsabilidade, visto que o desenvolvimento de uma educação para a ação social responsável deve levar os estudantes a agirem conforme a decisão tomada, adquirindo um caráter responsável proveniente da ação desenvolvida (ZOLLER, 1982).

Contudo, vale destacarmos que, nesta dissertação, adaptamos a responsabilidade social proposta por Waks (1992) para a responsabilidade socioambiental.

1.3.4 Responsabilidade Socioambiental

Ao refletirmos sobre as práticas sociais, no contexto atual, marcadas, por exemplo, pela degradação do meio ambiente, podemos perceber a necessidade de considerar o ser humano como sujeito e, ao mesmo tempo, objeto do seu agir. Essa reflexão nos permite tomar consciência de que progressivamente todas essas mudanças ambientais refletem no próprio ser humano, exigindo, por conseguinte, uma postura responsável em suas ações (agir humano) e um monitoramento do seu próprio comportamento (FALCADE-PEREIRA; ASINELLI-LUZ, 2011).

Nesse contexto, destacamos a junção da responsabilidade social e da responsabilidade ambiental, visto que elas possuem interfaces em comum, considerando que um impacto ambiental traz consigo um impacto social (NASCIMENTO, 2007).

Segundo Costa, Valdisser (2015), as discussões sobre a responsabilidade social tiveram início no século XX com ações filantrópicas de empresários que queriam contribuir com a sociedade. Contudo, estes autores mencionam que a responsabilidade e a filantropia têm naturezas distintas, e mesmo não tendo um conceito consolidado, a responsabilidade social difere da filantropia, por ser um estágio avançado do exercício da cidadania, iniciada por meio de algumas ações filantrópicas, buscando estimular o desenvolvimento do cidadão em nível individual e coletivo, sendo essas ações extensivas a todos que participam da vida em sociedade, indivíduos, grupos e movimentos sociais, igrejas, empresas, governo, partidos políticos, etc.

Segundo Guimarães (2007, p. 87), o meio ambiente “é conjunto, é sistêmico, precisa ser percebido em sua realidade complexa, na sua totalidade” e envolve dois elementos: o ambiental natural e o artificial, ou seja, “os ambientes físicos e biológicos originais e o que foi alterado, destruído e construído pelos humanos, como as áreas urbanas, industriais e rurais” (COSTA; VALDISSER, 2015, p. 82).

A exploração do ambiente para obter os recursos naturais necessários para produzir os bens e serviços, os quais muitas vezes não necessitamos, tem provocado um aumento da quantidade de resíduos, e segundo Naime (2012), desde o advento da Revolução Industrial, intensificaram-se os impactos ambientais causados na Terra.

Nesse contexto, surgiu a necessidade da gestão ambiental e os órgãos ambientais reguladores, que passaram a exigir das empresas atitudes para o controle da degradação ambiental, ou seja, a responsabilidade ambiental tem relação com esse conjunto de atitudes, tanto em níveis individuais como empresariais, levando em consideração o crescimento econômico ajustado à proteção do meio ambiente (COSTA; VALDISSER, 2015).

Segundo Carvalho (2017), a responsabilidade socioambiental é concebida como a conduta de estabelecer uma relação de mútua e de copertença entre natureza e os humanos, formando um único mundo, que não se restringe à esfera do sujeito individual e tem como verdadeiro destinatário “a práxis coletiva, na qual a preocupação básica diz

respeito aos efeitos remotos, cumulativos e irreversíveis da intervenção tecnológica sobre a natureza e sobre o próprio ser humano” (FALCADE-PEREIRA; ASINELLI-LUZ, 2011, p. 276).

Ao trazer um pequeno exemplo, Nascimento (2007) afirma que a poluição de um rio, tanto mata o peixe como prejudica o pescador, banhista e aqueles que usufruem deste. Dessa forma, se observarmos esse problema apenas do ponto de vista ambiental, estamos negligenciando o aspecto social do problema. Sendo assim, um dos papéis da gestão socioambiental, é de analisar as causas da poluição do rio, os danos causados, as formas de remediação, os impactos sociais do dano ambiental, e a questão econômica, embora esta não seja o foco principal, pois “o dano ambiental provoca uma elevação dos custos aos usuários diretos e indiretos do recurso natural atingido” (NASCIMENTO, 2007, p. 8).

A partir desse exemplo podemos perceber que essa visão socioambiental pode, além dos aspectos sociais e ambientais, considerar e integrar os aspectos científicos e os aspectos tecnológicos, ao serem discutidas, respectivamente, as causas e consequências da poluição do rio, bem como formas de remediação dessa poluição.

Nesse contexto, Carvalho (2017) direciona seu olhar para uma visão socioambiental orientada:

por uma racionalidade complexa e interdisciplinar e pensa o meio ambiente não como sinônimo de natureza intocada, mas como um campo de interações entre a cultura a sociedade e a base física e biológica dos processos vitais, no qual todos os termos dessa relação se modificam dinamicamente e mutuamente. Tal perspectiva considera o meio ambiente como espaço relacional, em que a presença humana, longe de ser percebida como extemporânea, intrusa ou desagregadora (“câncer do planeta”) aparece como um agente que pertence à teia de relações da vida social, natural e cultural e interage com ela (p. 335-339) (grifo da autora).

Para Carvalho (2017), reduzir o olhar apenas à visão naturalista-conservacionista prejudica a percepção de problemas socioambientais. Neste sentido, Carvalho (2017) ainda esclarece que:

não nega a base “natural” da natureza, suas leis físicas e seus processos biológicos, mas chama atenção para os limites de sua apreensão como o mundo autônomo reduzida dimensão física e biológica. Trata-se de reconhecer que, para aprender a problemática ambiental, é necessária uma visão complexa de meio

ambiente, em que a natureza integra uma rede de relações não apenas naturais, mas também sociais e culturais (p. 346-350) (grifo da autora).

Deste modo, entendemos que é a partir dessa visão integral, que considera conjuntamente questões sociais e ambientais, que poderemos promover a responsabilidade socioambiental, na perspectiva de contribuir para o enfrentamento da atual crise socioambiental que vivenciamos, e para transformar o ambiente educativo em espaços de participação e de construção de responsabilidades, nos quais a aprendizagem ocorre pela construção de conhecimentos vivenciais (experenciados por ações que tenham uma intencionalidade) e pela postura problematizadora da realidade (ao construir um ambiente educativo que vai além da transmissão de conhecimentos), propiciando a construção de novos conhecimentos e saberes, levando em consideração os aspectos cognitivos e os afetivos e incentivando práticas ambientalmente sustentáveis (GUIMARÃES, 2007).

Sendo assim, passamos a perceber que o desenvolvimento, por parte do indivíduo, de uma responsabilidade socioambiental, se inicia a partir das mudanças de ordem socioambiental, que segundo Voichicoski, Morales (2010) são processos multidimensionais, contínuo e lento. Pois, para essas autoras, tomar conhecimentos das questões ambientais “não é suficiente para que o aluno se veja como sujeito no processo ação ambiental, nem mesmo para que ele mude seus comportamentos e adquira novos e saudáveis hábitos”, porém é um passo inicial e fundamental para que os estudantes passem a refletir sobre suas ações frente ao meio ambiente e comecem a se sentir como agentes responsáveis pela busca de ações ecológicas.

Nesse sentido, Guimarães (2007, p. 91) reforça que nesses processos, “o educando deve ser estimulado a uma reflexão crítica para se transformar individualmente e, ao mesmo tempo, subsidiar uma prática que busque intencional e coletivamente transformar a sociedade”. Portanto, o desenvolvimento da responsabilidade socioambiental envolve três principais pontos: o conhecimento crítico da realidade; a aquisição de valores que podem ser éticos, políticos e sociais envolvendo a sensibilização e a conscientização; e a experientiação de atitudes socioambientais (GUIMARÃES, 2007).

Por conscientização, Angotti, Bastos, Mion (2001, p. 189), destacam que:

implica que ultrapassemos a esfera espontânea de apreensão da realidade para chegar a uma esfera crítica na qual a realidade se dá como objeto cognoscível e na qual o ser humano assume uma posição epistemológica. A conscientização pode ocorrer durante a vivência no processo de ação-reflexão-ação. Por isso, torna-se compromisso e consciência histórica, o que implica compreender que o ser humano assume o papel de sujeito que faz e refaz o mundo (ANGOTTI; BASTOS; MION, 2001, p. 189).

Desse modo, a conscientização vai além da compreensão da realidade dos estudantes e exige um processo de ação-reflexão-ação.

Sobre a experientiação de atitudes socioambientais, Guimarães (2007, p. 91) menciona que:

envolve o saber, sentir e fazer (individual e coletivamente) promove uma reformulação do que é esta realidade e como ela se constitui gerando, assim, a construção de um novo conhecimento, alimentador de novas práticas que promovem transformações.

Demmer, Cesário Pereira (2011, p. 266) consideram que “entender as relações entre o ser humano e a natureza por meio da percepção da paisagem é procurar compreender as atitudes do homem com o ambiente, que traduzem usos, hábitos, valores e expectativas”. É nesse sentido que, para essas autoras,

a percepção ambiental também pode ser um indicativo da dinâmica da interdependência e complementaridade, ou seja, das relações que se estabelecem entre o todo. Assim, pode-se estabelecer uma tentativa de compreensão global dos problemas e processos socioambientais, formando cidadãos conscientes (CADORE DEMMER, CESÁRIO PEREIRA, 2011, p. 266).

Em síntese, à luz das discussões tecidas, consideramos a responsabilidade socioambiental como o entendimento crítico do como as aplicações da ciência e da tecnologia afetam a vida das pessoas e do ambiente; do como as escolhas individuais, considerando valores éticos e normas, contribuem para a decisão pelo correto para si e para o coletivo; e do como o comprometimento individual e coletivo reflete nas questões socioambientais (WAKS, 1992; GUIMARÃES, 2007; CADORE DEMMER; CESÁRIO PEREIRA, 2011; CARVALHO, 2017).

Por fim, considerando que nesta pesquisa utilizamos as fases da espiral de responsabilidade para compreender como ocorre o desenvolvimento da responsabilidade socioambiental pelos estudantes, percebemos a necessidade em realizar um mapeamento das pesquisas nacionais da área de ensino de ciências relacionadas à perspectiva CTS e que referenciam e/ou utilizam a espiral de responsabilidade de Waks como modelo teórico-metodológico.

1.4 MAPEAMENTO DAS PESQUISAS SOBRE A PERSPECTIVA CTS E A ESPIRAL DE RESPONSABILIDADE

Situar a perspectiva CTS no contexto dos estudos que utilizam a espiral de responsabilidade de Waks (1992) como modelo teórico-metodológico, implicou no levantamento bibliográfico com vistas à compreensão o que se tem produzido pela comunidade acadêmica, às contribuições trazidas por esses autores, e à aproximação do investigador acerca das diversas produções sobre este modelo.

Nesse sentido, apresentamos um mapeamento das pesquisas nacionais na perspectiva CTS que utilizam e investigam a espiral de responsabilidade como modelo teórico-metodológico nos últimos dez anos. Para tanto, o estabelecimento de critérios e delimitação das fontes de busca foram essenciais para a coleta dos trabalhos que compunham o *corpus* desta pesquisa.

Para Teixeira (2013, p. 270), uma revisão da literatura “consiste na síntese de ideias para situar o estado atual do conhecimento sobre o assunto que está sendo alvo da revisão” e pode ser realizada fazendo-se uso da revisão interpretativa da literatura, que tem como objetivo encontrar e apropriar-se de conhecimentos a partir de critérios para realização de julgamentos, análises, construção de interpretações e sentidos relacionados ao objeto de estudo. Para tanto, assumimos nesta dissertação, a revisão da literatura de forma interpretativa tendo em vista que os conhecimentos nela adquiridos contribuíram para situar a pesquisa em tela no contexto apresentado pelas demais.

Inicialmente, selecionamos algumas revistas classificadas pelo Portal Capes com Qualis “A”, são elas: *Ciência & Educação*, *Investigações em Ensino de Ciências*, e *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)*. Para complementar

essa busca, exploramos a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), o portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (Capes) e Google Acadêmico, destacando que os trabalhos, em sua grande maioria, foram encontrados nessas páginas de busca.

As expressões-chave de busca foram investigadas na língua portuguesa, na espanhola e inglesa, foram elas: “espiral de responsabilidade”; “ciclo de responsabilidade”; “responsibility spiral”; “responsibility cycle”.

Os resultados mostram que setenta e quatro trabalhos citaram esses termos, porém, nem todos atendiam ao critério de seleção estabelecido: pesquisas nacionais relacionadas à perspectiva CTS e que citam/utilizam a espiral de responsabilidade como modelo teórico-metodológico. Após seleção desses, foram feitas as leituras interpretativas do seu resumo, objetivos, metodologia e principais resultados encontrados.

Com base no banco de dados coletados, observamos os seguintes quantitativos de trabalhos, conforme apresentamos o quadro 1.

Quadro 1 – Quantitativos dos trabalhos encontrados

Fonte da busca	“responsibility spiral” e “responsibility cycle”	“espiral de responsabilidade” e “ciclo de responsabilidade”
Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD)	0	0 e 6
Portal de periódicos da Capes	4 e 12	0
Ciência & Educação; Investigações em Ensino De Ciências; Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências (RBPEC)	0	0
Google Acadêmico	21 e 7	2 e 22

Fonte: Autor (2020).

Observando estes quantitativos, percebemos uma falta de refinamento na busca pelo Google acadêmico, visto que as expressões-chave eram encontradas somente nas referências dos trabalhos, e por esse motivo, muitos deles não foram selecionados, por não atenderem aos critérios de seleção estabelecidos.

Na sequência, verificamos que ao realizar a busca no portal de periódicos da CAPES encontramos, apenas, resultados a partir das expressões-chave em inglês, dado que as obras do autor foram escritas nesse idioma. Adicionalmente, verificamos que, a partir da busca pelo termo “responsibility cycle”, nenhum trabalho que se relacionasse com os pressupostos de Waks foi localizado.

De maneira oposta, observamos que no BDTD foram encontrados trabalhos que citavam a espiral de responsabilidade como “ciclo de responsabilidade”, o qual nos permitiu inferir que um dos motivos desse resultado seja a existência de uma das obras de Waks (1996) traduzida na língua espanhola. Apesar dessa duplicidade de termos, optamos, no decorrer da dissertação, em utilizar a expressão “espiral de responsabilidade”, conforme justificamos na introdução desta dissertação.

Buscando essas expressões a partir do localizador das revistas citadas no quadro 2, não foi encontrado nenhum trabalho. Este resultado reflete que poucos trabalhos sobre a perspectiva CTS e a espiral de responsabilidade têm sido publicados em revistas ou as expressões-chave utilizadas no localizador das revistas não favoreceram a busca.

Com base nessas colocações, dos setenta e quatro trabalhos localizados, quatro deles atendiam aos critérios de seleção estabelecidos. Estes trabalhos estão listados no quadro 2 conforme: os autores e/ou autoras, tipologia (artigo, dissertação, tese, etc.), títulos, ano de publicação, e os principais objetivos.

Quadro 2 – Trabalhos encontrados e selecionados para a revisão da literatura

Autores/ Tipo do trabalho	Título/ Ano	Objetivo
T1: Messores, Claudia Maria (Dissertação)	Um estudo sobre a educação em ciência, tecnologia e Sociedade CTS nas ciências naturais das séries iniciais do Ensino fundamental no contexto da proposta curricular de Santa Catarina PC/SC (2009)	Analisar a PC/SC publicada em 1998 e identificar em quais diretrizes para as Ciências Naturais das Séries Iniciais do Ensino Fundamental é possível a inserção da Educação com enfoque CTS.
T2: Gondim, Maria Stela; Pinheiro, Juliano Soares (Artigo)	O caso do tacho de cobre: ações e compreensões de professores de Química em formação e o ensino de CTS (2013)	Apresentar o desenvolvimento de um estudo de caso envolvendo questões sociocientíficas e culturais e analisar o estudo de caso em si e as ações e impressões dos futuros professores de

		Química na intenção de compreender os processos formativos abarcados na atividade.
T3: Cambi, Betina (Dissertação)	Educação CTS em livros didáticos: de análise a aproximação com a modelagem matemática (2015).	Analisar os livros didáticos de matemática do ensino médio, aprovados pelo programa nacional do livro didático PNLD 2012 numa Perspectiva da Educação CTS Ciência Tecnologia e Sociedade. Identificar, por meio dos apontamentos CTS encontrados nos materiais, aproximações com situações que envolvem a atividade de modelagem matemática numa abordagem sociocrítica.
T4: Oliveira, Loryne Viana; Pimenta, Adelino Cândido (Artigo)	Ciência tecnologia e sociedade na formação inicial de Professores de ciências da natureza: o desenho de uma ação didático-formativa (2018)	Desenhar, implementar e avaliar uma Ação-Didático-Formativa (ADF) com foco nas dimensões Ciência Tecnologia e Sociedade - CTS, na formação inicial de professores de ciências.

Fonte: Autor (2020).

Para as análises destes quatro trabalhos, consideramos como categorias analíticas: o objeto de investigação, o objetivo, aspectos metodológicos (tipo de pesquisa, contexto da pesquisa, participantes, referencial analítico) e resultados.

A dissertação T1 se enquadra como uma pesquisa documental na qual a autora utiliza as cinco fases das unidades curriculares de CTS (formação de atitudes de responsabilidade, tomada de consciência em pesquisas e temas CTS específicos, tomada de decisões, ação individual e social responsável, generalização e princípios dos impactos sociais da tecnologia e da formulação de políticas nas democracias tecnológicas) para verificar onde e como elas se aproximam da abordagem teórica da Proposta Curricular de Santa Catarina (PC/SC).

Neste sentido, por meio da análise documental, Messores (2009) identificou três categorias (autonomia, mediação, alfabetização científica) inter-relacionadas, que evidenciam uma interseção entre elas, CTS, e a PC/SC. A partir dos resultados encontrados, a autora considera que o PC/SC se propõe à promoção de atitudes autônomas, criativas e críticas, ao desenvolvimento de uma cidadania responsável, à compreensão da dimensão social do ato educativo, da ciência e da tecnologia enquanto processos e produtos sociais, à construção de bases educativas para uma participação social individual e coletiva, e à interseção da educação com a perspectiva CTS mediada pela alfabetização científica.

Messores (2009) percebeu que a PC/SC atendia as cinco unidades curriculares de CTS e favorecia a dimensão da formação cidadã para a tomada de decisão, superando as práticas tradicionais e apresentando novas possibilidades de transformação. No entanto, a autora esclarece que o cotidiano e a prática escolar são infinitamente contraditórios, complexos e mais ricos do que a teorização da PC/SC, e por esse motivo, destaca alguns desafios e caminhos, sobre os quais as atividades pedagógicas podem intermediar a relação entre o aluno e o seu meio, e os professores podem proporcionar uma aprendizagem que atenda os princípios inerentes às ciências, aos conceitos, aos procedimentos, capacitando seus alunos a ser um sujeito do conhecimento científico que compreende e age sobre a realidade do mundo material (MESSORES, 2009).

No artigo T2 Gondim, Pinheiro (2013) investigaram o desenvolvimento de um estudo de caso relacionado às questões sociocientíficas e culturais, e analisaram o estudo de caso e as percepções de futuros professores de Química sobre ele. Esse estudo de caso trata da proibição do uso de tachos de cobre para a produção de alimentos em Minas Gerais. Ao serem apresentados a esse caso, os estudantes, licenciandos em Química, manifestaram seus posicionamentos a respeito, e após toda a discussão, simularam uma audiência pública referenciada no caso a partir de um júri simulado (GONDIM; PINHEIRO, 2013).

Segundo os autores, após a apresentação do júri simulado, os estudantes escreveram suas impressões sobre a atividade e seu potencial para um ensino CTS. Os resultados foram analisados segundo a Análise de Conteúdo de Bardin (1977) a partir de duas categorias: aprender, na qual os autores encontraram as habilidades adquiridas, exercidas e/ou aprimoradas com o estudo de caso; e aprender a ensinar, na qual os participantes da pesquisa expressaram o potencial de ensino e aprendizagem existente na atividade (GONDIM; PINHEIRO, 2013).

Para os autores, o caso proposto está em concordância com os cinco critérios para unidades curriculares CTS propostos por Waks (1992), e o desenvolvimento do júri simulado favoreceu a tomada de decisão dos licenciandos, atendendo à terceira fase da espiral de responsabilidade.

Entretanto, a partir de uma leitura interpretativa do artigo, verificamos que a atividade proposta pelos autores não contemplou todas as fases da espiral de responsabilidade de Waks, e concluímos que, foram promovidas discussões CTS e desenvolvidas habilidades de argumentação e tomada de decisão, mas não foram consideradas as demais fases da espiral de responsabilidade.

Na dissertação T3 percebemos que a autora cita um quadro de indicadores elaborado pelo projeto CTS/LD (A abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade na produção dos conhecimentos presentes em materiais didáticos voltados para a educação científico-tecnológica no âmbito escolar) de acordo com os referenciais teóricos de Waks (1996) e Santos (2001). Segundo Cambi (2015), a autora dessa dissertação, a utilização desse quadro de indicadores pode ser justificada pelas características que formam os indicadores, os quais convergem para a perspectiva CTS e para os objetivos de sua pesquisa: analisar os livros didáticos de matemática do ensino médio, aprovados pelo programa nacional do livro didático (PNLD - 2012), numa perspectiva da educação CTS (Ciência Tecnologia e sociedade), e identificar, por meio dos apontamentos CTS encontrados nos materiais, aproximações com situações que envolvem a atividade de modelagem matemática numa abordagem sociocrítica.

Segundo a autora, T3 é uma pesquisa documental cujo objeto de estudo está voltado para cinco livros didáticos de matemática aprovados pelo PNLD de 2012. Por meio da análise de conteúdo de Bardin (1995), a autora pôde extrair elementos desses materiais que se aproximam da perspectiva CTS, e que se concentram em cinco grandes temas: meio ambiente, aspectos sociais, saúde, economia, tecnologia e suas implicações (CAMBI, 2015).

Levando em consideração o quadro de indicadores, Cambi (2015) pôde verificar que o primeiro indicador (responsabilidade/ação responsável) foi encontrado em maior frequência em três das cinco coleções dos livros, seguido do quinto indicador (integração de saberes e valores) e do segundo indicador (relações com questões socioculturais) encontrado com maior frequência nas outras duas coleções de livros. Dessa forma, segundo a autora, foi identificada a existência da abordagem CTS em pontos específicos e que, de forma superficial, juntamente com os pressupostos da Modelagem, os livros direcionam os alunos para temas educacionais voltados à cidadania envolvendo o

pensamento crítico, tomada de decisão, ação responsável, e participação social. Contudo, para alcançar esses objetivos em sala de aula, seria necessária a interferência dos professores para que os alunos fossem estimulados pelo material analisado (CAMBI, 2015).

O artigo T4 tem como objeto de estudo a formação inicial de professores de ciências, mais especificamente, uma Ação-Didático-Formativa com foco nas dimensões Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Essa Ação-Didático-Formativa se estruturou de acordo com as cinco fases do ciclo de responsabilidade de Waks, foi planejada para uma carga horária de 60 horas-aula (h/a), e ofertada na modalidade à distância, com tutoria da própria pesquisadora em cinco módulos, são eles:

(i) ambientação no AVA (5h/a); (ii) racionalidade científica: identificar a construção dinâmica do conhecimento científico e debater aspectos da Natureza da Ciência (15h/a); (iii) desenvolvimento tecnológico: questionar o modelo de desenvolvimento tecnológico; (iv) interações CTS: caracterizar princípios teóricos analíticos do movimento e discutir a relação entre modelos tecnocráticos e democráticos para tomada de decisão em CT; (v) dimensão educacional CTS: objetivos e potencialidades para o ensino de Ciências (OLIVEIRA, L.; PIMENTA, 2018, p. 3).

Apesar de Oliveira, L., Pimenta (2018) mencionarem que a Ação-Didático-Formativa atendia aos pressupostos da espiral de responsabilidade, como se tratava de um trabalho em andamento, não foi possível verificarmos os resultados e discussões do seu desenvolvimento. Entretanto, em suas considerações, os autores destacaram os possíveis benefícios da proposta elaborada ressaltando as características da interdisciplinaridade e de temas controversos na estruturação da Ação-Didático-Formativa².

A partir da leitura interpretativa dos trabalhos, pudemos identificar o que dizem as pesquisas sobre a perspectiva CTS articulada à espiral de responsabilidade, considerando os quatro trabalhos analisados.

² Esse artigo nos instigou a buscar o trabalho em sua completude, despertando o interesse do pesquisador em fazer a leitura interpretativa dos resultados e discussões oriundos da ação-didático-formativa. Dessa forma, nos deparamos com a dissertação de Loryne Viana de Oliveira apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica do Instituto Federal de Goiás e defendida no ano de 2019. Entretanto, ainda não se encontra disponível essa dissertação no BDTD e por questões éticas optamos em não abordá-la nesse mapeamento, mesmo que tenha sido uma leitura enriquecedora para a dissertação em tela.

De modo geral, percebemos que os trabalhos analisados se apropriaram de pressupostos teóricos e metodológicos da espiral de responsabilidade de Waks (1992). Esta apropriação foi utilizada com diferentes objetos de investigação: proposta curricular, atividades com estudo de caso e júri simulado, livros didáticos de matemática do PNL 2012, e formação inicial de professores de ciências.

Quanto aos objetivos, os quatro trabalhos apresentaram direcionamentos diversos: analisar a PC/SC e identificar em quais diretrizes é possível à inserção da Educação com enfoque CTS; apresentar e analisar o desenvolvimento de um estudo de caso envolvendo questões sociocientíficas e culturais, e as impressões dos futuros professores de Química; analisar e identificar nos livros didáticos de matemática do ensino médio do PNL 2012 aproximações com a perspectiva CTS e com a atividade de modelagem matemática numa abordagem sociocrítica; desenhar, implementar e avaliar uma Ação-Didático-Formativa (ADF) com foco nas dimensões CTS, e na formação inicial de professores de ciências.

Em relação aos aspectos metodológicos, estes trabalhos foram desenvolvidos em diferentes tipos de pesquisa, a saber: pesquisa documental (T1 e T3) e pesquisa participante (T2 e T4).

Quanto aos resultados destes trabalhos, identificamos que: a autora do T1 analisou a PC/SC a partir de três categorias (autonomia, mediação, alfabetização científica) e percebeu que a PC/SC atendia as cinco unidades curriculares de CTS e favorecia a dimensão da formação cidadã para a tomada de decisão; os autores do T2 analisaram o estudo de caso da proibição do uso do tacho de cobre, a partir de duas dimensões: aprender ciências e de aprender a ensinar ciências por meio do estudo de caso envolvendo um júri simulado, e para os autores, o caso proposto estava em concordância com as cinco unidades curriculares CTS; a autora do T3 analisou os livros didáticos do PNL 2012 a partir do quadro de indicadores do projeto CTS/LD e verificou a presença da abordagem CTS e da modelagem matemática numa abordagem sociocrítica em pontos específicos dos livros, sendo que o primeiro indicador (responsabilidade/ação responsável) foi encontrado em maior frequência, seguido do quinto (integração de saberes e valores) e do segundo (relações com questões socioculturais) indicador; os autores do T4 avaliaram o desenho da Ação-Didático-

Formativa (ambientação no AVA, racionalidade científica, desenvolvimento tecnológico, interações CTS, e dimensão educacional CTS) com foco nas dimensões CTS e na formação inicial de professores de ciências e avaliaram que a ADF atendia aos pressupostos da espiral de responsabilidade.

Portanto, a partir da pesquisa exploratória sobre pesquisas acerca da perspectiva CTS articulada a espiral de responsabilidade de Waks, encontramos evidências da potencialidade deste modelo. Entretanto, percebemos também, indícios de que o desenvolvimento de atividades restrito a alguma das fases da espiral pode ser prejudicial para cumprir seu objetivo de promover a responsabilidade através das fases da espiral, em sua sucessão tridimensional.

Vale retomar o entendimento de que, segundo Waks (1992; 1996), a responsabilidade está associada a uma tomada de consciência para problemas sociais, e a uma atitude de conduta de acordo com normas sociais, e por isso, uma pessoa não se torna responsável apenas ao cumprir regras ou concordar com normas, mas pela aceitação conscientemente de responsabilidade, desenvolvendo-a e assumindo-a. Sendo assim, como alguns trabalhos não atenderem as cinco fases da espiral de responsabilidade, não foi possível visualizar todas essas características apresentadas por Waks (1992; 1996) no decorrer da leitura interpretativa desses trabalhos.

Além disso, não encontramos em nenhum desses trabalhos, uma metodologia organizada a partir de uma intervenção pedagógica na perspectiva CTS voltada à temática dos resíduos plásticos, vislumbrando o desenvolvimento da responsabilidade socioambiental por estudantes do ensino médio. Mesmo assim, os trabalhos fomentaram ideias que foram incorporadas ao nosso entendimento da espiral de responsabilidade, e nos instigou a perceber, ainda mais, evidências da potencialidade desse modelo teórico-metodológico para perspectiva CTS, com vistas ao desenvolvimento de um ensino voltado à cidadania, à tomada de decisão, e ao desenvolvimento da responsabilidade socioambiental por parte dos estudantes.

No sentido de materializarmos a pesquisa em tela, construímos o seu desenho metodológico, o qual apresentamos no capítulo 2.

CAPÍTULO 2 METODOLOGIA

Neste capítulo caracterizamos a natureza da pesquisa, delimitamos os participantes da pesquisa, os instrumentos que foram utilizados para a coleta dos dados, o percurso metodológico proposto, os aspectos éticos com os riscos e benefícios desta pesquisa, e as justificativas que nos levaram às nossas opções metodológicas.

O delineamento dessa pesquisa segue na ótica descritiva na qual os fatos e os fenômenos do mundo físico e humano são estudados, ao serem registrados, observados, classificados, analisados e interpretados (PRODANOV; FREITAS, 2013). Permitindo assim, uma análise aprofundada do problema de pesquisa em relação aos aspectos sociais para explicação de diferentes fatores e elementos que influenciam um determinado fenômeno (OLIVEIRA, Maria M., 2011a). Associada a essa visão, os dados foram apresentados e analisados numa abordagem qualitativa, no intuito de explicar-se em profundidade o significado, de descrever a complexidade de problemas e hipóteses (OLIVEIRA, Maria M., 2011b) e que, segundo Minayo (2009), esse tipo de pesquisa responde a questões muito particulares, trabalhando:

com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes. Esse conjunto de fenômenos humanos é entendido aqui como parte da realidade social, pois o ser humano se distingue não só por agir, mas por pensar sobre o que faz e por interpretar suas ações dentro e a partir da realidade vivida e partilhada com seus semelhantes (MINAYO, 2009, p. 21).

Assim, a partir dessa citação de Minayo (2009) percebemos que a abordagem qualitativa nos possibilita uma interpretação e análise mais adequada para a realidade do nosso objeto de estudo e dos participantes da pesquisa.

Neste sentido, assumimos os pressupostos da pesquisa participante, considerando que o pesquisador conduzirá o desenvolvimento da intervenção pedagógica a ser desenvolvida com os estudantes. Esse tipo de pesquisa é aquele em que “o pesquisador, para realizar a observação dos fenômenos, compartilha a vivência dos sujeitos pesquisados, participando, de forma sistêmica e permanente, ao longo do tempo da pesquisa das suas atividades” (SEVERINO, 2007, p. 120).

A partir dessa definição, percebemos que ao observar as manifestações das situações vividas pelos sujeitos, o pesquisador vai interagindo, acompanhando e

participando de todas as ações juntamente com eles, além de registrar todos os elementos observados, suas análises e considerações (SEVERINO, 2007).

2.1 CONTEXTO E PARTICIPANTES DA PESQUISA

A investigação ocorreu em uma escola pública da rede estadual de Pernambuco, que no ano corrente da pesquisa tornou-se escola de referência, passando a compor a rede de educação integral que é uma das Políticas Públicas de Estado, e, conseqüentemente, receberam materiais didáticos, recursos de informática e do laboratório funcional de ciências, propiciando um melhor suporte às práticas pedagógicas desenvolvidas pelos professores.

Quanto aos critérios de escolha pela escola, levamos em consideração a verificação do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) de 2017, sobre o qual não há dados, pois o número de participantes das turmas da terceira série do ensino médio no Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB) foi insuficiente para que os resultados fossem divulgados, e de 2019 (4,1). A partir dos dados deste IDEB, podemos inferir que a escola não alcançou a meta projetada para a terceira série do ensino médio na rede estadual (4,3) e seu IDEB encontra-se abaixo dos resultados alcançados pelo município do Cabo de Santo Agostinho e pelo estado de Pernambuco (4,4).

Além disso, a verificação da existência de projetos de cunho ambiental na escola foi outro critério considerado na escolha por esta escola. Nela, desde o ano letivo de 2019, está em desenvolvimento um projeto de horta na escola com o uso de garrafas PET. Esse projeto ainda não tinha sido reiniciado e estava aguardando a aceitação e/ou cooperação da comunidade escolar, que tem como principais responsáveis as turmas do terceiro ano. Portanto, percebemos nesta escola, a necessidade de desenvolver atividades didáticas para elevar seu IDEB, e a possibilidade da mesma ser um campo fértil para o desenvolvimento de projetos e intervenções com vistas a despertar nesse público o interesse em participar ativamente da vivência escolar em ações socioambientalmente responsáveis.

Porém, com a propagação da covid-19 a partir de março de 2020 e devido a possível exposição aos riscos de contaminação pelo coronavírus instaurado no Brasil (cenário existente no ano corrente da pesquisa) esses projetos de cunho ambiental na escola foram paralisados e a participação de todos os estudantes da escola nas aulas presenciais foi restringida. Isso porque, a escola estabeleceu que os estudantes poderiam optar em participar somente das atividades remotas ou das aulas presenciais, num esquema de rodízio entre eles.

Nesse contexto, seguindo os protocolos de segurança estabelecidos pela secretaria de educação de Pernambuco, tais como o distanciamento de pelo menos 1,5 metro em sala de aula, a utilização do gel antisséptico 70% para higienização das mãos, e o uso da máscara de tecido facial, a intervenção pedagógica planejada nesta pesquisa foi desenvolvida de modo presencial.

Portanto, optamos em estabelecer como critério de inclusão dos participantes da pesquisa, os estudantes da terceira série do ensino médio matriculados nessa escola estadual e que estão alocados na turma do terceiro ano A participantes das aulas presenciais. E como critério de exclusão, aqueles estudantes que não consentiram sua participação nesta pesquisa ou não puderam participar das aulas presenciais no período do desenvolvimento da intervenção pedagógica (novembro e dezembro de 2020).

Respeitando a identidade dos(as) dezessete estudantes que participaram dessa pesquisa, eles foram identificados com a seguinte codificação: Estudante (sigla E) + numeração em algarismo arábico com dois dígitos. Por exemplo: E01, E02, ..., E17.

2.2 INSTRUMENTOS DE PESQUISA

Para a coleta dos dados foram utilizados os seguintes instrumentos: sequência didática interativa (SDI), gravação em áudio, e observação participante.

A sequência didática interativa (SDI) “é um desdobramento da Metodologia Interativa, tendo como carro-chefe a técnica do Círculo Hermenêutico-Dialético” (OLIVEIRA, Maria M., 2014, p. 31), e fundamentado pelos principais aportes teóricos da hermenêutica filosófica de Gadamer, da dialógica segundo Freire e do paradigma da complexidade de Morin. Portanto, essa “metodologia interativa se apresenta como um

processo hermenêutico-dialético, dentro de uma visão sistêmica” (OLIVEIRA, Maria M., 2014, p. 25).

De acordo com Silveira, *et al.* (2017, p. 276) “a SDI é uma técnica de pesquisa e de ensino criada por Oliveira, Maria M. (2011, 2013)”, que está voltada a construção e reconstrução de conceitos acerca dos diversos temas dos componentes curriculares da educação básica e superior, contemplando cursos de graduação e pós-graduação, e pode ser definida como:

uma proposta didático-metodológica que desenvolve uma série de atividades, tendo como ponto de partida a aplicação do círculo hermenêutico-dialético para identificação de conceitos/definições, que subsidiam os componentes curriculares (temas), e, que são associadas de forma interativa com teoria (s) de aprendizagem e/ou propostas pedagógicas e metodologias, visando à construção de novos conhecimentos e saberes (OLIVEIRA, Maria M., 2013, p. 44).

A partir dessa definição, percebemos que a SDI ao valorizar o triplo diálogo: consigo próprio, com os outros indivíduos e com sua própria situação, pode favorecer uma estrutura formativa flexível, dinâmica e interativa e adaptar-se ao perfil do grupo, às suas necessidades e ao contexto que será trabalhado (SANTOS, D.; OLIVEIRA, Maria M., 2017).

Além disso, situada no novo paradigma da ciência contemporânea “apresenta-se como inovadora e dinâmica, fundamentada na visão sistêmica, na hermenêutica, na dialética, na complexidade e na dialogicidade” (SANTOS, D.; OLIVEIRA, Maria M., 2017, p. 55), valorizando portanto, “a relação triádica fechada das três dimensões do novo paradigma: complexidade, instabilidade e intersubjetividade” (SANTOS, D.; OLIVEIRA, Maria M., 2017, p. 54).

Assumindo a existência dessas três dimensões, Santos, D. e Oliveira, Maria M. (2017) mencionam que, quanto à complexidade, “os participantes do processo percebem o mundo como não-linear, considerando que as partes formadoras do todo estão correlacionadas” (p. 56) e que sua participação tem influência no trabalho, passando a perceber as coisas por outro ângulo, a depender do contexto em que está inserido; quanto à instabilidade, os participantes começam a observar “que o mundo não pode ser definido como prega a escola mecanicista, visto que nem tudo pode ser controlado, aceitando o imprevisível” (p. 56); e quanto à intersubjetividade, os participantes

compreendem que “a realidade é uma construção individual e depende das percepções de cada indivíduo; sendo assim, o que é verdade para um, pode não ser verdade para outro” (p. 56).

Além da SDI, durante a investigação foram feitos registros das aulas por gravações em áudio, com o intuito de obtermos um levantamento de dados primários (aqueles que são extraídos da realidade, feito pelo trabalho do próprio pesquisador), a partir da descrição verbal dos informantes da pesquisa (PRODANOV; FREITAS, 2013), nesse caso, os estudantes. Como o uso de gravadores podem inibir a naturalidade das falas dos estudantes (PRODANOV; FREITAS, 2013) e como havia ruído na sala de aula, utilizamos dois gravadores posicionados estrategicamente para captar o som sem tantas interferências na mesma.

Em complemento a esses dois instrumentos de pesquisa, assumimos que a observação participante perpassou a etapa do desenvolvimento da intervenção pedagógica, e para melhor compreendê-la, Haguette (2010) refere-se à observação participante como um instrumento tanto para a captação de dados, como para a modificação do meio pesquisado, na qual a presença do observador é mantida para fins de investigação científica face a face com os observados, e conseqüentemente, essa observação coloca em pauta o problema da interferência inevitável do observador “quando assume o papel do pesquisador revelado” (p. 68) e da interferência deliberada em instâncias, quando o pesquisador tem por objetivo a coleta de dados e a introdução de mudanças sociais no ambiente.

Sendo assim, a observação pode ser realizada de duas maneiras: “natural quando o observador faz parte do grupo que vai investigar e artificial, quando o investigador não pertence ao grupo ser investigado, mas se integra a ele com esta finalidade” (KRIPKA, BONOTTO, RICTER, 2015, p. 235). Portanto, percebemos que na pesquisa em tela, a observação participante acontecerá de forma artificial, tendo em vista que o pesquisador não pertence à escola pesquisada e coletou seus dados de acordo com os objetivos propostos na pesquisa, conforme ilustramos no quadro 3.

Quadro 3 – Relação dos instrumentos de pesquisa com os objetivos específicos

Objetivos Específicos	Instrumentos
Identificar concepções prévias dos estudantes sobre a presença dos plásticos no cotidiano e a relação desses com a poluição ambiental.	SDI I; Gravação em áudio; Observação participante artificial.
Avaliar possíveis mudanças nas concepções dos estudantes sobre os impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos.	SDI II; Gravação em áudio; Observação participante artificial.
Analisar as aulas constitutivas desta intervenção pedagógica, tendo em vista a autocompreensão, o estudo e reflexão, a tomada de decisão, a ação responsável e a integração.	Gravação em áudio; Observação participante artificial.

Fonte: Autor (2020).

Para melhor entendimento de como esses instrumentos de pesquisa foram utilizados no decorrer da intervenção pedagógica, apresentamos, a seguir, o percurso metodológico para a coleta dos dados desta pesquisa.

2.3 PERCURSO METODOLÓGICO

A pesquisa foi subsidiada por quatro etapas, são elas: planejamento da SDI I e da SDI II; planejamento da intervenção pedagógica; desenvolvimento da intervenção pedagógica; e organização e análise dos dados.

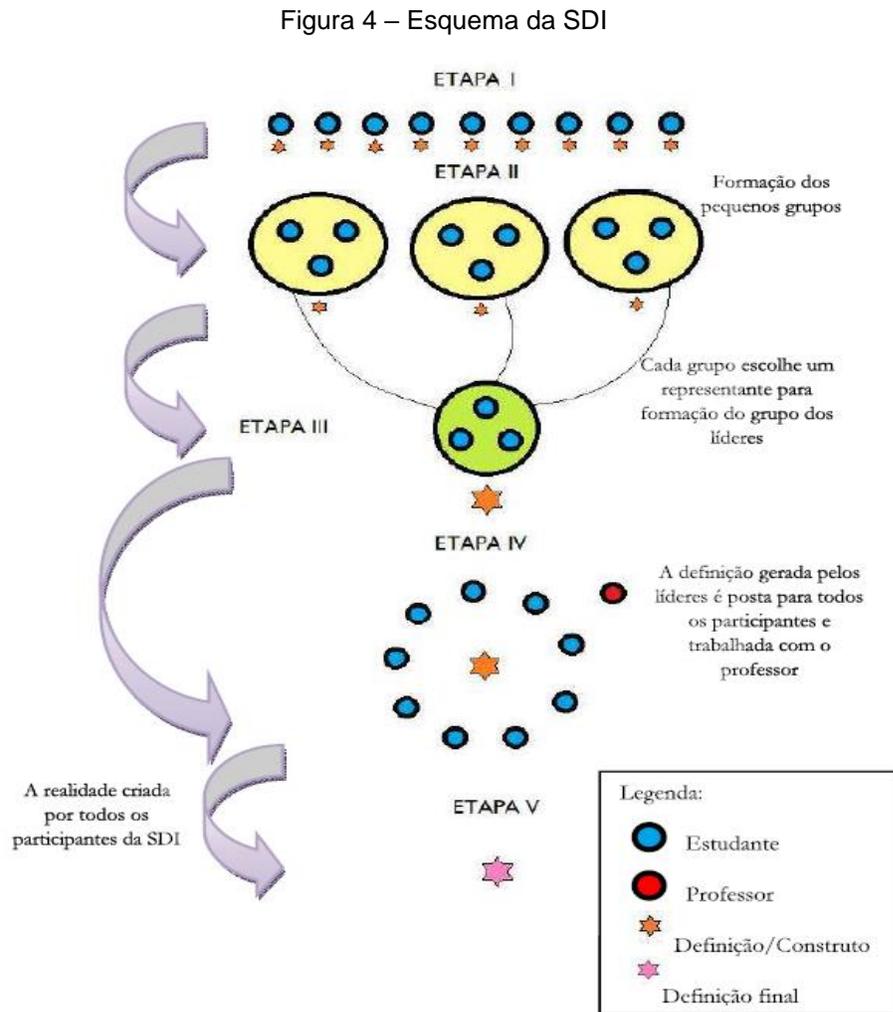
2.3.1 1ª Etapa: Planejamento da SDI I e SDI II

Considerando os aportes teóricos que fundamentam a SDI, percebemos que a partir dessa ferramenta didático-metodológica podemos, enquanto professores, propiciar a construção de conceitos/definições tanto em um primeiro momento como numa sucessão de atividades, dinamizando o trabalho da temática a partir de alguns princípios fundamentais, são eles: a negociação entre os pares, que discutirão as definições em frases que deverão representar as intenções dos integrantes dos grupos participantes; a dialética, que traz crítica das ações, das dicotomias presentes em temas a serem estudados; a dialogicidade, que traz a dinamização do processo e busca garantir a

participação de todos os sujeitos presentes na intervenção, podendo ser feita com grupos de três a cinco participantes (OLIVEIRA, Maria M., 2011c, 2013, 2014).

Dessa forma, compreendemos que segundo Silveira, *et al.* (2017, p. 278), a SDI tem como pilares a técnica da hermenêutica e da dialética, permitindo que “os sujeitos se interpretem e reinterpretem e que interpretem o conceito em questão e o próprio mundo”, articulando “as ideias de crítica, de negação, de oposição, de mudança, de processo, de contradição, de movimento e de transformação da natureza e da realidade social” (p. 278).

Sendo assim, ela está estruturada a partir de cinco etapas, conforme apresentamos na figura 4.



Fonte: Silveira, *et al.* (2017, p. 277)

Para um melhor entendimento da figura 4, Oliveira, Maria M. (2011c) descreve a dinâmica da SDI a partir de três momentos. No primeiro momento (que contempla as etapas I e II da figura 4) cada estudante recebe uma ficha e escreve o que entende (definição/conceito) sobre determinado conceito ou temática solicitado pelo professor. Em seguida, são formados pequenos grupos de até cinco estudantes para que estes construam uma síntese dos conceitos dados por cada participante.

No segundo momento (que contempla a etapa III da figura 4), é solicitado que cada grupo escolha um representante para formar um novo grupo, que terá como objetivo sistematizar o conceito/definição a partir das sínteses da sua equipe de origem (OLIVEIRA, Maria M., 2011c).

Por fim, no terceiro momento (que contempla as etapas IV e V da figura 4) ocorre a construção de uma síntese (uma definição) por todos os participantes e que será baseada nas sistematizações do primeiro e segundo momentos. A partir dessa série de atividades, cabe ao professor (durante as etapas IV e V da figura 4) discutir a dinâmica realizada para construção de conceitos/definições e fazer o “fechamento da dinâmica por meio da veiculação e sistematização do conteúdo teórico, de forma dialógica, acerca do tema em estudo” (OLIVEIRA, Maria M., 2011c, p. 239).

Considerando essa sequência de momentos, percebemos que “o processo de construção do conhecimento e saberes é ascendido pelo trabalhar coletivo (trabalho colaborativo), estabelecido através das relações de vínculos entre as pessoas [...]” (SANTOS, D.; OLIVEIRA, Maria M., 2017, p. 56). Indicando que a SDI “trabalha a realidade em toda sua diversidade, sem perder de vista as múltiplas características dos alunos [...] que estão envolvidos no processo de pesquisa e da realização da SDI” (OLIVEIRA, Maria M., 2013, p. 53).

Pesquisas com a SDI, como por exemplo, a investigação feita por Silveira, *et al.* (2017) mostrou que a utilização da SDI incentivou a expressão das subjetividades dos participantes da pesquisa e sua construção coletiva, promovendo assim, “uma abordagem de ensino e aprendizagem em que o professor/pesquisador interfere menos e favorece a autonomia dos estudantes em sala de aula” (p. 289).

Nesse sentido, segundo Oliveira, Maria M. (2013), ao planejarmos uma SDI, podemos trabalhar com a construção de conceitos/definições, a partir de um tema ou

palavra, mas também, podemos idealizá-la com questionamentos. Neste caso, para essa autora, é recomendável que sejam elaboradas cerca de duas a três questões, e a dinâmica da SDI segue o mesmo procedimento, conforme descrito na figura 4.

Diante disso, a SDI I foi conduzida a partir dos seguintes questionamentos: De que maneira os polímeros sintéticos, como, os plásticos, estão presentes no seu cotidiano? Você vê alguma relação entre estes e a poluição ambiental? Por quê? A SDI II, por sua vez, contemplou os seguintes questionamentos: Quais os valores pessoais, sociais, políticos, éticos e estéticos poderiam ser considerados ao planejarem as ações propostas no sentido de minimizar os impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos? De que maneiras nossas atitudes influenciam no meio ambiente ou podem minimizar tais impactos?

Por meio da SDI I, buscamos contemplar a 1ª fase da espiral de responsabilidade, a autocompreensão, pois esperávamos que os estudantes passassem a compreender sobre si próprio, como um cidadão, consumidor e agente poluidor, percebendo também, a influência dos inúmeros materiais plásticos que estão presentes em nosso cotidiano e sua relação com os impactos socioambientais.

Por meio da SDI II, buscamos contemplar a 5ª fase da espiral de responsabilidade, a integração, visto que esperávamos que os estudantes, integrassem os valores emergentes tanto das ações responsáveis como das fases da espiral de responsabilidade vivenciadas anteriormente.

Dessa forma, reiteramos as potencialidades dessa ferramenta didático-metodológica nessa intervenção pedagógica, no sentido de sistematizar os saberes na assimilação e elaboração de conceitos, na construção e reconstrução de novos conhecimentos, e na realização de aprendizagens significativa e efetivas (SANTOS; OLIVEIRA, Maria M., 2017). Para tanto, é da competência dos professores “planejarem a sequência de atividades para avançar quanto à fundamentação teórica do tema em estudo, para que se adquiram subsídios para construção de um novo conhecimento” (OLIVEIRA, Maria M., 2013, p. 63), conforme apresentamos no planejamento da intervenção pedagógica.

2.3.2 2ª Etapa: Planejamento da intervenção pedagógica

O planejamento da intervenção pedagógica na perspectiva CTS foi estruturado a partir das cinco fases da espiral de responsabilidade de Waks, a qual foi constituída por cinco aulas com duração de 30 minutos cada (com exceção da aula n 2 que foi de 60 minutos) e como a turma estava dividida em dois grupos, devido às regras de distanciamento adotadas pela secretaria de educação, foi preciso fazer a repetição dessas aulas para envolver toda a turma do 3ºA.

A aula 1 foi planejada com o propósito de atender a 1ª fase da espiral de responsabilidade, a autocompreensão. Nesta perspectiva, os estudantes identificam suas próprias imagens, exploram as fontes de suas convicções e os significados mais profundos, e o professor/pesquisador incentiva o compartilhamento pessoal sobre suas realidades sociais, conduz discussões, experiências e/ou leituras (WAKS, 1992), fazendo com que os estudantes desenvolvam uma autocompreensão a partir das questões estabelecidas na SDI I e da exibição da reportagem da Série JR: veja como o plástico do lixo ameaça a vida dos animais marinhos (Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RjLEK-kg24U&t=348s>. Acesso em 08 maio 2019).

Ilustramos o planejamento da primeira aula no quadro 4.

Quadro 4 – Planejamento da aula 01

 DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS Público-alvo: Turma do 3º A / Quantidade de estudantes: 17 Horário de aulas: Manhã / Geminadas () Não geminadas (X) 		
Planejamento da aula 1		Datas: 10/11/2020 e 17/11/2020
Tema: Introdução à temática dos plásticos e sua relação com a poluição ambiental		
Objetivo de aprendizagem Compreender a si mesmo, como os plásticos estão inseridos no contexto dos estudantes e sua relação com a poluição ambiental.		
Atividades 1. Na fase inicial, da autocompreensão, foi feita a SDI I com as questões: De que maneira os polímeros sintéticos, como, os	Conteúdos/Ações docentes 1. Intermediar a realização da SDI I.	Tempo 20 min.

<p>plásticos, estão presentes no seu cotidiano? Você vê alguma relação entre estes e a poluição ambiental? Por quê?</p> <p>2. Dando seguimento, foram discutidas as respostas individuais e dos grupos construídas durante as etapas da SDI I.</p> <p>3. Para finalizar as reflexões desse momento foi exibido o 1º vídeo intitulado por “Série JR: veja como o plástico do lixo ameaça a vida dos animais marinhos” e foi feita uma breve discussão, que terá continuidade na próxima aula.</p>	<p>2. Discutir as respostas juntamente com os(as) estudantes.</p> <p>3. Contextualizar a poluição plástica nos oceanos.</p>	<p>5 min.</p> <p>9 min.</p>
<p>Recursos didáticos</p> <p>Computador, retroprojetor, vídeo, papel, caneta, quadro, e marcador para quadro branco.</p>		
<p>Espaço físico e Organização dos estudantes</p> <p>Na sala de aula, eles foram organizados em grupos de 4 ou 3 estudantes para realização da SDI, respeitando o distanciamento mínimo de 1,5 metros.</p>		
<p>Procedimentos Avaliativos</p> <p>A avaliação ocorreu nos momentos em que os estudantes responderam aos questionamentos da SDI I, e a partir das discussões durante a aula.</p>		
<p>Referências</p> <p>CANTO, E. L. Plástico: Bem supérfluo ou mal necessário? 3. ed. São Paulo: Moderna, 1995.</p> <p>SÉRIE JR: veja como o plástico do lixo ameaça a vida dos animais marinhos. Produção do Jornal da Record. São Paulo, 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=RjLEK-kg24U&t=348s. Acesso em 08 maio 2019.</p>		

Fonte: Autor (2020)

A aula 2 foi planejada para atender a 2ª fase da espiral de responsabilidade, ou seja, o estudo e reflexão. Portanto, esse momento foi desenvolvido por meio de uma aula expositiva dialogada sobre os aspectos sociais, científicos e tecnológicos emergentes nas relações existentes entre os polímeros sintéticos, os resíduos plásticos, os impactos socioambientais e a política nacional do meio ambiente e de resíduos sólidos, corroborando com os pressupostos de Waks (1992), ao afirmar que essa fase é essencial para que os estudantes passem a compreender pontos relevantes dos problemas ao seu redor e tirem implicações para a tomada de decisão e ação social.

A aula expositiva dialogada foi ministrada pelo pesquisador, que preparou seu material em uma apresentação do PowerPoint e, durante a aula, foram exibidos dois vídeos para fomentar o diálogo entre os(as) estudantes, são eles: Quais são os tipos de

<p>3. Nesse caso, esse terceiro vídeo da intervenção pedagógica introduziu os aspectos tecnológicos e socioambientais a serem discutidos na aula seguinte, juntamente com a atividade extraclasse de leitura do seguinte artigo “Biodegradação: uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos”.</p> <p>4. Ao receberem de forma impressa o artigo, os(as) estudantes foram convidados a se prepararem para a tomada de decisão, realizada na próxima aula, e como atividade extraclasse puderam começar a pensar sobre o seguinte questionamento: Dentre as possíveis soluções para a problemática dos resíduos plásticos, quais seriam as mais favoráveis para o meio ambiente: a redução do consumo de descartáveis, a reciclagem ou a biodegradação? Quais são as vantagens e as desvantagens?</p>	<p>3. Exibir e discutir o 3º vídeo.</p> <p>4. Orientar os estudantes para que possam se preparar para a fase de tomada de decisão.</p>	<p>5 min.</p> <p>15 min.</p>
<p>Recursos didáticos Computador, retroprojetor, vídeo, quadro, e marcador para quadro branco.</p>		
<p>Espaço físico e Organização dos estudantes Na sala de aula respeitando o distanciamento mínimo de 1,5 metros entre os estudantes.</p>		
<p>Procedimentos Avaliativos A avaliação ocorreu nos momentos em que os estudantes participaram ativamente das discussões durante a aula expositiva dialogada.</p>		
<p>Referências</p> <p>QUAIS são os tipos de plásticos? Publicado pelo Portal eCycle. São Paulo, 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=rB9GPhOTwFQ. Acesso em 07 fev. 2020.</p> <p>COMO fazer plástico de batata (Experiência). Publicado pelo Manual do Mundo. São Paulo, 2013. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=LyqyYehL82Y. Acesso em 08 maio 2019.</p> <p>ZANIN, M.; MANCINI, S. D. Resíduos Plásticos e Reciclagem: Aspectos gerais e tecnologia. São Carlos: EdUFSCar, 2004.</p>		

Fonte: Autor (2020)

A aula 3 foi planejada para finalizar o estudo e reflexão iniciado na aula 02 e para atender a 3ª fase da espiral de responsabilidade de Waks (1992), na qual os estudantes são chamados à tomada de decisão. Vale ressaltarmos que, subsídios para a tomada de decisão irão se constituindo desde as fases da autocompreensão e de estudo e reflexão.

Essa tomada de decisão levará em consideração os aspectos sociais, científicos e tecnológicos envolvidos nas possíveis alternativas para a poluição ambiental provocada pelos resíduos plásticos, tais como a redução do consumo de descartáveis, a reciclagem e a biodegradação. Dessa forma os estudantes foram confrontados sobre a seguinte questão: Dentre as possíveis soluções para a problemática dos resíduos plásticos, quais seriam as mais favoráveis para o meio ambiente: a redução do consumo de descartáveis, a reciclagem e/ou a biodegradação, etc.? Quais são as vantagens e as desvantagens?

Para que possamos cumprir com os pressupostos da tomada de decisão e evidenciar a relevância dessa fase para a construção da responsabilidade socioambiental, os estudantes, ao pesquisarem, responderem e colocarem suas opiniões acerca desses questionamentos, tomarão uma posição, julgando os caminhos como melhores ou não, conforme estabelece Waks (1992).

Ilustramos o planejamento da terceira aula no quadro 6.

Quadro 6 – Planejamento da aula 03

 DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS Público-alvo: Turma do 3º A / Quantidade de estudantes: 17 Horário de aulas: Manhã / Geminadas () Não geminadas (X) 		
Planejamento da aula 3		Datas: 07/12/2020; 08/12/2020
Tema: Estudo e reflexão sobre os aspectos socioambientais, tecnológicos e tomada de decisão frente às possibilidades discutidas: reciclagem, incineração, biodegradação.		
Objetivo de aprendizagem Compreender os aspectos tecnológicos e socioambientais da temática, estabelecendo critérios científicos e tecnológicos para as possibilidades de tratar a problemática dos resíduos plásticos, considerando as vantagens e desvantagens de cada processo.		
Atividades	Conteúdos/Ações docentes	Tempo
<ol style="list-style-type: none"> Dando continuidade, foram discutidos os aspectos tecnológicos envolvidos nos processos de reciclagem, incineração e biodegradação, embasados no artigo de Cangemi, Santos, Claro Neto (2005); Foram discutidos os aspectos socioambientais envolvidos nos impactos ambientais provocados pelos resíduos plásticos. 	<ol style="list-style-type: none"> Discussão e apresentação dos conceitos complementares da aula anterior. 	10 min. 5 min.

<p>3. Por fim, os(as) estudantes foram convidados a apresentarem suas escolhas e justificativas no exercício de tomada de decisão, provenientes do questionamento: Dentre as possíveis soluções para a problemática dos resíduos plásticos, quais seriam as mais favoráveis para o meio ambiente: a redução do consumo de descartáveis, a reciclagem ou a biodegradação? Quais são as vantagens e as desvantagens?</p>	<p>2. Finalizar o estudo e reflexão com os aspectos socioambientais.</p> <p>3. Conduzir a realização do exercício de tomada de decisão.</p>	15 min.
<p>Recursos didáticos Computador, retroprojetor ou TV, quadro, e marcador para quadro branco.</p>		
<p>Espaço físico e Organização dos estudantes Na sala de aula, eles foram organizados individualmente para a tomada de decisão e durante a aula foi respeitado o distanciamento mínimo de 1,5 metros.</p>		
<p>Procedimentos Avaliativos A avaliação ocorreu nos momentos em que os estudantes participaram ativamente das discussões durante a aula expositiva dialogada e nas investigações para a tomada de decisão.</p>		
<p>Referências CANGEMI, J. M.; SANTOS, A. M. dos.; NETO, S. C. Biodegradação: uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos. Química Nova na Escola, São Paulo, n. 22, p. 17-21, 2005. Disponível em: qnesc.s bq.org.br/online/qnesc22/a03.pdf. Acesso em: 20 de maio, 2019.</p>		

Fonte: Autor (2020)

Iniciando as fases finais da espiral de responsabilidade (WAKS, 1992) (ação responsável e integração), temos os planejamentos das aulas 4 e 5.

A aula 4 foi planejada para o atendimento da 4ª fase da espiral de Waks (1992), na qual é esperado que o estudante proponha (proponham) ação (ações) concreta (concretas) abrangendo todo o conhecimento construído ao longo das aulas da intervenção pedagógica. O propósito desta fase é o desenvolvimento de habilidades, atitudes e valores nos estudantes, permitindo-lhes uma tomada do controle de suas próprias vidas, e a cooperação com os outros para realizar mudanças em direção a um mundo mais justo e sustentável (HODSON, 2018).

Portanto, os estudantes planejaram uma ação socioambientalmente responsável que poderia ser aplicada na escola ou em suas casas, e para orientá-los neste sentido, foram colocados para eles os seguintes questionamentos: No caso do uso de plásticos, o que você poderia fazer, a nível individual e coletivo, para minimizar a poluição

ambiental? Proponha uma ação responsável que poderia ser feita na escola e/ou em casa.

Os estudantes durante a aula iniciaram o planejamento de suas ações e em casa puderam finalizar seus planejamentos, que foram posteriormente compartilhados com os demais grupos da sala de aula, na aula seguinte.

Conforme descreve Waks (1992), durante o desenvolvimento dessa quarta fase, espera-se que as ações representem o florescimento da educação para a responsabilidade, a partir dos valores adquiridos em cenários sociais, em grupos políticos e organizações comunitárias, entretanto, as ações responsáveis desta intervenção pedagógica foram limitadas aos planejamentos realizados pelos estudantes, devido a possível exposição aos riscos de contaminação pelo coronavírus instaurado no Brasil (cenário pandêmico ocasionado pela Covid-19 no ano corrente da pesquisa).

Ilustramos o planejamento da quarta aula no quadro 7.

Quadro 7 – Planejamento da aula 04

 DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS Público-alvo: Turma do 3º A / Quantidade de estudantes: 17 Horário de aulas: Manhã / Geminadas (X) Não geminadas () 		
Planejamento da aula 4		Datas: 07/12/2020 e 08/12/2020
Tema: Planejando as ações socioambientais responsáveis.		
Objetivo de aprendizagem		
Planejar as ações socioambientais responsáveis de acordo com os conhecimentos adquiridos nas etapas anteriores da intervenção pedagógica.		
Atividades	Conteúdos/Ações docentes	Tempo
<p>1. Nessa aula, os(as) estudantes foram convidados a planejarem suas ações responsáveis de acordo com o que foi dialogado em sala de aula, respondendo ao seguinte questionamento: “No caso do uso de plásticos, o que você poderia fazer, a nível individual e coletivo, para minimizar a poluição ambiental? Proponha uma ação responsável que poderia ser feita na escola e/ou em casa”.</p> <p>2. Para tanto, os estudantes receberam uma mesma estrutura para responderem a esse questionamento num papel A4. Nela, os estudantes tiveram que mencionar a problemática, os objetivos da</p>	<p>1. Explicitar como deve ser feito o planejamento das ações socioambientalmente responsáveis.</p>	<p>10 min.</p> <p>20 min.</p>

ação, os recursos e/ou equipamentos, e as estratégias de execução delas. Dessa forma, eles iniciaram seus planejamentos em sala de aula e levaram para casa como atividade extraclasse.	2. Distribuir o papel A4 com os itens do planejamento.	
Recursos didáticos		
Papel, caneta, quadro, marcador para quadro branco e impressora.		
Espaço físico e Organização dos estudantes		
Na sala de aula, eles foram organizados respeitando o distanciamento mínimo de 1,5 metros.		
Procedimentos Avaliativos		
A avaliação ocorreu nas apresentações, nas dúvidas e questionamentos que fizeram ao docente pesquisador.		
Referências		
GUIMARÃES, M. Educação ambiental: participação para além dos muros da escola. <i>In</i> : MELLO, S. S. de.; TRAJBER, R. Vamos cuidar do Brasil : conceitos e práticas em educação ambiental na escola. Brasília: UNESCO, 2007. p. 85-93.		
PIATTI, T. M.; RODRIGUES, R. A. F. Plásticos : características, usos, produção e impactos ambientais. Maceió: EDUFAL, 2005.		

Fonte: Autor (2020)

A aula 5 foi planejada para o atendimento da 5ª fase da espiral de Waks (1992), a da integração, aquela na qual os estudantes aventuram-se além dos assuntos específicos, e ampliam suas compreensões acerca das relações CTS, dos valores pessoais, sociais e éticos, envolvidos na construção da responsabilidade social (WAKS, 1992).

Nessa aula cinco buscamos compreender de forma mais ampla como as atitudes influenciam nos impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos, a partir da integração de valores pessoais, sociais, éticos e políticos adquiridos nas fases anteriores, atendendo aos objetivos propostos para a fase de integração.

Nesta direção, desenvolvemos a SDI II a partir das seguintes questões: quais os valores pessoais, sociais, políticos, éticos e estéticos poderiam ser considerados nas ações propostas no sentido de minimizar os impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos? De que maneiras nossas atitudes influenciam no meio ambiente ou podem minimizar tais impactos?

Ilustramos o planejamento da quinta aula no quadro 8.

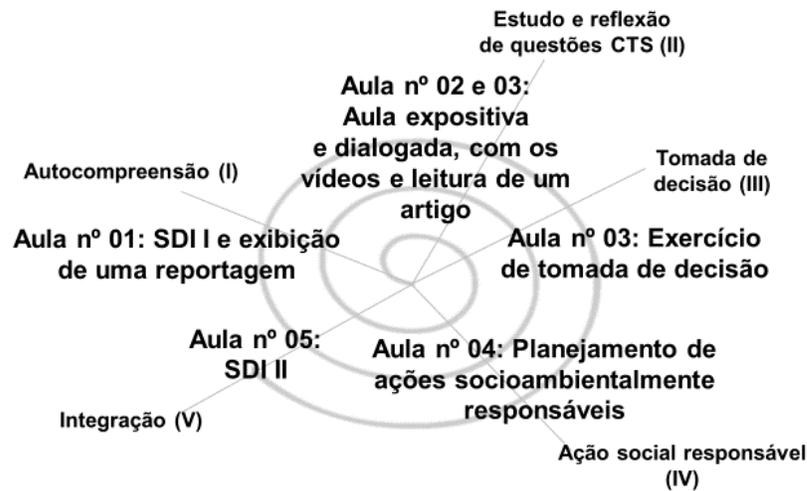
Quadro 8 – Planejamento da aula 05

 DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS Público-alvo: Turma do 3º A / Quantidade de estudantes: 17 Horário de aulas: Manhã / Geminadas (X) Não geminadas () 		
Planejamento da aula 5		Datas: 14/12/2020 e 15/12/2020
Tema: Integrando as relações entre os plásticos e os impactos socioambientais		
Objetivo de aprendizagem Compreender de forma mais ampla e integrada com aspectos éticos e valores, as questões envolvidas na temática dos resíduos plásticos		
Atividades 1. Nesse momento inicial, os estudantes irão apresentar as ações socioambientalmente responsáveis planejadas para iniciar a fase de integração. 2. Posteriormente, foi realizada a SDI II com o seguinte questionamento: “Quais os valores pessoais, sociais, políticos, éticos e estéticos poderiam ser considerados nas ações propostas no sentido de minimizar os impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos? De que maneiras nossas atitudes influenciam no meio ambiente ou podem minimizar tais impactos?”.	Conteúdos/Ações docentes 1. Conduzir a fala dos estudantes ao apresentarem as ações propostas. 2. Preparar e aplicar a SDI II conforme planejado.	Tempo 5 min. 25 min.
Recursos didáticos Computador, retroprojetor ou TV, vídeo, papel, caneta, quadro, e marcador para quadro branco.		
Espaço físico e Organização dos estudantes Na sala de aula, eles foram organizados em grupos de 4 ou 3 estudantes para realização da SDI, respeitando o distanciamento mínimo de 1,5 metros.		
Procedimentos Avaliativos A avaliação ocorreu nos momentos: das apresentações dos resultados coletados, das respostas aos questionamentos da SDI II e das discussões durante a aula.		
Referências WAKS, L. J. The Responsibility Spiral: A curriculum framework for STS education. Theory Into Practice , v. 31 (1), p.13-19, dez. 1992. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/pdf . Acesso em: 10 Jul. 2019.		

Fonte: Autor (2020)

Em síntese, para uma melhor visualização do leitor, ilustramos na figura 5, a articulação que propomos entre as atividades planejadas para a intervenção pedagógica e as cinco fases da espiral de responsabilidade de Waks.

Figura 5 – Fases da intervenção pedagógica no modelo da espiral de responsabilidade



Fonte: adaptado de Waks (1992)

2.3.3 3ª Etapa: Desenvolvimento da intervenção pedagógica

Antes de iniciar o desenvolvimento da intervenção pedagógica, submetemos o seu planejamento ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, via Plataforma Brasil, cujo parecer substanciado foi o de aprovado - Certificado de Apresentação de Apreciação Ética: 34506720.5.0000.9547.

Posteriormente, disponibilizamos o documento do TALE (termo de assentimento livre e esclarecido – Apêndice A) ou do TCLE (termo de consentimento livre esclarecimento – Apêndice B) para que os estudantes pudessem ler a descrição, os objetivos, riscos e benefícios da pesquisa, e em seguida assinar. Assim, foi possível obter o consentimento de participação dos estudantes da turma, após autorização dos pais ou dos responsáveis legais por eles. Caso precise, deveria ser solicitado à assinatura do TCLE pelos responsáveis legais dos estudantes menores de 18 anos, de forma presencial em suas residências ou de forma remota com o preenchimento on-line do

TCLE. Posteriormente, foi desenvolvida a intervenção pedagógica conforme descrito no planejamento do item anterior.

2.3.4 4ª etapa: Organização e análise dos dados

Após a coleta dos dados, foi dada continuidade ao processo investigativo fundamentado em nosso referencial teórico, e para tanto, selecionamos e transcrevemos os episódios para analisá-los em blocos guiados pela Análise Hermenêutica-Dialética (AHD), com o intuito de analisar o processo de desenvolvimento da responsabilidade socioambiental por estudantes no contexto de uma intervenção pedagógica na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) sobre resíduos plásticos.

A análise dos dados, segundo Minayo (1996), nos traz três possibilidades, dentro das diversas alternativas de métodos para as pesquisas qualitativas, são elas: a análise de conteúdo, a análise do discurso e a hermenêutica-dialética.

Nesse sentido, a análise dos resultados coletados nesta pesquisa foi orientada tendo em vista os objetivos propostos e foi realizada a partir da AHD, considerando que esse é um método capaz de propiciar uma interpretação aproximada da realidade. Pois, de acordo com Minayo (1996), durante a AHD coloca-se a fala dos participantes da pesquisa em seu contexto, para então, entendê-la a partir do núcleo de sentido e da especificidade histórica e totalizante, na qual a mesma foi produzida.

Considerando a importância desse método para a análise dos dados, destacamos que, segundo Oliveira, Maria M. (2011c), os dados coletados foram trabalhados:

pela triangulação do referencial teórico da temática em estudo com os dados coletados, leituras de documentos, registros em cadernos de campo, observações e depoimentos. [...] trabalhada de forma interativa entre pesquisados e pesquisador [...] (OLIVEIRA, Maria M., 2011c, p. 239).

A partir dessas proposições de Minayo (1996) e de Oliveira, Maria M. (2011c), observamos que Oliveira, Maria M. (2011b) justifica o porquê de se falar em interpretação aproximada da realidade. Segundo esta autora, isso é devido ao limite de nossa capacidade de objetivação, já que não é possível chegar a uma interpretação total da realidade, tendo em vista que no processo do conhecimento, não existe consenso.

Oliveira, Maria M. (2011b) ao exemplificar uma pesquisa realizada por Minayo (1996) sobre concepção de saúde e doença de um determinado setor social, enfatiza que é preciso ter presente dois níveis de interpretação, e que podem ser adotados para análise de dados de outros fenômenos ou fatos sociais em diferentes áreas do conhecimento, a começar pela área de Ciências Humanas, são eles:

nível das determinações fundamentais: que significa situar no tempo e no espaço, o objeto de estudo (contexto histórico-social). É neste nível, que definimos o marco-teórico da pesquisa, que é base de sustentação na análise de dados obtidos na pesquisa de campo. Trata-se, portanto, da realidade em toda sua concretude de relações e interações.

Nível de encontro com os fatos empíricos: neste aspecto, existe o confronto dos dados obtidos na realidade pesquisada. Esse nível implica também na análise das representações dos atores sociais quanto às suas concepções, pontos de vista, intercâmbio e análises de experiências (OLIVEIRA, Maria M., 2011b, p. 8).

Esses níveis foram levados em consideração no momento da AHD dos dados, no intuito de alcançar o máximo de compreensão da realidade, e a partir deles, esperamos responder à questão desta pesquisa.

Para que possamos discutir os dados emergentes da aplicação da SDI, por exemplo, Oliveira, Maria M. (2011b) explica que se faz necessário o levantamento das categorias teóricas, na qual o pesquisador deve retomar às suas questões, metas de pesquisa e o referencial teórico com o intuito de identificar mecanismos para agrupar e explicar sistematicamente os seus dados teóricos e empíricos (OLIVEIRA, Maria M., 2013).

Nesse sentido, apresentamos nos quadros 9 e 10, a matriz geral das categorias teóricas e das categorias empíricas das análises das concepções prévias dos estudantes no primeiro momento da intervenção pedagógica, e das concepções dos estudantes no último momento da intervenção pedagógica.

Quadro 9 – Matriz de análise das categorias da SDI I

Categorias Teóricas	Categorias Empíricas	Descrição
	Percepção generalizada	As respostas dos participantes da pesquisa generalizam a presença dos plásticos em seu cotidiano.

Presença dos plásticos no cotidiano	Percepção objetificada	As respostas dos participantes da pesquisa identificam alguns objetos do cotidiano próximo a sua realidade.
Relações entre plásticos e poluição ambiental	Tempo de degradação	As respostas dos participantes da pesquisa relacionam o tempo de degradação dos resíduos plásticos como as causas da poluição ambiental.
	Produção industrial	As respostas dos participantes da pesquisa introduzem a produção de plástico como principiante dos problemas ambientais juntamente com o descuido.
	Descarte incorreto	As respostas dos participantes da pesquisa citam como causas da poluição o descarte incorreto nas ruas e nos rios.
	Prejuízos aos animais	As respostas dos participantes da pesquisa permeiam os impactos negativos na fauna marinha e terrestre.
	O alto uso/consumo dos plásticos	A resposta do participante da pesquisa relaciona a utilização/consumo de sacolas como causa da poluição.

Fonte: Autor (2021)

Esse quadro 9 representa as categorias da SDI I e está correlacionado com as respostas dos estudantes, as unidades de análise apresentadas no quadro 11 e no quadro 12, que podem ser visualizados no capítulo referente aos resultados e discussão.

Da mesma maneira que a matriz de análise das categorias da SDI II (quadro 10) está correlacionada com o quadro 14 discutido no capítulo dos resultados e discussão.

Quadro 10 – Matriz de análise das categorias da SDI II

Categorias Teóricas	Categorias Empíricas	Descrição
Ações/atitudes na minimização de impactos socioambientais dos resíduos plásticos	Ações/atitudes individuais	As respostas dos participantes da pesquisa correlacionam suas ações/atitudes individuais como possibilidade de minimização dos impactos socioambientais dos resíduos plásticos.
	Ações/atitudes de conscientização	As respostas dos participantes da pesquisa evidenciam as ações/atitudes de conscientização como valor para minimização dos impactos socioambientais.

	Ações/atitudes de redução no consumo	As respostas dos participantes da pesquisa indicam que as ações/atitudes de redução no consumo podem ser uma atitude considerada como positiva.
	Ações/atitudes de descarte correto e/ou seletivo	As respostas dos participantes da pesquisa visam que as ações/atitudes de descarte correto e a separação por tipos como minimizador dos impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos.
	Ações/atitudes coletivas	As respostas dos participantes da pesquisa indicam as ações/atitudes coletivas como exercício social e político para minimizar os impactos socioambientais dos resíduos plásticos.
	Ações/atitudes de ajuda, cuidado e respeito	As respostas dos participantes da pesquisa evidenciam as ações/atitudes de ajuda, cuidado e respeito para com a natureza e a vida.

Fonte: Autor (2021)

Tendo concluído essa fase de construção de categorias analíticas, realizamos a condensação dos dados nessas categorias e a sua sistematização em blocos de análise, sendo fundamental para garantir um entendimento mais coeso das estruturas de dados agrupadas e permitir ao pesquisador maior síntese frente aos dados (OLIVEIRA, Maria M., 2013). Após a categorização dos dados, iniciamos o momento final, no qual, segundo Oliveira, Maria M. (2013), se estabelece a articulação entre os dados coletados e os referenciais teóricos da pesquisa, para encontrar os fundamentos à questão de pesquisa e aos objetivos formulados. Em resumo, ilustramos os movimentos analíticos desta dissertação na figura 6.

Figura 6 – Sequências dos movimentos analíticos da pesquisa a partir da AHD



Fonte: Adaptado de Nova, *et al.* (2020)

2.4 ASPECTOS ÉTICOS: RISCOS E BENEFÍCIOS

Os possíveis riscos decorrentes da participação dos estudantes nesta pesquisa são: exposição, estigmatização, divulgação de informações ou imagens, e intromissão na privacidade. Contudo, ressaltamos que a identidade dos participantes não foi divulgada, asseguramos a confidencialidade dos dados, à proteção da imagem, estando sempre atentos aos sinais verbais e não verbais de desconforto (olhar de negação ou gestos sinalizando recusas) durante a realização da intervenção.

Além disso, devido ao cenário atual que se encontra em estado de pandemia pela Covid-19, também existe a exposição aos riscos de contaminação pelo coronavírus. Contudo, ressaltamos nosso compromisso em seguir os protocolos de segurança estabelecidos pela secretaria de educação de Pernambuco, tais como o distanciamento de pelo menos 1,5 metro em sala de aula durante a intervenção; utilização do gel antisséptico 70% para higienização das mãos, e da máscara de tecido facial.

Após o desenvolvimento da intervenção pedagógica, esperamos trazer contribuições para os estudantes, especificamente, nas mudanças na compreensão dos mesmos sobre os impactos socioambientais dos resíduos plásticos, agregando valores pessoais e sociais, no sentido de desenvolver neles a responsabilidade socioambiental; e contribuições para o ensino de ciências na perspectiva CTS, como, por exemplo, quando se pretende contribuir para o desenvolvimento de uma educação que promova a responsabilidade tanto social, como ambiental.

2.5 ARMAZENAMENTO DOS DADOS

As informações oriundas desta intervenção pedagógica são confidenciais e divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos participantes voluntários, conferindo o sigilo sobre eles. Os dados coletados nesta pesquisa (gravações, fotos, etc.), ficarão armazenados em pastas de arquivo e computador pessoal do autor desta dissertação pelo período mínimo de 05 anos.

CAPÍTULO 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, apresentamos os resultados da pesquisa, os quais estão apresentados em três movimentos analíticos, são eles: análise das concepções prévias dos estudantes no primeiro momento da intervenção pedagógica; análise das concepções dos estudantes no último momento da intervenção pedagógica; e análise das aulas constitutivas da intervenção pedagógica, tendo em vista a autocompreensão, o estudo e reflexão, a tomada de decisão, a ação responsável e a integração.

3.1 ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES NO PRIMEIRO MOMENTO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

No primeiro momento analítico, analisamos as concepções dos estudantes no primeiro momento da intervenção pedagógica, com o objetivo de identificar suas concepções prévias sobre a presença dos plásticos no cotidiano e a relação desses com a poluição ambiental, a partir das respostas deles à SDI I.

Nesse sentido, as questões da SDI I foram: De que maneira os polímeros sintéticos, como, os plásticos, estão presentes no seu cotidiano? Você vê alguma relação entre estes e a poluição ambiental? Por quê?

Para a discussão dos resultados, dividimos as análises em duas etapas: analisamos, inicialmente, as respostas individuais dos estudantes para a primeira questão e, em seguida, para a segunda e terceira questão da SDI I, e posteriormente, analisamos as respostas dos grupos às questões da SDI I.

3.1.1 Análise das respostas individuais à primeira questão da SDI I

Nesse momento analítico, tomamos por base as categorias teóricas e empíricas e unidades analíticas relativas às respostas individuais dos quatorze estudantes (E01, E02, E03, E04, E05, E06, E07, E08, E09, E10, E11, E13, E14, E15) para a primeira questão da SDI I (De que maneira os polímeros sintéticos, como, os plásticos, estão

presentes no seu cotidiano?). Os outros três estudantes não estavam presentes no dia da realização da SDI I.

Quadro 11 – Categorias e unidades analíticas referentes à primeira questão da SDI I

Categorias teóricas	Categorias empíricas	Unidades analíticas
Presença dos plásticos no cotidiano	Percepção generalizada	<p>“Em tudo os plásticos estão presente” (E08).</p> <p>“Dia a dia” (E04).</p> <p>“Nas coisas que eu tenho que usar” (E03).</p> <p>“Os plásticos estão presentes em diversos objetos do cotidiano” (E05).</p>
	Percepção objetificada	<p>“Estão presentes em tudo, exemplo: na garrafinha, no celular, etc...” (E09).</p> <p>“Os plásticos estão presentes em tudo no nosso cotidiano, está presente na garrafa, no copo na caneta e etc...” (E10).</p> <p>“Na garrafa de água na capa do celular” (E02).</p> <p>Os polímeros sintéticos estão presentes no nosso cotidiano seja na nossa capinha do celular ou como na nossa garrafa d’água, está presente no fone de ouvido e na caneta [...]” (E06).</p> <p>“Estão presentes nos copos de plásticos, nos objetos como: garfo, facas, garrafas e etc...” (E01).</p> <p>Os plásticos estão presentes todo dia no meu cotidiano, eu uso garrafa de plástico – copo de plástico – canetas de plástico etc...” (E11).</p> <p>“Estão presentes como: canudos, garrafas, bolsas plásticas, etc.” (E13).</p> <p>“Em embalagens, garrafas pets, entre outros” (E14).</p> <p>“Eles estão presentes em várias coisas do nosso cotidiano, sacolas plásticas no mercado, um copo descartável, etc.” (E15).</p> <p>“O plástico é bastante visto em nossos cotidianos de forma descartável, como em garrafas, sacolas e copos descartáveis” (E07).</p>

Fonte: Autor (2021)

A partir das unidades analíticas no quadro 11, identificamos que alguns estudantes, em suas respostas, citam objetos para exemplificar a presença dos plásticos em seu cotidiano (respostas de E01, E02, E07, E09, E06, E10, E11, E13 e E14 e 15), as quais constituíram a categoria empírica percepção objetificada, identificada no maior número de estudantes, ou seja, em dez deles. Outro grupo de estudantes apresentou

respostas mais amplas para essa primeira questão da SDI I (respostas de E03, E04, E05 e E08), constitutivas da categoria empírica percepção generalizada.

A partir das respostas dos estudantes para a primeira questão da SDI I, bem como das categorias empíricas emergentes, podemos dizer que a maioria deles têm a percepção da presença dos plásticos em diversos objetos presentes em seu cotidiano (respostas de E01, E02, E06, E07, E09, E10 E11, E13, E14 e E15).

Vale destacar que as estudantes E06 e E14 expressaram em suas respostas termos mais específicos. A estudante E06, por exemplo, ao responder “os polímeros sintéticos estão presentes no nosso cotidiano seja na nossa capinha do celular ou como na nossa garrafa d’água, está presente no fone de ouvido e na caneta [...]” expressa uma compreensão da relação plástico e polímero. A estudante E14, por sua vez, mencionou o termo PET relacionando-o às garrafas plásticas: “Em embalagens, garrafas pets, entre outros”, embora não tenhamos evidências de que ela compreende o PET (Tereftalato de Polietileno) como um dos tipos de polímeros.

Vale salientar que segundo a Sociedade Americana de Química (2016), ao longo da nossa civilização humana são conhecidos mais de 60.000 polímeros sintéticos desenvolvidos para diferentes usos. Por exemplo, considerando os objetos apresentados pelos estudantes para exemplificar a presença dos plásticos em seu cotidiano, podemos dizer que eles estão relacionados a quatro polímeros principais: Poliestireno - PS (encontrado em embalagens, copos descartáveis e em forma de cristal nas canetas), Tereftalato de Polietileno - PET (garrafas, copos e descartáveis), Polietileno de baixa densidade - PEBD (isolamento elétrico em fone de ouvidos, e sacolas plásticas) e o de alta densidade – PEAD (tubos de canetas) (FONSECA, 2001; SANTOS, W.; MÓL, 2013).

O PET “é um dos materiais mais empregados no setor de embalagem, em função de suas excelentes características, de transparência, resistência, leveza e atoxidade”, porém, se descartado de forma não adequada pode provocar “poluição visual e das águas quando lançada nos rios, lagoas e outros corpos hídricos” (CRUZ; SOUSA; FREITAS, 2020, p. 110).

Adicionalmente, outros exemplos poderiam ter sido mencionados nas respostas dos estudantes, tais como: canos, filmes para alimentos e forro residenciais (Policloreto de Vinila - PVC), tapetes, boias, brinquedos e escova de dente (polipropileno - PP), peças

de móveis, e esponja em espuma sintética (poliuretano - PU), nylon, fibras têxteis e fios de pesca (Poliamida – PA), tintas e gomas de mascar (Poli(acetato de vinila) – PVA), entre outros (FONSECA, 2001; SANTOS, W.; MÓL, 2013).

Portanto, considerando o conjunto das respostas dos estudantes para esta primeira questão da SDI I, podemos destacar um distanciamento deles acerca dos diferentes tipos de polímeros e de suas aplicações e a necessidade de uma melhor compreensão a respeito da presença dos plásticos em suas vidas considerando as ideias de Santos, W. e Schnetzler (2010) na perspectiva de uma formação cidadã:

pode ser interessante e recomendável que o cidadão tenha tais conhecimentos para o seu enriquecimento cultural, sabendo, por exemplo, que o nylon, uma das fibras sintéticas de nossas roupas, é uma poliamida; que os componentes de materiais protetores, como vernizes e tintas, são polímeros; [...] que os plásticos são polímeros – o PVC, por exemplo é o policloreto de vinila [...] (SANTOS, W.; SCHNETZLER, 2010, p. 48)

3.1.2 Análise das respostas individuais à segunda e terceira questão da SDI I

Nesse momento analítico, tomamos por base as categorias teóricas e empíricas e as unidades analíticas relativas às respostas individuais dos estudantes (E01, E02, E03, E04, E05, E06, E07, E08, E09, E10, E11, E13, E14, E15) para a segunda e terceira questão da SDI I (Você vê alguma relação entre estes e a poluição ambiental?; Por quê?)

Quadro 12 – Categorias e unidades analíticas referentes à segunda e terceira questão da SDI I

Categorias teóricas	Categorias empíricas	Unidades analíticas
Relações entre plásticos e poluição ambiental	Tempo de degradação	<p>“Objetos feitos de plástico demoram a se decompor [...], sendo assim, eles vão se acumulando e poluindo o meio ambiente cada vez mais” (E07).</p> <p>“Porque eles demoram para se degradar, acumulando lixo” (E02).</p> <p>“Porque o plástico demora para se desfazer e tem grande quantidade de plástico nas ruas, e sendo assim eu acredito sim que tem grande relação com a poluição ambiental” (E15).</p> <p>“Pois eles levam muito tempo para sumir por completo [...]” (E10).</p>

	Produção industrial	<p>“[...] e são produzidos em larga escala, [...]” (E07).</p> <p>“As produções desses materiais nas fábricas [...]” (E04).</p>
	Descarte incorreto	<p>“Muitas vezes encontramos no chão, sem cuidado com o meio ambiente, o descuidado e causando outros problemas” (E04).</p> <p>“[...] acaba sendo jogado nas ruas e nos rios e isso polui o meio ambiente” (E10).</p> <p>“Se for descartado de forma incorreta” (E14).</p> <p>“Porque sabemos que as pessoas não jogam os lixos no seu devido lugar” (E06).</p> <p>“O lixo quando não é colocado no lugar certo, e é jogado na rua, esgoto, etc. gera poluição, prejudica o meio ambiente (E13).</p> <p>“Porque são descartáveis de forma inadequada ou queimados e isso faz mal ao efeito estufa e polui rios e mares” (E01).</p> <p>“A maioria das pessoas descartam esses plásticos (lixo) no chão ou mar [...]” (E05).</p>
	Prejuízos aos animais	<p>[...] afetando a vida marinha e a nós mesmos” (E05).</p> <p>“Porque os plásticos podem vir para o mar e fazer mal aos animais” (E09).</p> <p>“Os plásticos tipo o canudo pode trazer sérios riscos ambientais as tartarugas no mar são encontradas com canudos em seu nariz” (E11).</p> <p>“Porque pode poluir o meio ambiente e também pode fazer mal para os animais” (E03).</p>
	O alto uso/consumo dos plásticos	<p>Porque os plásticos estão em garrafa pet, sacola de pão que eu compro e isso causa poluição” (E08).</p>

Fonte: Autor (2021)

A partir das unidades analíticas, vale destacar que as respostas de alguns estudantes trazem elementos que se enquadram em categorias distintas, como, por exemplo, a respostas de E05 que considera o descarte incorreto como uma das causas da poluição ambiental por resíduos plásticos (“A maioria das pessoas descartam esses plásticos (lixo) no chão ou mar [...]”), e como consequências percebemos que E05 considera que esses resíduos prejudica os animais (“[...] afetando a vida marinha e a nós mesmos”).

Dessa forma, considerando as respostas dos estudantes transcritas no quadro 12 para a segunda e terceira questão da SDI I, percebemos que todos os estudantes expressaram relações entre os plásticos e a poluição ambiental, relações essas justificadas por diferentes razões, as quais passamos a discutir em maiores detalhes.

3.1.1.1 Tempo de degradação

O tempo de degradação dos plásticos foi uma causa apontada pelo grupo de estudantes (E07, E02, E15, E10) sobre a relação desses materiais com a poluição ambiental. De modo geral, esses estudantes, mais especificamente, 28% deles, associam o longo tempo de decomposição dos resíduos plásticos à poluição ambiental.

Sobre essa questão, corroboramos com Canto (1995) ao dizer que, se por um lado, o tempo de degradação dos plásticos é uma vantagem, considerando que contribuem na conservação de alimentos, transporte e versatilidade, por outro lado, gera um problema ecológico: o acúmulo. E essa questão foi apontada nas respostas de E02 “acumulando lixo”, de E07 “eles vão se acumulando”, e de E15 “tem grande quantidade de plástico nas ruas”.

Silva, Santos, Silva (2013), por exemplo, destacam que a longa durabilidade no ambiente, como é o exemplo de embalagens plásticas, é um sério problema ambiental, e pode ser ainda mais agravado devido a cultura de uma destinação incorreta a tais materiais, como apontado pelo terceiro grupo de estudantes na categoria “Descarte incorreto”, e ao consumismo na sociedade moderna. É nesse contexto que Freitas (2015) destaca que quanto maior é o consumo, maior é a geração de lixo no planeta, cujo descarte muitas vezes ocorre de forma não adequada.

3.1.1.2 Produção industrial

A produção industrial de plásticos foi uma das razões que relaciona estes materiais à poluição ambiental, na compreensão de dois estudantes (E04 e E07). De fato, a produção dos plásticos:

cresceu rapidamente devido ao baixo custo, versatilidade e confiabilidade do plástico. Tais aspectos incentivam o desenvolvimento de produtos plásticos descartáveis, e quase metade de todo o plástico vira lixo em menos de três anos (DALBERG ADVISORS, 2019, p. 8).

Vale destacar que a partir das respostas desses dois estudantes podemos considerar que a poluição ambiental por plásticos ocorre devido à produção industrial em grande escala que gera, grande consumo e descarte, como na resposta de E07 “[...] e são produzidos em larga escala, [...]”, e ao próprio processo de produção deles, como na resposta de E04 “As produções desses materiais nas fábricas [...]”.

De acordo com Piatti e Rodrigues (2005), a partir de 1950 se consolida o início da “Era dos Plásticos” devido ao crescimento da exploração do petróleo e o surgimento da indústria petroquímica. “A utilização de derivados obtidos a partir do craque do petróleo, tais como o etileno, o propileno, o acetileno, o benzeno, o fenol etc., na síntese de polímeros permitiu o aparecimento de numerosas matérias plásticas” (PIATTI; RODRIGUES, 2005, p. 46) e conseqüentemente, uma “produção de mais itens plásticos do que gostaríamos ou talvez mais do que podemos usar com responsabilidade” (SOCIEDADE AMERICANA DE QUÍMICA, 2016, p. 405).

Nesse contexto, destacamos o ponto de vista de Freitas (2015) ao considerar que quanto mais se consome, mais se produz.

3.1.1.3 Descarte incorreto

Uma das causas da relação entre os plásticos e a poluição ambiental apresentadas por um grupo de estudantes (E04, E10, E14, E06, E13, E01, E05), ou seja, por 50% deles, refere-se ao descarte incorreto desses materiais.

Podemos ilustrar evidências dessa compreensão dos estudantes quando, por exemplo, identificamos respostas tais como “muitas vezes encontramos no chão [...]” (E04), ou “[...] não é colocado no lugar certo, e é jogado na rua, esgoto, etc. [...]” (E13), ou “[...] acaba sendo jogado nas ruas e nos rios [...]” (E10). De fato, como destaca Oliveira, Maria C. (2012, p. 46) “é enorme a quantidade de resíduos encontrada nos rios, mares, solos e em outros ambientes”.

Essa concepção desses estudantes corrobora com Coelho, 2011 citado por Oliveira, Maria C. (2012, p. 46) ao mencionar, acerca dos plásticos, que “o descarte incorreto acaba sendo comum no Brasil, e as principais razões são a falta de coleta de lixo, especialmente em comunidades mais pobres, e o péssimo hábito brasileiro de jogar lixo no chão, nas ruas e nos corpos d’água”.

E de modo geral, é fato que o descarte incorreto gera a poluição dos rios, mar e ruas, conforme coloca a especialista Fernanda Dalto (2018, apud AMCHAM BRASIL, 2018), ao afirmar que o problema não é o plástico, mas o como fazemos uso e descarte desse material.

3.1.1.4 Prejuízos aos animais

Essa categoria empírica foi constituída a partir das respostas de 28% dos estudantes. Esse grupo de estudantes (E05, E09, E11, E03) percebe a relação dos plásticos e a poluição ambiental do ponto de vista dos prejuízos para os animais.

De acordo com o Plano de Combate ao lixo no mar estruturado pelo Ministério do Meio Ambiente:

o lixo no mar cria uma gama crescente de pressões sobre os ecossistemas marinhos e sobre a biodiversidade. Como exemplo, sacos de plástico e redes abandonadas representam enormes riscos para tartarugas, golfinhos e focas (BRASIL, 2019, p. 8)

Nesse sentido, sobre essa questão, as respostas dos(as) estudantes desse grupo expressam que; os plásticos estão “[...] afetando a vida marinha e a nós mesmos” (E05); “[...] podem vir para o mar e fazer mal aos animais” (E09); “[...] trazer sérios riscos ambientais as tartarugas no mar são encontradas com canudos em seu nariz” (E11); e “[...] poluir o meio ambiente e também pode fazer mal para os animais” (E03).

De fato, essa questão trazida no conjunto das respostas dos estudantes relativa ao prejuízo dos plásticos aos animais converge com os dados esperados para 2050, quando é estimada uma produção de 33 bilhões de toneladas de materiais plásticos, e que cientistas calculam que haverá mais plástico do que peixes nos oceanos (AMCHAM BRASIL, 2018).

Adicionalmente, outra questão a discutir refere-se ao fato de que, quando os resíduos plásticos estão à deriva no ambiente, transformam-se em nano e microplásticos, os quais podem acabar entrando na cadeia alimentar dos organismos vivos (nesse caso, estamos falando especificamente sobre os animais). Isso porque, segundo Caixeta, Caixeta, Menezes Filho (2018, p. 24) essa interação ocorre “através da ingestão, atravessando as barreiras biológicas, penetrando e acumulando nos tecidos e órgãos” e, conseqüentemente, por efeitos toxicológicos, podendo também, nos prejudicar, haja vista que, segundo a Sociedade Americana de Química (2016, p. 3), “grandes ou pequenas, todas as espécies de nosso planeta estão interligadas de alguma forma”.

3.1.1.5 O alto uso/consumo de plásticos

A estudante E08 aponta o alto uso de plásticos como a causa da poluição ambiental por ela ao responder que: “Porque os plásticos estão em garrafa pet, sacola de pão que eu compro e isso causa poluição”. A nosso ver, nessa resposta está implícita a ideia de que o alto uso de materiais plásticos em ações corriqueiras, devido ao consumo, contribui para a poluição por esses materiais.

Silva, Santos, Silva (2018) consideram que o atual modelo de desenvolvimento (por exemplo: estamos habituados a comprar nosso pão diário em sacolas plásticas que podem ou não ser biodegradáveis ou terem sido recicladas) vem causando transformações constantes no meio ambiente. Transformações que “estão relacionadas principalmente ao aumento da população, incentivo e elevação do consumo, globalização e inovações tecnológicas” (SILVA; SANTOS; SILVA, 2018, p. 2684).

A partir das respostas individuais dos estudantes às questões da SDI I identificamos que eles trazem consigo concepções prévias sobre os resíduos plásticos e sua relação com a poluição ambiental, visto que para todos eles essa relação é percebida e ocorre por diferentes razões.

Entretanto, outras relações entre os plásticos e a poluição ambiental não foram identificadas nas concepções dos estudantes, pois conforme a Dalberg Advisors (2019) nos alerta que os resíduos plásticos têm contaminado o solo, os corpos de água doce e os oceanos do nosso planeta, conseqüentemente,

os seres humanos estão ingerindo mais plástico a partir de seus alimentos e da água potável, e as emissões de dióxido de carbono provenientes da produção de plástico e da sua incineração crescem a cada ano. Para reverter esta tragédia dos comuns, o ciclo de vida do plástico precisa de mudanças sistemáticas urgentes (DALBERG ADVISORS, 2019, p. 25).

3.1.3 Análise das respostas dos grupos às questões da SDI I

Antes de apresentarmos as análises das respostas dos grupos, gostaríamos de chamar atenção para o período em que essa intervenção pedagógica foi desenvolvida: retorno das aulas presenciais de forma híbrida e em escala de rodízio, com o uso de máscaras de tecido facial para evitar a exposição ao coronavírus. Por esse motivo, destacamos que a interação e o diálogo entre os estudantes foram prejudicados (no áudio das gravações da SDI I percebemos poucos diálogos, que acabaram não sendo identificados).

Por conseguinte, esclarecemos que para as análises das respostas dos grupos tomamos por base apenas as respostas escritas dos quatro grupos formados aleatoriamente: três grupos no dia 10/11/2020 (contando com a presença de 11 estudantes) e um grupo no dia 17/11/2020 (contando com a presença de 3 estudantes), respeitando assim, o quantitativo de participantes sugerido para a SDI. Por esse motivo, no dia 17/11/2020 a SDI foi concluída com a resposta do grupo composto pelos(as) três estudantes, e no dia 10/11/2020 obtivemos a resposta de três grupos e dos líderes, porém como a resposta dos líderes não contempla o construto final da realidade construída por toda a turma de estudantes, iremos conduzir nossas discussões, neste item, considerando apenas essas quatro respostas em grupos.

No quadro 13 apresentamos as respostas dos grupos de estudantes para a SDI I.

Quadro 13 – Respostas coletivas dos grupos para a SDI I

Grupos	Unidades analíticas
I (E06, E07, E10, E11)	“Estão presentes de forma mais abrangente como objetos descartáveis. Sim, estes são produzidos em larga escala. Eles não se decompõem fácil ou rapidamente”.

II (E01, E02, E05, E08)	“Os plásticos estão presentes em diversos objetos, como: materiais descartáveis, capa de celular, algumas garrafas, etc. Sim. Porque a maioria das pessoas descarta de forma inadequada, prejudicando a vida marinha”.
III (E04, E09, E03)	“Estão presentes no nosso dia a dia, como por exemplo: garrafinhas, celular, canetas e etc. Sim, porque as produções desses materiais nas fábricas, os plásticos podem entupir bueiros, ir ao mar e fazer mal para os animais causando principalmente a morte”.
IV (E14, E15, E13)	“Os resíduos plásticos descartados de forma incorreta prejudicam sim o meio ambiente por causa de que o plástico demora a se desfazer e a quantidade de plástico que temos nas ruas é muito grande tendo grande parte da relação da poluição ambiental”.

Fonte: Autor (2021)

Ao analisarmos as respostas construídas pelos grupos, podemos dizer que a maioria dos aspectos identificados nas respostas individuais foi mantida. O grupo I identifica a presença dos plásticos destacando os descartáveis e relaciona a poluição ambiental por esses materiais, à produção em grande escala e a dificuldade de decomposição deles. O grupo II indica a presença dos plásticos destacando diversos materiais e justifica a poluição ambiental por esses materiais considerando o descarte inadequado, que prejudica a vida marinha. O grupo III, semelhante ao grupo II, indica a presença dos plásticos destacando diversos materiais e relaciona a poluição ambiental por esses materiais a diferentes fatores tais como a produção industrial deles e ao descarte incorreto, causando a morte de animais marinhos. E o grupo IV, por sua vez, indica que a poluição dos plásticos no ambiente tem relação com o descarte incorreto, o tempo de degradação e a quantidade nas ruas.

Uma questão identificada na resposta coletiva do grupo I refere-se à produção de plásticos em grande escala. Nesse sentido, vale destacar que é preciso olhar para a fabricação do plástico virgem considerando que, de acordo com Ferreira (2017, p. 122) “os recursos naturais não são inesgotáveis, dessa forma, a água e a energia evidenciam problemas de escassez”, bem como o petróleo, dessa forma “o uso insustentável desses recursos trará consequências sociais num futuro próximo” (FERREIRA, 2017, p. 122).

Portanto, precisamos despertar a atenção dos estudantes para o uso consciente desses recursos e dos produtos oriundos desses recursos (consumo consciente),

principalmente quando fazemos uso de plásticos descartáveis, pois segundo Ferreira (2017), é uma necessidade urgente e responsabilidade de todos. Contudo, não identificamos evidências dessa compreensão nas respostas dos grupos.

A Sociedade Americana de Química (2016) apresenta uma análise do tempo de vida de um item “do-berço-até-o-túmulo”, que colabora para o entendimento do fluxo dos produtos e artefatos, desde os insumos utilizados em sua produção até o término com seu descarte final:

vamos acompanhar uma sacola plástica, uma dessas fornecidas em supermercados para carregar suas compras. O material original dessas sacolas é o petróleo. Logo, seu “berço” muito provavelmente foi óleo cru de algum lugar do planeta, [...] na refinaria, o óleo cru foi separado em frações, uma das quais foi craqueada até etileno, [...] então, polimerizado e o polietileno formado, usado para fazer as sacolas plásticas. Elas foram empacotadas e transportadas por caminhão (queimando óleo diesel, outro produto da refinaria) até o supermercado. Por fim, você foi ao mercado e usou uma para carregar suas compras para casa. [...] Então, o que aconteceu com esse saco plástico depois que você o usou? Foi para o lixo? O termo túmulo descreve o lugar em que um item eventualmente acaba. Um trilhão de sacos plásticos, mais ou menos, é usado anualmente nos supermercados e somente cerca de 5% são reciclados. O resto termina em nossos armários, em nossos aterros sanitários ou é espalhado pelo planeta afora. Esses últimos começam um ciclo de 1.000 anos, mais ou menos, de decomposição lenta em dióxido de carbono e água (SOCIEDADE AMERICANA DE QUÍMICA, 2016, p. 8 -9).

A partir dessa análise, percebemos que se faz necessário sermos coparticipantes desse “túmulo” dos resíduos plásticos, na perspectiva de um descarte apropriado desses materiais.

Os estudantes do grupo II e III compreendem que os mais prejudicados com a poluição ambiental por plásticos são os animais, como destacou o grupo III (E04, E09, E03) “fazer mal para os animais causando principalmente a morte” e o grupo II (E01, E02, E05, E08) “prejudicando a vida marinha”. Embora essa concepção esteja presente nesses grupos, E05 em sua resposta individual sinalizou que os prejuízos causados pela poluição por plásticos impactam os seres humanos também, ao responder que afeta “[...] a vida marinha e a nós mesmos”. Santos, W., Mól (2013, p. 138), por exemplo, afirmam que “existem vários plásticos cujas moléculas contêm halogênios, que, quando queimados, geram gases tóxicos” causando a chuva ácida e agravando o efeito estufa, consequentemente impactando a vida humana.

Uma das consequências do excesso e descarte de plásticos foi o fato de que eles “podem entupir bueiros” (GRUPO III - E04, E09, E03), compreensão esta corroborada por Santos, W., Mól (2013) ao destacarem que os plásticos podem obstruir “as redes naturais de água (como rios e córregos), de esgoto e de águas pluviais, causando enchentes e outros inconvenientes” (p. 138).

Em síntese, podemos dizer, a partir das respostas coletivas dos grupos que houve uma ampliação nas concepções dos estudantes, como é esperado na dinâmica da SDI, visto que esta, além de se constituir como instrumento de coleta de dados desta pesquisa, é uma ferramenta didática que propicia a construção de conceitos/definições a partir da negociação entre os pares, da dialética, das dicotomias presentes em temas estudados, e da dialogicidade que dinamiza o processo e busca garantir a participação de todos os sujeitos presentes (OLIVEIRA, Maria M., 2011c, 2013, 2014).

Essa ampliação pode ser evidenciada por novos aspectos identificados nas respostas coletivas dos grupos não mencionados nas respostas individuais, como por exemplo, a inserção de outros exemplos de plásticos presentes no cotidiano dos estudantes e a inserção de outros aspectos relativos ao descarte incorreto dos plásticos, como, por exemplo, a obstrução de bueiros por esses materiais.

Adicionalmente, a ampliação nas concepções dos estudantes refere-se ao fato de que nas respostas coletivas dos grupos não identificamos a categoria empírica percepção generalizada, isso porque todos os grupos apontaram diferentes exemplos dos plásticos presentes no cotidiano deles.

3.2 ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES NO ÚLTIMO MOMENTO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

Neste segundo momento analítico, analisamos as compreensões dos estudantes no último momento da intervenção pedagógica, com o objetivo de avaliar possíveis mudanças nas concepções dos estudantes sobre os impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos, a partir das respostas deles à SDI II.

As questões da SDI II foram: Quais os valores pessoais, sociais, políticos, éticos e estéticos poderiam ser considerados nas ações propostas no sentido de minimizar os

impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos? De que maneiras nossas atitudes influenciam no meio ambiente ou podem minimizar tais impactos?

Conforme procedemos nas análises das respostas à SDI I, inicialmente, analisamos as respostas individuais dos estudantes e, em seguida, as respostas coletivas dos respectivos grupos.

3.2.1 Análise das respostas individuais às questões da SDI II

Nesta análise tomamos por base as categorias teóricas e empíricas e as unidades analíticas, conforme quadro 14, relativas às respostas individuais dos dez estudantes (E03, E05, E07, E09, E10, E11, E12, E14, E16, E17) às questões da SDI II. Os outros sete estudantes não estavam presentes no dia da realização da SDI II.

Quadro 14 – Categorias e unidades analíticas referentes às questões da SDI II

Categoria teórica	Categorias empíricas	Unidades analíticas
Ações/atitudes na minimização de impactos socioambientais dos resíduos plásticos	Ações/atitudes individuais	<p>“Cada pessoa andar com sua sacolinha para recolher seu próprio lixo, e depois jogar na lixeira. Diminuiria lixos nas ruas e incentivaria outras pessoas a fazer o mesmo” (E17).</p> <p>“As ações da pessoa influenciam no meio ambiente drasticamente então se você fizer seu papel para ajudar o meio ambiente” (E12).</p>
	Ações/atitudes de conscientização	<p>“Conscientização ambiental, [...]. Se nos conscientizarmos e fizermos as atitudes corretas, será vantajoso para todos os seres marinhos e também para nós seres humanos” (E05).</p> <p>“Por meio desta ação, a conscientização seria incentivada, mesmo que com ameaça de multa, pois nem todos fazem o certo (mesmo podendo). [...]” (E07).</p> <p>“Poderia conscientizar, as pessoas, a não utilizar o plástico [...]” (E14).</p>
	Ações/atitudes de redução no consumo	<p>“[...] (redução de copos descartáveis e canudos plásticos)” (E14).</p> <p>“Reduzir o consumo de plásticos -> diminuiria o lixo plástico produzido [...]” (E16).</p>

	Ações/atitudes de descarte correto e/ou seletivo	<p>“Nós iríamos aprender a descartar o lixo no seu lugar certo, o impacto ia ser bem menos nos mares, exemplo menos lixo nas praias e os animais marinhos iam ter uma vida mais saudável” (E09).</p> <p>“Podem minimizar tais impactos, recolhendo os lixos das ruas descartando os lixos no lugar certo” (E10).</p> <p>“[...] Diminuindo a quantidade de lixo na areia das praias, evita-se que no processo da maré encher polua ainda mais o oceano e ponha em risco a vida marinha e, por tabela acabe nos prejudicando” (E07).</p> <p>“[...] Lixeira para cada tipo de lixo. Assim facilitaria a separação e o descarte de cada material” (E16).</p>
	Ações/atitudes coletivas	<p>“[...] Se organizar socialmente, pensando no bem do ‘meio-social’ [...]” (E14).</p> <p>“Essa proposta é muito importante para que os políticos queiram dar mais importância ao meio ambiente [...]” (E11).</p>
	Ações/atitudes de ajuda, cuidado e respeito	<p>“[...] Ajudo aos próximos. Limpando as ruas e as praias, para minimizar e não poluir o meio ambiente”. (E03).</p> <p>“[...] e não incentivar a população e sim cuidar da natureza” (E11).</p> <p>“[...] respeito ao próximo e a vida marinha [...]” (E05).</p>

Fonte: Autor (2021)

A partir das unidades analíticas, inicialmente, vale destacar que as respostas de alguns estudantes trazem elementos que se enquadram em categorias distintas, como, por exemplo, as respostas de E14 que considera a conscientização como uma das atitudes para minimizar a poluição ambiental por resíduos plásticos (“Poderia conscientizar, as pessoas, à não utilizar o plástico [...]”), a redução no consumo dos plásticos (“[...] (redução de copos descartáveis e canudos plásticos)"); bem como as ações coletivas (“[...] Se organizar socialmente, pensando no bem do ‘meio-social’ [...]”). Dessa forma, iniciaremos nossas discussões em maiores detalhes acerca dessas categorias empíricas emergentes das respostas dos estudantes.

3.2.1.1 Ações/atitudes individuais

As ações/atitudes individuais foram identificadas nas respostas dos estudantes E12 e E17 como uma das atitudes que podem minimizar impactos ambientais dos resíduos plásticos.

Para E12 “as ações da pessoa influência no meio ambiente drasticamente então se você fizer seu papel para ajudar o meio ambiente”, e para E17 “cada pessoa andar com sua sacolinha para recolher seu próprio lixo, e depois jogar na lixeira. Diminuiria lixos nas ruas e incentivaria outras pessoas a fazer o mesmo”. E essas respostas desses estudantes dialogam com Falcade-Pereira e Asinelli-Luz (2011, p. 275) ao mencionarem que “sabendo que pode pôr em perigo sua própria essência e existência, o homem precisa, urgentemente, ser estável e responsável em suas ações (agir humano)”

De fato, a resposta de E12 nos permite inferir que o direcionamento para um olhar responsável depende de como o sujeito enxerga seu papel. Entretanto, essa visão nem sempre ocorre dessa forma, uma vez que parte da humanidade age como se fosse o ponto central do universo, e por esse motivo, acabou usando e abusando da destruição em nome da construção, produzindo depósitos imensos de lixo na natureza, entre outros exemplos, mas nunca imaginou que os recursos naturais poderiam acabar um dia, ou até mesmo voltarem-se contra si próprio, colocando em risco a sobrevivência e existência da humanidade (FALCADE-PEREIRA; ASINELLI-LUZ, 2011).

Partindo dessas respostas de E12 e E17, percebemos um novo olhar para essa relação em que o ser humano, individualmente e coletivamente, é sujeito e, ao mesmo tempo, objeto do seu agir. E nesse sentido, concordamos com Falcade-Pereira, Asinelli-Luz (2011, p. 275) ao afirmar que todas as mudanças “se voltam para o próprio ser humano e que o prolongamento da vida humana permeia e exige um monitoramento do seu próprio comportamento”.

3.2.1.2 Ações/atitudes de conscientização

As respostas dos(as) estudantes (E05, E07, E14) trazem evidências das ações/atitudes de conscientização como outra atitude que pode minimizar impactos ambientais dos resíduos plásticos.

Isso porque, para E05 “Conscientização ambiental, [...]. Se nos conscientizarmos e fizermos as atitudes corretas, será vantajoso para todos os seres marinhos e também para nós seres humanos”, para E07 “Por meio desta ação, a conscientização seria incentivada, mesmo que com ameaça de multa, pois nem todos fazem o certo (mesmo podendo). [...]” e para E14 “Poderia conscientizar, as pessoas, à não utilizar o plástico [...]”.

De acordo com Angotti, Bastos, Mion (2001, p. 189), a conscientização:

implica que ultrapassemos a esfera espontânea de apreensão da realidade para chegar a uma esfera crítica na qual a realidade se dá como objeto cognoscível e na qual o ser humano assume uma posição epistemológica. A conscientização pode ocorrer durante a vivência no processo de ação-reflexão-ação. Por isso, torna-se compromisso e consciência histórica, o que implica compreender que o ser humano assume o papel de sujeito que faz e refaz o mundo (ANGOTTI; BASTOS; MION, 2001, p. 189).

Desse modo, entendemos que a conscientização vai além da compreensão da realidade dos(as) estudantes e exige um processo de ação-reflexão-ação. Nesse caso, a resposta de E07 traz indícios do processo de conscientização quando, ao se referir à ação de “Reduzir a quantidade de lixo deixada nas praias pelos banhistas”, infere que “Por meio desta ação, a conscientização seria incentivada”.

A conscientização “consiste no desenvolvimento crítico da tomada de consciência” (ANGOTTI; BASTOS; MION, 2001, p. 189), e essa criticidade pode ser ilustrada em outro trecho da resposta de E07: “nem todos fazem o certo (mesmo podendo)”.

Portanto, podemos dizer que esses aspectos identificados nas respostas de E07 vão na direção de uma “formação de consciência crítica de si mesmo e da sociedade em que estão inseridos” (ANGOTTI; BASTOS; MION, 2001, p. 190).

3.2.1.3 Ações/atitudes de redução no consumo

A redução do consumo de plásticos foi outra ação/atitude apontada nas respostas dos estudantes E14 e E16 na minimização de impactos ambientais dos resíduos plásticos.

Quando E14 responde que “[...] redução de copos descartáveis e canudos plásticos” e E16 menciona que “Reduzir o consumo de plásticos -> diminuiria o lixo plástico produzido [...]”, eles vão na direção de um consumo consciente. E esse é um aspecto a destacar à medida que “cabe ao indivíduo pensar e repensar se o objeto de interesse é necessário ou supérfluo, [...] assim, após esta reflexão se pode adquirir o produto ou recusá-lo, mas esta ação deve ser realizada de maneira consciente” (FREITAS, 2015, p. 46).

Nesse sentido, destacamos que na política dos 3R's, segundo Oliveira, Maria C., (2012, p. 17):

a opção mais desejável [...] é a da redução do uso de recursos, o que também gera uma redução na geração de resíduos. A redução pode ser entendida como a redução do uso/consumo de produtos plásticos pelo consumidor ou redução na quantidade de resina plástica utilizada na indústria para a fabricação de seus produtos.

Se voltarmos no tempo, entenderemos que os argumentos preservacionistas embasados cientificamente, a partir da década de 70, passam a indicar que o consumo excessivo e “a degradação dos recursos naturais decorrentes do processo de industrialização significavam uma ameaça não apenas aos recursos naturais, mas à própria sobrevivência dos ser humanos” (DEMAJOROVIC, 2000, p. 34), ou seja, a redução desse consumo, além de diminuir o lixo plástico produzido (destacado por E16), poderia diminuir essa ameaça ao fim dos recursos naturais e da sobrevivência humana.

3.2.1.4 Ações/atitudes de descarte correto e/ou seletivo

Quanto à ação/atitude do descarte correto e/ou seletivo para minimizar os impactos ambientais dos resíduos plásticos, a identificamos nas respostas dos estudantes E09, E10 e E16.

Nesse sentido, E09 e E10, ao responderem “Nós iríamos aprender a descartar o lixo no seu lugar certo, o impacto ia ser bem menos nos mares, exemplo menos lixo nas praias e os animais marinhos iam ter uma vida mais saudável” e “Podem minimizar tais impactos, recolhendo os lixos das ruas descartando os lixos no lugar certo”, expressam uma atitude para o descarte correto dos resíduos plásticos.

O estudante E16, por sua vez, ao responder que “[...] Lixeira para cada tipo de lixo. Assim facilitaria a separação e o descarte de cada material”, sinaliza um outro aspecto, o relativo ao descarte seletivo.

Nesse sentido, corroboramos com Voichicoski, Morales (2010, p. 14) ao considerar que “as ações a favor do meio ambiente são ações muitas vezes simples como, por exemplo, o ato de separar o lixo ou simplesmente economizar água”. Adicionalmente, destacamos que atitudes como esta, ao ser incorporada de forma contínua no cotidiano das pessoas demonstra a responsabilidade do indivíduo frente aos resíduos por ele gerados (VOICHICOSKI; MORALES, 2010).

Além da implantação de Programas de Coleta Seletiva, é preciso incentivar e ampliar a capacidade da reciclagem para que mais pessoas sejam encorajadas nesse descarte correto, seletivo, e responsabilizem-se por seus resíduos, pois segundo Oliveira, Maria C., (2012) isso

mostrará às pessoas que muitos produtos pós-consumo possuem valor e não são simplesmente lixo, de modo que comecem a tratar esses resíduos como matéria-prima para outros produtos, e não como descartáveis. Para alcançar esses objetivos, é preciso aumentar a capacidade de reciclagem dos materiais, melhorar a educação e incentivar envolvimento das pessoas com essas boas práticas, garantindo, além disso, o cumprimento das leis (OLIVEIRA, Maria C., 2012, p. 71).

3.2.1.5 Ações/atitudes coletivas

Entre as diferentes atitudes postas pelos estudantes para minimizar os impactos ambientais decorrentes dos resíduos plásticos, encontramos também, as ações coletivas.

Identificamos essas ações/atitudes na resposta da estudante E14, ao tempo em que esta responde que “[...] Se organizar socialmente, pensando no bem do ‘meio-social’ [...]”. Ou seja, para E14 uma atitude plausível é uma organização social que pense no bem comum, na coletividade.

Nesse contexto, destacamos o quanto a participação dos estudantes em sociedade exige que eles disponham de “informações que estão diretamente vinculadas aos problemas sociais que afetam o cidadão, os quais exigem um posicionamento quanto ao encaminhamento de suas soluções” (SANTOS, W.; SCHNETZLER, 2010, p. 46).

Para Santos, W. e Schnetzler (2010), entre os deveres dos cidadãos na sociedade, estão o compromisso de cooperação e corresponsabilidade social, na busca conjunta de soluções para uma problemática existente.

Além disso, outro aspecto a ressaltar nas ações/atitudes coletivas refere-se à resposta de E11 ao dizer que “muito importantes para que os políticos queiram dar mais importância ao meio ambiente [...]”. Nesse sentido, E11 inclui um grupo específico que atua no desenvolvimento de ações/atitudes coletivas, os políticos.

3.2.1.6 Ações/atitudes de ajuda, cuidado e respeito

A ajuda, o cuidado e o respeito são outras ações/atitudes postas pelos estudantes, em especial, por E03, E05 e E11. Agrupamos essas três ações/atitudes em uma mesma categoria, tendo em vista a sinonímia de sentido nesses termos.

Segundo E03 “[...] Ajudo aos próximos. Limpando as ruas e as praias, para minimizar e não poluir o meio ambiente”, E05 “[...] respeito ao próximo e a vida marinha [...]” e E11 “[...] e não incentivar a população e sim cuidar da natureza”. E nesse sentido, corroboramos com Carvalho (2007, p. 136) ao afirmar que:

esses comportamentos indicam decisões e preferências que algumas pessoas vão adotando pouco a pouco, conforme vão incorporando a ideia de que as

preocupações ambientais são exigências compulsórias e ao fazerem isso sentem-se gratificadas e reconfortadas, mesmo sabendo que os riscos ambientais não se resolvem imediatamente com essas ações exemplares. Significa que essas pessoas estão aderindo a um modo cuidadoso de se relacionar com os outros humanos e não-humanos que tomam como bons, corretos e moral e esteticamente admiráveis. Poderíamos chamar esse espírito de cuidado, responsabilidade e solidariedade com o ambiente como dimensão ecológica que pode ser assumida por indivíduos, grupos e também pelas instituições como a escola ou as políticas públicas.

A partir das respostas de E03, E05 e E11 percebemos que eles foram integrando ações dessa natureza em suas concepções sobre a minimização do impactos ambientais decorrentes dos resíduos plásticos.

Retomando a resposta de E05, percebemos que quando ela cita especificamente o cuidado com o próximo e com a vida marinha, reconhece o impacto dos resíduos plásticos na biodiversidade, e para Tiriba (2007, p. 224.) esse reconhecimento

implica o respeito ao conjunto de tudo que vive na biosfera, tudo que vive no ar, no solo, no subsolo e no mar. Não poderemos pensar apenas no bem-estar dos seres humanos porque há uma interdependência entre as espécies, há um equilíbrio global que precisa ser preservado.

E essa compreensão por parte desses estudantes evidencia uma ampliação de suas concepções sobre os resíduos plásticos e sua relação com a poluição ambiental.

3.3.2 Análise das respostas em grupos às questões da SDI II

Conforme esclarecemos no desenvolvimento da SDI I, relembramos aqui a interação e o diálogo entre os estudantes no desenvolvimento da SDI II foram prejudicados (no áudio das gravações da SDI II percebemos poucos diálogos, que acabaram não sendo identificados).

Por conseguinte, nas análises das respostas dos grupos tomamos por base apenas as respostas escritas de três grupos formados aleatoriamente: dois no dia 14/12/2020 (contando com a presença de 7 estudantes) e um no dia 15/12/2020 (contando com a presença de 3 estudantes). No dia 15/12 a SDI II foi concluída com a resposta do grupo composto pelos(as) três estudantes, e no dia 14/12, obtivemos a resposta de dois grupos e dos líderes, porém, como a resposta dos líderes não contempla

o construto final da realidade construída por toda a turma de estudantes, iremos conduzir nossas discussões, neste item, considerando apenas essas três respostas em grupos

Portanto, para esse momento analítico consideramos as respostas dos grupos transcritas no quadro 15, no qual ilustramos os grupos, suas respostas e as ações/atitudes.

Quadro 15 – Respostas dos grupos para a SDI II e as ações/atitudes

GRUPOS	RESPOSTAS	AÇÕES/ATITUDES
I (E07, E10, E11)	“Por meio desta ação incentiva-se o altruísmo e a empatia para com as questões socioambientais. Com bom posicionamento de lixeiras e campanha de conscientização evita-se que uma grande de lixo atinja os oceanos, mesmo que para isso seja preciso multar quem insistir em poluir”.	Altruísmo, empatia, conscientização, ação coletiva.
II (E12, E05, E09, E03)	“Conscientização ambiental, descarte correto do lixo, respeito ao próximo e a vida marinha. Limpando ruas e praias”.	Conscientização, respeito, descarte correto, ação coletiva.
III (E14, E17, E16)	“Reduzir o consumo de plásticos e aumentar a produção de lixeiras. E cada pessoa ter senso e carregar seu próprio lixo. Poderia conscientizar as pessoas a não utilizar o plástico e se organizar socialmente, mas já que tá difícil vamos jogar lixo no lixo”.	Conscientização, redução no consumo, ação individual, ação coletiva.

Fonte: Autor (2021)

Analisando as respostas dos grupos com base no quadro 15, percebemos que o grupo I considera o altruísmo, a empatia, o posicionamento das lixeiras e a campanha de conscientização como ações a serem adotadas para minimizar os impactos ambientais decorrentes dos resíduos sólidos. O grupo II destaca ações/atitudes de conscientização ambiental, descarte correto do lixo, respeito ao próximo e à vida marinha, e limpeza das ruas. E o grupo III, por sua vez, considera a redução do consumo de plásticos, aumento da produção de lixeiras, ação individual de bom senso sobre seu próprio lixo, conscientização das pessoas e organização coletiva (social).

De um modo geral, a resposta do grupo I trouxe elementos não identificados em nenhuma das respostas individuais, os quais foram o altruísmo e a empatia como atitudes necessárias, ao responder que “Por meio desta ação incentiva-se o altruísmo e a empatia para com as questões socioambientais”. Entendemos que essas ações/atitudes estão relacionadas com a capacidade de colocar-se no lugar do outro, e no contexto

socioambiental podemos interpretá-los, a partir de Cadore Demmer, Cesário Pereira (2011), como sendo o modo em que um indivíduo se coloca e se relaciona com o ambiente, envolvendo-se com os elementos que constituem a natureza (vivos e não vivos) em um equilíbrio dinâmico.

Dessa forma, esse resultado reitera que na etapa da SDI II de construção das respostas em grupo, ocorrem a negociação entre os pares para as construções coletivas; o processo dialético, que traz a crítica das ações, das dicotomias presentes em temas a serem estudados; e a dialogicidade, que traz a dinamização do processo e busca garantir a participação de todos os sujeitos presentes na intervenção (OLIVEIRA, Maria M., 2011c, 2013, 2014).

Além dessa análise, verificamos que a conscientização ambiental foi uma ação/atitude que foi proposta pelos três grupos, bem como as ações/attitudes coletivas. Adicionalmente, destacamos que, a ação coletiva considerada como uma atitude pelos grupos de estudantes na minimização dos impactos socioambientais dos resíduos plásticos, é um entendimento relevante na formação cidadã desses estudantes, dado que, conforme nos diz Santos, W. e Schnetzler (2010, p 41), “se não combatermos o personalismo, o individualismo, o egoísmo, não estamos transformando cidadãos passivos em cidadãos ativos”.

É no desenvolvimento do conjunto dessas ações/attitudes que destacamos a educação para a cidadania, que segundo Santos, W. e Schnetzler (2010, p. 36), desenvolve “no indivíduo o interesse pelos assuntos comunitários, de forma que ele assuma uma postura de comprometimento com a busca conjunta de soluções para os problemas existentes”.

Adicionalmente, Falcade-Pereira, Asinelli-Luz (2011, p. 278) consideram que

é fundamental que se propicie mudanças, valores, práticas pedagógicas e políticas públicas que coloquem os/as estudantes e cidadãos/ãs como corresponsáveis para desempenharem ações básicas que favoreçam a harmonia dos indivíduos ou sujeitos com o ambiente.

Portanto, a partir das respostas à SDI II, os estudantes elencaram como ações/attitudes para minimizar os impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos: ações/attitudes individuais; ações/attitudes de conscientização; ações/attitudes

de redução no consumo; ações/atitudes de descarte correto e/ou seletivo; ações/atitudes coletivas; e ações/atitudes de ajuda, cuidado e respeito.

Essas ações/atitudes podem ser entendidas como ampliações das concepções iniciais dos estudantes diante dos impactos ambientais decorrentes dos resíduos plásticos, à medida em que eles ampliam o olhar sobre essa temática.

Além disso, o pressuposto nesta pesquisa é que, ao longo da intervenção pedagógica, ou seja, à medida que os estudantes vão vivenciando as fases da espiral de Waks (1992), vão ampliando suas compreensões acerca da temática na direção do desenvolvimento da responsabilidade socioambiental.

É nesse sentido que voltamos as análises, no terceiro movimento analítico, para as aulas constitutivas da intervenção pedagógica, uma vez que essas aulas foram planejadas a partir das respectivas fases da espiral.

3.3 ANÁLISE DAS AULAS CONSTITUTIVAS NA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

Neste momento analítico direcionamos o nosso olhar para análise das aulas constitutivas da intervenção pedagógica, tendo em vista a autocompreensão, o estudo e reflexão, a tomada de decisão, a ação responsável e a integração. Foram cinco aulas desenvolvidas ao longo do processo.

3.3.1 Análise da aula 1

Nesta aula 1, cujo objetivo de aprendizagem era o de compreender a si mesmo, como os plásticos estão inseridos no contexto dos estudantes e sua relação com a poluição ambiental, os estudantes participaram da SDI I, e da exibição e discussão do vídeo “Série JR: veja como o plástico do lixo ameaça a vida dos animais marinhos.

A SDI I, desenvolvida sobre os plásticos presentes no cotidiano e os impactos ambientais dos resíduos plásticos, foi desenvolvida no primeiro momento da intervenção pedagógica, e a partir dela, as concepções dos estudantes foram identificadas tanto do ponto de vista individual quanto do ponto de vista coletivo, como é proposto na dinâmica desta ferramenta.

No âmbito individual, respostas como, “Objetos feitos de plástico demoram a se decompor [...], sendo assim, eles vão se acumulando e poluindo o meio ambiente cada vez mais” (E07); “As produções desses materiais nas fábricas [...]” (E04), “Porque sabemos que as pessoas não jogam os lixos no seu devido lugar” (E06), “Os plásticos tipo o canudo pode trazer sérios riscos ambientais as tartarugas no mar são encontradas com canudos em seu nariz” (E11) e “Porque os plásticos estão em garrafa pet, sacola de pão que eu compro e isso causa poluição” (E08), são evidências das experiências que os estudantes têm acerca do como os plásticos impactam o meio ambiente.

Nesse sentido, na visão dos estudantes, os impactos provocados pelos resíduos plásticos estão relacionados à poluição do ambiente devido ao descarte incorreto e o tempo de degradação desses materiais, e nas consequências negativas para os animais, com destaque para aqueles que vivem no mar. Foram sobre esses aspectos que eles se expressaram em suas respostas individuais.

Na continuidade das etapas da SDI, a partir das respostas coletivas dos grupos, os estudantes inseriram na discussão coletiva e, por conseguinte, nas respostas dos grupos, outros aspectos que não foram apresentados nas respostas individuais, os quais podem ser ilustrados nas respostas: “Estão presentes de forma mais abrangente como objetos descartáveis. Sim, estes são produzidos em larga escala. Eles não se decompõem fácil ou rapidamente” (Grupo I); “Os plásticos estão presentes em diversos objetos, como: materiais descartáveis, capa de celular, algumas garrafas, etc. Sim. Porque a maioria das pessoas descarta de forma inadequada, prejudicando a vida marinha” (Grupo II); “Estão presentes no nosso dia a dia, como por exemplo: garrafinhas, celular, canetas e etc. Sim, porque as produções desses materiais nas fábricas, os plásticos podem entupir bueiros, ir ao mar e fazer mal para os animais causando principalmente a morte” (Grupo III); e “Os resíduos plásticos descartados de forma incorreta prejudicam sim o meio ambiente por causa de que o plástico demora a se desfazer e a quantidade de plástico que temos nas ruas é muito grande tendo grande parte da relação da poluição ambiental” (Grupo IV).

É nesse sentido que destacamos a SDI como uma ferramenta didática na qual o “processo de construção do conhecimento e saberes é ascendido pelo trabalhar coletivo (trabalho colaborativo), estabelecido através das relações de vínculos entre as pessoas

[...]” (SANTOS, D.; OLIVEIRA, Maria M., 2017, p. 56), como podemos ilustrar com a transcrição de um trecho da discussão entre E13, E14, E15 durante a construção da resposta do grupo IV para a SDI I:

E13: Eu falei que quando o lixo é colocado em lugar correto, e é jogado na rua, esgoto, etc. gera poluição. Então tem que jogar no lugar certo. Estamos concordando uma com a outra.

E14: Eu falei a mesma coisa só com palavras diferentes. Quando esses resíduos são jogados em lugares incorretos, tipo assim, gera poluição. Foi isso que todo mundo falou, nossa.

E15: O lixo descartado de forma errada pode (nome do(a) estudante) gerar poluição. Os resíduos plásticos se for descartado de uma forma incorreta gera poluição ambiental, nossa que fala bonita, quem vê pensa, aí.

Portanto, podemos dizer que a atividade da SDI I contribuiu para que os estudantes, individualmente e em grupos, refletissem, discutissem e expressassem suas concepções (digamos, suas concepções prévias) sobre a presença dos plásticos no cotidiano e sobre relações entre esses materiais e a poluição ambiental.

Adicionalmente, ainda na aula 1, ocorreu a exibição e discussão com os estudantes sobre a reportagem da Série JR: veja como o plástico do lixo ameaça a vida dos animais marinhos (figura 7).

Figura 7 – Imagens do vídeo 1 (A) estimativa da quantidade de lixo que chega aos oceanos; (B) previsão para 2050.



(A)

(B)

Fonte: Série JR: veja como o plástico do lixo ameaça a vida dos animais marinhos (2017)

Após a exibição do vídeo da reportagem, registramos um trecho da discussão entre o professor/pesquisador e os estudantes sobre o conteúdo do vídeo:

Professor/Pesquisador: “Estão compreendendo agora que o plástico não está só relacionado ao nosso dia a dia, nas nossas garrafinhas, nas nossas capinhas de celular, que foi aquela primeira pergunta que eu tinha feito no início da aula. Ele também tem um impacto negativo, e esse impacto negativo prejudica quem?”

E07: “Os oceanos...”

Professor/pesquisador: “Os oceanos, porque prejudica os oceanos?” [silêncio]

E07: “Os oceanos, porque os animais acabam ingerindo os plásticos”.

Professor/pesquisador: “Como o plástico tem essa origem sintética, não natural, o corpo da gente não reconhece ele como alimento. Então, as tartarugas e os animais não processam esse plástico. Então, por isso uma das alternativas, que é uma que está no artigo que entregarei para vocês depois, é um plástico biodegradável, que não vem dessa origem do petróleo”.

Em síntese, considerando as respostas à SDI I e a discussão dos estudantes com o professor-pesquisador sobre a reportagem, podemos dizer essas atividades contribuíram para os estudantes compreender e se posicionar sobre presença dos plásticos em seu cotidiano e sobre as relações entre esses materiais e a poluição ambiental, como, por exemplo, devido ao descarte incorreto dos plásticos e do alto uso/consumo de plásticos.

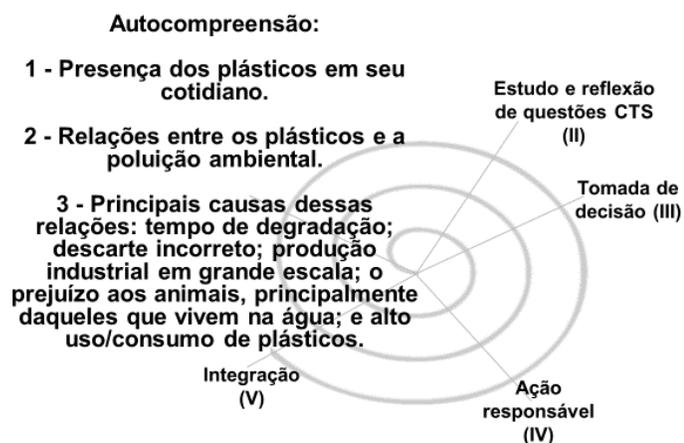
Nesse sentido, conforme havíamos planejado, podemos dizer que a aula 1 da intervenção pedagógica contribuiu para autocompreensão, a primeira fase da espiral de responsabilidade de Waks (1992), ou seja, para a autocompreensão dos estudantes sobre a temática dos resíduos plásticos.

Entretanto, considerando que, segundo Waks (1996, p. 27), a autocompreensão refere-se à “compreensão dos estudantes sobre eles próprios, como membros interdependentes da sociedade e da sociedade como agente responsável no ecossistema da natureza”, destacamos que não identificamos nas respostas individuais ou coletivas à SDI I ou na discussão sobre a reportagem, evidências de uma compreensão dos estudantes sobre eles próprios diante da temática abordada, ou sobre como eles se compreendem como indivíduo responsável pelo ecossistema e como membro da sociedade.

Em síntese, sobre a fase da autocompreensão, podemos dizer os estudantes compreenderam e se posicionaram sobre a presença dos plásticos no cotidiano, sobre relações entre os plásticos e a poluição ambiental, e sobre algumas as causas dessas

relações, como, por exemplo, a produção industrial desses materiais em grande escala e seu descarte incorreto, conforme ilustramos na figura 8.

Figura 8 – Síntese dos aspectos envolvidos na fase de autocompreensão



Fonte: adaptado de Waks (1992).

3.3.2 Análise da aula 2

Na aula 2 o objetivo de aprendizagem foi o de compreender e refletir sobre o conceito de polímeros, o processo de polimerização, os tipos de plásticos e a classificação dos seus resíduos. Nesse sentido, foram realizadas: uma aula expositiva sobre o conteúdo de polímeros sintéticos; e a exibição e discussão de dois vídeos: quais são os tipos de plásticos? e como fazer plástico de batata.

Por meio da aula expositiva, os estudantes foram levados a estudar e a refletir sobre: os polímeros sintéticos; como ocorre o processo de polimerização; os tipos de plásticos; plásticos biodegradáveis.

Na exibição e discussão do vídeo intitulado por “Quais são os tipos de plásticos?”, foram abordadas as classificações dos plásticos de acordo com os polímeros que os compõem, contemplando os aspectos químicos envolvidos. Nesse momento da discussão, E17 interrogou o professor-pesquisador para saber “o pneu também é um plástico?”, conforme trecho transcrito da discussão neste momento:

E17: “O pneu também é plástico?”.

Professor-pesquisador: “Nesse caso, o pneu é composto mais por borracha, mas não deixa de ser um polímero sintético. São composições de polímeros diferente, entendeu?”.

E17: “Entendi”

Percebemos que a pergunta da estudante E17 reflete uma possível generalização na qual todo plástico é um polímero, mas nem todo polímero é um plástico, e no caso do pneu, temos em sua composição a borracha de origem natural ou sintética (outro grande grupo, que segundo Santos, W., Mól (2013) pode ser chamado de elastômeros).

Quanto ao terceiro vídeo, o conteúdo foi relativo a um experimento caseiro do canal manual do mundo, intitulado por “como fazer plástico de batata”. A partir da discussão desse vídeo, foram abordados conceitos químicos envolvidos no experimento. E essa discussão aproximou os estudantes à abordagem sobre os plásticos biodegradáveis, que nesse caso do vídeo a matéria prima foi o amido presente na batata inglesa. Segundo Santos, W., Mól (2013, p. 141), os plásticos biodegradáveis são “obtidos a partir de pequenas moléculas que, quando unidas, formam moléculas, bem maiores, [...] como, por exemplo, o amido, naturalmente biodegradáveis”.

Durante a discussão desse vídeo, E14 fez o seguinte questionamento: “poderia também fazer com maisena, se é amido?” Após o esclarecimento do professor-pesquisador, E14 entendeu que a Maizena não apresenta as mesmas propriedades físicas (produto liofilizado) do extrato de amido da batata inglesa vista no vídeo, porém ambas têm a mesma composição bioquímica: o amido.

Nesse momento, trazemos um trecho da transcrição da discussão neste momento:

Professor/Pesquisador: “Gostaram da experiência? [silêncio] O que acharam do vídeo?”

E14: “Poderia também fazer com maisena, se é amido.”

Professor/pesquisador: “Com maisena?”

E14: “Se é amido.”

Professor/pesquisador: “Isso. Amido. Você pode pegar o amido e fazer aquela pastinha ali, porém no amido da maisena tem muitas outras substâncias químicas que pode interferir no seu resultado final, lá. Entendessee? Por exemplo tem conservante, tem... [pensativo] Porque para deixar ele sequinho, ele não vai ser que fique com a textura final do plástico. Mas sim, você entendeu bem. O amido que tem ali na maisena é o amido que vem do trigo, da batata, etc”.

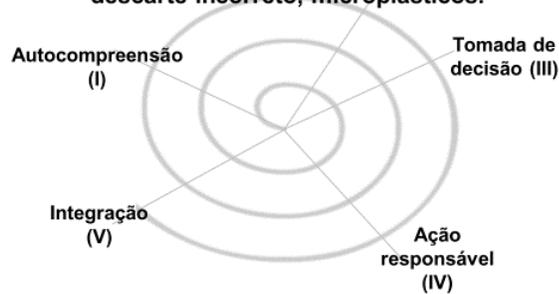
Após a exibição e discussão dos vídeos, os estudantes foram solicitados a realizarem uma atividade extraclasse com a leitura do artigo de Cangemi, Santos, Claro Neto (2005) intitulado por: “Biodegradação: uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos”. Esse texto foi discutido na aula 3 e complementado com uma discussão sobre os aspectos tecnológicos do processo de reciclagem; do bioplástico; dos impactos socioambientais; e à política nacional do meio ambiente e de resíduos sólidos.

Nesse sentido, podemos dizer que nesta aula 2 foram discutidos com os estudantes os aspectos científicos relativos aos polímeros sintéticos e resíduos plásticos. E esse fato nos leva a considerar, como havíamos planejado, que essa aula 2 e parte da aula 3, contribuíram para a fase de estudo e reflexão (WAKS, 1992), ao tempo em que os estudantes tiveram a oportunidade de compreender e refletir sobre, por exemplo, conceitos científicos e processos tecnológicos relativos aos plásticos, como, por exemplo, a produção de bioplásticos e sobre impactos desses materiais na poluição ambiental.

Em síntese, sobre a fase de estudo e reflexão, podemos dizer que na aula 2 e parte da aula 3 foram abordados aspectos científicos, tecnológicos e socioambientais relativos aos plásticos e seus resíduos. No eixo dos aspectos científicos, foram abordados o termo “plástico”, o processo de polimerização para obtê-lo, suas subdivisões quanto à resistência mecânica e sua classificação/código/sigla de acordo com os tipos de polímeros, relacionando-os com objetos do cotidiano. No eixo dos aspectos tecnológicos, foram abordados os processos de reciclagem, incineração, produção de bioplástico. E no eixo dos aspectos socioambientais, foram abordados a política dos 3R’s, os microplásticos, os impactos sociais, ambientais e econômicos decorrentes do descarte e destinação incorreta dos resíduos plásticos, conforme ilustramos na figura 9.

Figura 9 – Síntese dos aspectos envolvidos na fase de estudo e reflexão

- Estudo e reflexão de questões CTS:**
- 1 - Conceito de polímeros, classificação e tipos dos plásticos, polimerização;
 - 2 - Processos de reciclagem, incineração, plástico biodegradável;
 - 3 - Política dos 3'R's, impactos socioambientais decorrentes do descarte incorreto, microplásticos.



Fonte: adaptado de Waks (1992)

3.3.3 Análise da aula 3

Na aula 3 o objetivo de aprendizagem foi o de compreender e refletir sobre os aspectos tecnológicos e socioambientais da temática e estabelecer critérios científicos e tecnológicos para as possibilidades de tratar a problemática dos resíduos plásticos, considerando as vantagens e desvantagens de cada processo.

Essa aula teve início com a discussão dos aspectos tecnológicos referente aos processos de reciclagem, incineração, produção de bioplástico, e dos aspectos socioambientais referente a política dos 3R's e aos microplásticos.

Portanto, destacamos que as discussões da aula 2 e início da aula 3 foram além das questões ambientais envolvidas na problemática dos resíduos plásticos, corroborando com Silva, El-Hani (2014, p. 228) ao mencionarem que existe a

necessidade de que compreensão das questões ambientais não seja relacionada apenas a fatores relativos à natureza, mas também às dimensões sociais, políticas, econômicas e culturais que permeiam a interação dos seres humanos com o ambiente.

Seguida das discussões sobre processos tecnológicos, os estudantes foram solicitados a escolherem uma solução para a problemática dos resíduos plásticos. Vale ressaltar que os argumentos para a escolha dos estudantes, segundo Waks (1992),

foram se constituindo desde as fases da autocompreensão e do estudo e reflexão. Nesse sentido, era esperado que na escolha, os estudantes levassem em consideração, por exemplo, aspectos sociais, científicos e tecnológicos discutidos.

Portanto, os estudantes foram confrontados com a seguinte questão: Dentre as possíveis soluções para a problemática dos resíduos plásticos, quais seriam as mais favoráveis para o meio ambiente: a redução do consumo de descartáveis, a reciclagem e/ou a biodegradação, etc.? Quais são as vantagens e as desvantagens?

Entretanto, destacamos que, segundo a Sociedade Americana de Química (2016, p. 399), “não existe uma única e melhor solução para os problemas dos rejeitos plásticos, ou, mais geralmente, de todos os rejeitos sólidos”.

Nessa atividade de tomada de decisão contamos com a participação de apenas seis estudantes (E03, E05, E07, E14, E16, E17). Os demais participantes da pesquisa não entregaram essa atividade ou faltaram no dia das explicações e entrega.

Sendo assim, esses estudantes puderam apresentar para a turma suas escolhas, dentre as possibilidades listadas na questão, ou poderiam acrescentar novas possibilidades, como foi o caso da estudante E17 que pontuou como possibilidade “Cada pessoa andar com seu próprio saquinho”. Dessa forma, identificamos nas respostas dos estudantes a escolha por seis soluções, que foram organizadas no quadro 16, seguidas das vantagens e desvantagens indicadas por eles.

Quadro 16 – Soluções escolhidas para a problemática dos resíduos plásticos

Soluções indicadas pelos estudantes	Estudante	Respostas dos estudantes sobre as vantagens	Respostas dos estudantes sobre as desvantagens
Redução do consumo de descartáveis	E17	“Diminuiria descartáveis nos rios e praias” (E17).	“Deixaríamos de fortalecer e fomentar novos mercados” (E17).
	E16	“Reduzindo o consumo, reduzimos o descarte” (E16).	“Não há desvantagens em causarmos mal, embora seja pouco” (E16).
Uso individual de saco para o lixo	E17	“Diminuiria o excesso de lixo nas ruas” (E17).	“As pessoas podem esquecer o lixo acumulado nas ruas” (E17).
Reciclagem/ Reutilização	E16	“Reutilizar os plásticos que consumimos, conseqüentemente reduzir o descarte inapropriado do plástico” (E16).	“Cerca de 21% de todo o plástico é reciclado (pelo que eu me lembro) aí a gente vê a falta de

			incentivo do governo com a reciclagem" (E16).
	E14	"Reutilização dos plásticos" (E14).	"Se for jogado de forma incorreta" (E14).
	E07	"Diminuição no ritmo de produção, reaproveitamento de materiais" (E07).	"Dificuldade de separação por tipos" (E07).
Coleta Seletiva	E05	"Geração de empregos, matéria prima de melhor qualidade" (E05).	"Escassez de empresas interessadas, dificuldades em separar corretamente os plásticos, etc." (E05).
	E03	"Auxiliarem na geração de empregos e na conservação do meio ambiente, matéria prima de melhor qualidade para indústria de reciclagem" (E03).	"Escassez de empresas interessadas em comprar o material separado, dificuldade em separar corretamente os diversos tipos de plástico e a difícil tarefa de garantir um fornecimento contínuo de matéria-prima de boa qualidade aos compradores apresentarem em um limite de reciclagem" (E03).
Plástico biodegradável	E14	"São feitos por organismos naturais e podem se decompor rápido" (E14).	"Não tem desvantagens" (E14).
	E07	"Os fungos e bactérias se responsabilizariam por decompor estes materiais" (E07).	"O processo de produção é mais caro" (E07).
Incineração	E16	"Assim daremos um fim em todo plástico que descartamos" (E16).	"X => X => X Chuva ácida" (E16).
	E05	"Conversão de resíduos plásticos em energia" (E05).	"Não utilizado em grande escala custo elevado" (E05).
	E03	"Conversão de resíduos plásticos em energia" (E03).	"No entanto não utilizado em grande escala custo elevado" (E03).
	E07	"O processo de incineração gera energia térmica e elimina eficientemente os resíduos" (E07).	"Produção em massa de gases do efeito estufa" (E07).

	E17	“A redução do volume de resíduos destinados à aterros” (E17).	“Durante a queima do lixo são gerados gases tóxicos que podem causar poluição atmosférica que gera graves impactos ambientais” (E17).
--	-----	---	---

Fonte: Autor (2021)

A partir dos dados do quadro 16 identificamos as seguintes soluções: Redução do consumo de descartáveis (E17, E16), “Uso individual de saco para o lixo” (E17), Reciclagem/Reutilização (E16, E14, E07), Coleta seletiva (E05, E03), Plástico biodegradável (E14, E07), Incineração (E16, E05, E03, E07, E17). Alguns estudantes propuseram mais de uma alternativa, como é o caso de E17, por exemplo.

A redução do consumo de descartáveis foi a opção dos estudantes E16 e E17. Sobre esta, foram indicadas como vantagens, a diminuição de descartáveis nas praias (E17) e a redução do descarte por meio da redução do consumo (E16). Uma desvantagem apontada por E17 foi relativa aos prejuízos ao mercado específico dos plásticos.

A redução é econômica e ecologicamente correta (SANTOS, W.; MÓL, 2013), nesse sentido, esperávamos que mais estudantes a escolhessem. Adicionalmente, para a Sociedade Americana de Química (2016, p. 392), a redução “significa usar menos material e gerar menos resíduos mais tarde. A redução conserva recursos, reduz a poluição e minimiza materiais tóxicos no fluxo de resíduos”.

Segundo Santos, W., Mól (2013),

o consumo desse material [o plástico] é feito em uma escala astronômica. Como a sociedade ainda não se utiliza de mecanismos adequados para o destino de seus resíduos, quer por falta de hábitos dos consumidores, quer por falta de um sistema público de coleta, o plástico causa uma desagradável sensação visual. Apesar de alguns cálculos indicarem que os plásticos representam menos de 10% do lixo urbano, o volume que ocupam acaba dando a impressão de que eles são o material mais prejudicial ao ambiente (SANTOS, W.; MÓL, 2013, p. 138, grifo nosso).

A reciclagem/reutilização foi a opção indicada pelos estudantes E07, E14 e E16. Quanto às vantagens da reciclagem temos: a “diminuição no ritmo de produção, reaproveitamento de materiais” (E07); a “reutilização dos plásticos” (E14); e a reutilização

dos “[...] plásticos que consumimos, conseqüentemente reduzir o descarte inapropriado do plástico” (E16).

Em relação às desvantagens, E07 mencionou a “Dificuldade de separação por tipos”. E esse aspecto é pertinente, considerando que devido a existência de diferentes polímeros nos plásticos, torna-se necessário sua identificação, e os plásticos a serem reciclados são classificados e marcados com os códigos específicos. Isso porque, se após o consumo, esses resíduos “não forem convenientemente separados, podem comprometer as propriedades finais do produto reciclado em razão das variações físicas e químicas que apresentam entre si” (ZANIN; MANCINI, 2004, p 28-29).

A questão da reciclagem é relevante visto que, segundo o relatório da Dalberg Advisors (2019), há um aumento exponencial no quantitativo de produção de plásticos, considerando o ano de 1950 como início da produção dos plásticos sintéticos, somente em 16 anos (de 2000 a 2016) as indústrias produziram a mesma quantidade de plástico virgem que em todos os anos anteriores somados. O que reflete na exploração cada vez maior da matéria prima, o petróleo cru, que é um recurso não renovável.

Conseqüentemente, de acordo com Canto (1995, p. 75), “à medida que caminhamos para o esgotamento dessas importantes fontes naturais de substâncias químicas, torna-se cada vez mais urgente buscar alternativas para as matérias primas delas provenientes”, como é o caso da possibilidade de “Reciclagem”, citada pelos(as) estudantes.

Outro aspecto a destacar refere-se à diferença entre a reutilização e a reciclagem. A partir da política dos 3R's (Reduzir, Reutilizar, Reciclar), o termo “reciclar” se refere ao reaproveitamento, pós-descarte, para originar materiais iguais aos originais (SANTOS, W.; MÓL, 2013) e o termo “reutilizar” está relacionado ao reuso de alguma coisa, significando não jogá-la fora após um único uso (SOCIEDADE AMERICANA DE QUÍMICA, 2016). Nesse sentido, primeiro deve ser adotada a reutilização. Entretanto, segundo Zanin, Mancini (2004, p. 24) “no Brasil, a reutilização não é incentivada (as embalagens retornáveis, por exemplo, são cada vez mais raras) [...]”. Adicionalmente, para se ampliar o reuso do plástico são necessários esforços para que os modelos de negócio atual migrem das cadeias de suprimento com foco nos descartáveis para novos modelos de reuso (DALBERG ADVISORS, 2019).

Contudo, “a reciclagem ainda depende de esforços para se consolidar como atividade econômica” (ZANIN; Mancini, 2004, p. 24) e ainda “há muitos desafios pela frente para a superação de barreiras, como a dificuldade técnica e financeira” (CEMPRE, 2019, p. 23) que resulta em uma desvantagem: escassez de empresas interessadas nos processos de reciclagens.

A coleta seletiva foi a opção dos estudantes E03 e E05. Como vantagens eles consideraram a “Geração de empregos, matéria prima de melhor qualidade” (E03) e o auxílio “[...] na geração de empregos e na conservação do meio ambiente, matéria prima de melhor qualidade para indústria de reciclagem” (E05).

Como desvantagens, foram apontadas a “Escassez de empresas interessadas em comprar o material separado, dificuldade em separar corretamente os diversos tipos de plástico e a difícil tarefa de garantir um fornecimento contínuo de matéria-prima de boa qualidade aos compradores apresentarem em um limite de reciclagem” (E03) e “Escassez de empresas interessadas, dificuldades em separar corretamente os plásticos, etc.” (E05).

Ainda sobre a coleta seletiva, segundo os dados do CEMPRE (2019, p. 23), a realidade brasileira sobre a gestão do lixo vem mudando, há uma “maior valorização dos catadores de materiais recicláveis [...] e o índice de coleta seletiva aumentou – no entanto, em ritmo menor que o esperado diante das demandas das cidades”, tal fato pode ser justificado por uma “crescente participação das cooperativas de catadores, apoiados com maquinários, galpões de triagem, ajuda de custo com água e energia elétrica, veículos, capacitações e investimento em divulgação e educação ambiental” (CEMPRE, 2019, p. 24).

Outra solução escolhida pelos estudantes foi o plástico biodegradável. Essa solução foi posta por E07 e E14. Quanto às vantagens dessa solução, os estudantes consideraram que “Os fungos e bactérias se responsabilizariam por decompor estes materiais” (E07) e que esses materiais “São feitos por organismos naturais e podem se decompor rápido” (E14). E como desvantagem apenas E07 destacou que “O processo de produção é mais caro”. Para E14 essa alternativa não tem desvantagens.

Sobre a produção de plásticos biodegradáveis, de acordo com Cangemi, Santos, Claro Neto (2005, p. 19) “algumas aplicações já começam a sair dos laboratórios, [...]”

como o poliuretano obtido a partir do óleo de mamona e o PHB (polihidroxibutirato) obtido a partir do bagaço da cana”, portanto são feitos de fontes naturais, ou seja, fontes renováveis de biomassa diferentemente do petróleo.

Contudo, enquanto o bioplástico sofre biodegradação com relativa facilidade (CANGEMI; SANTOS; CLARO NETO, 2005), a compostagem de biopolímeros não é tão simples e fácil como pode parecer (SOCIEDADE AMERICANA DE QUÍMICA, 2016).

A incineração, outra solução indicada, esteve presente nas respostas de E03, E05, E07, E16 e E17. As vantagens apresentadas por eles são relativas ao “[...] fim em todo plástico que descartamos” (E16), à “Conversão de resíduos plásticos em energia” (E05), ao “[...] processo de incineração gera energia térmica e elimina eficientemente os resíduos” (E07), e à “[...] redução do volume de resíduos destinados à aterros” (E17).

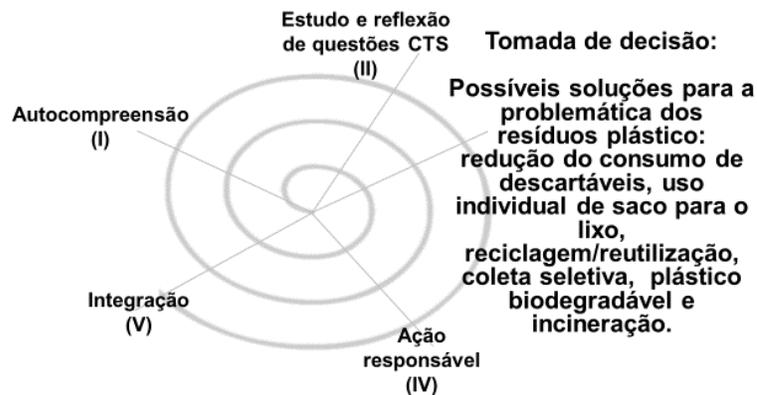
Quanto às desvantagens foram elencadas a chuva ácida, o alto custo do processo, produção de gases do efeito estufa, e produção de gases tóxicos. Sobre essa solução, destacamos que a incineração dos polímeros que contêm cloro, como o PVC, de acordo com a Sociedade Americana de Química (2016), libera o cloreto de hidrogênio e outros gases tóxicos, “como o HCl se dissolve em água para formar ácido clorídrico, os gases de exaustão da chaminé poderiam contribuir muito para a chuva ácida” (p. 394). Além disso, “a incineração e os aterros sanitários criam relativamente poucos empregos em comparação com os programas de reciclagem” (SOCIEDADE AMERICANA DE QUÍMICA, 2016, p. 393).

Embora diferentes alternativas tenham sido postas pelos estudantes, a tomada de decisão mais efetiva para a problemática dos resíduos plásticos é “um sistema de gerenciamento integrado dos rejeitos que empregue múltiplas estratégias. No fim, esse sistema otimizaria a eficiência, conservaria energia e material e reduziria o custo e os danos ambientais” (SOCIEDADE AMERICANA DE QUÍMICA, 2016, p. 399).

Portanto, na aula 3 os estudantes tiveram a oportunidade de escolher uma solução para a questão dos resíduos plásticos quanto à poluição ambiental. Nesse sentido, podemos considerar que nessa aula os estudantes exercitaram a tomada de decisão (WAKS, 1992) acerca da solução para minimizar a poluição ambiental pelos resíduos plásticos, julgando suas vantagens e desvantagens, como havíamos planejado na intervenção pedagógica.

Em síntese, sobre a fase de tomada de decisão, podemos dizer que na aula 3 os estudantes consideraram seis possibilidades de soluções para a problemática dos resíduos plásticos, foram elas: redução do consumo de descartáveis, cada pessoa andar com seu próprio saquinho, reciclagem/reutilização, coleta seletiva, plástico biodegradável, incineração, como ilustramos na figura 10.

Figura 10 – Síntese dos aspectos envolvidos na fase de tomada de decisão



Fonte: adaptado de Waks (1992)

3.3.4 Análise da aula 4

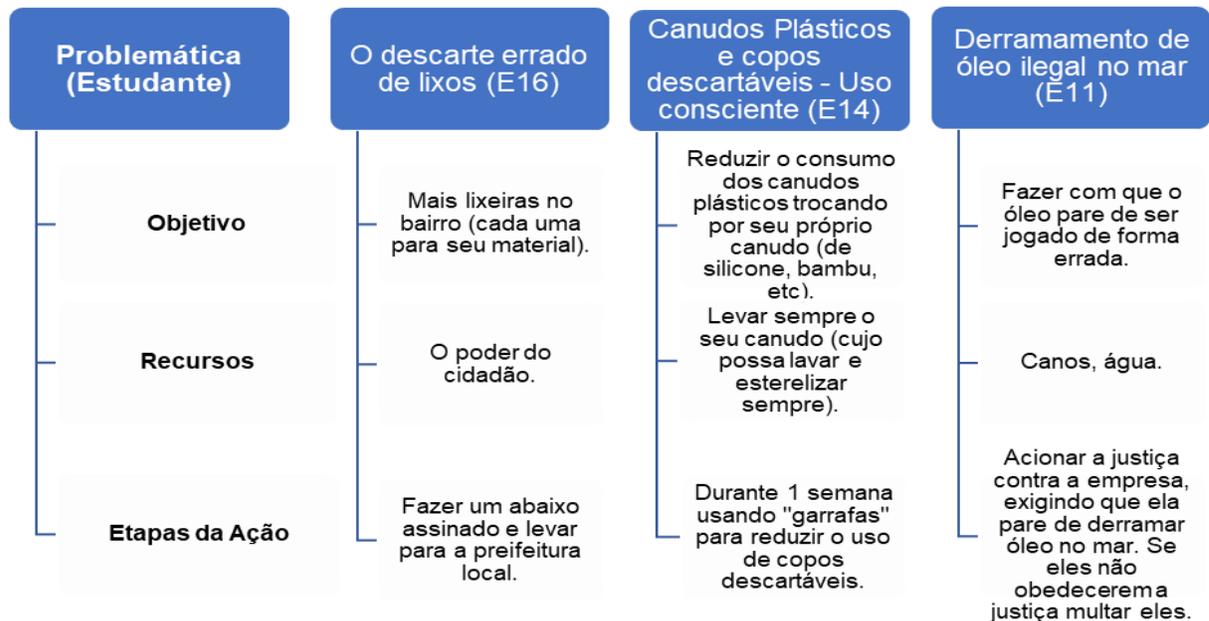
A aula 4 teve como objetivo o de planejar as ações socioambientais responsáveis de acordo com os conhecimentos adquiridos nas etapas anteriores da intervenção pedagógica. Nesta aula contamos com a participação de oito estudantes (E16, E14, E11, E05, E07, E12, E09, E17) que construíram suas ações de forma individual, porém dois estudantes (E12, E09) preferiram construí-las em dupla. Os demais participantes da pesquisa não entregaram essa atividade de planejamento ou faltaram no dia das explicações e entrega.

Na aula 4, os estudantes foram convidados a planejarem ações responsáveis de acordo com o que foi trabalhado em sala de aula, respondendo ao seguinte questionamento: “No caso do uso de plásticos, o que você poderia fazer, a nível individual e coletivo, para minimizar a poluição ambiental? Proponha uma ação responsável que poderia ser feita na escola e/ou em casa”.

Os estudantes iniciaram o planejamento de suas ações nesta aula e em suas casas puderam finalizar seus planejamentos, os quais foram compartilhados com os demais grupos da sala de aula na aula 5.

Os planejamentos das ações responsáveis elaborados pelos estudantes estão ilustrados nas figuras 11 e 12. Na figura 11 estão as ações mais gerais sobre os impactos ambientais decorrentes dos resíduos plásticos, e na figura 12 estão listadas as ações mais específicas voltadas às praias.

Figura 11 – Planejamentos das ações socioambientalmente responsáveis



Fonte: Autor (2021)

Com base na figura 11, identificamos duas ações voltadas à temática da poluição ambiental por plásticos e uma voltada ao desastre socioambiental ocorrido nas praias do litoral Nordeste, na qual o derramamento de óleo prejudicou animais marinhos, a economia local, entre outros. Mesmo não sendo uma ação voltada à problemática dos resíduos plásticos, consideramos o olhar desses estudantes para essa questão.

A ação proposta por E16 refere-se à reivindicação por meio de um abaixo-assinado por mais lixeiras para a coleta seletiva, tendo como recurso o “poder do cidadão”. Nesse sentido, segundo Carvalho *et al.* (2015, p. 5) o estudante pode exercer de maneira deliberada sua cidadania e ocupar seu espaço de direito a partir da “redação

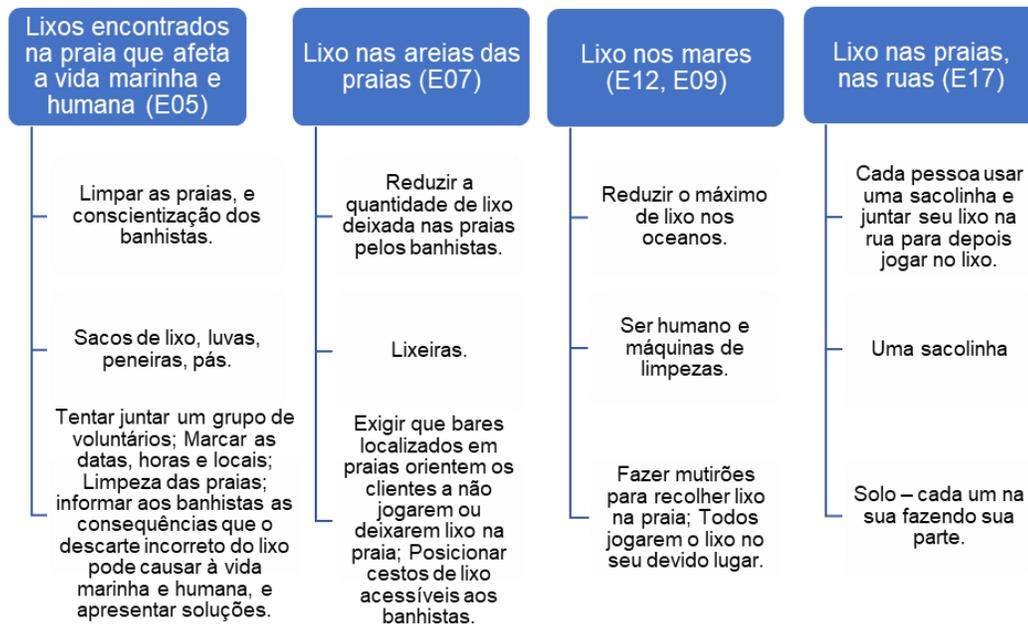
de cartas abertas à comunidade, e-mails, e abaixo-assinados destinados aos representantes dos poderes executivo e legislativo” e procurar

promover mudanças sociais através da fiscalização, busca de contato e até mesmo pressão às figuras públicas que estão no poder, abandonando a ideia bastante popular em nosso país de que a democracia se resume a votar uma vez a cada dois anos (CARVALHO, *et al.* 2015, p. 5).

A ação proposta por E14 refere-se à redução do uso de canudos e copos descartáveis substituindo-os por canudos próprios.

Outras ações mais específicas foram aquelas planejadas direcionadas para a poluição por resíduos plásticos nas praias, conforme ilustramos na figura 12.

Figura 12 – Planejamentos das ações socioambientalmente responsáveis voltadas à poluição nas praias



Fonte: Autor (2021)

Essas ações mais específicas foram planejadas por E05, E07, E12, E09, E17, as quais em conjunto, referem-se à realização de mutirões de limpeza, informações para os banhistas sobre as consequências do descarte incorretos dos plásticos à vida marinha e humana, orientações em bares sobre o descarte de plásticos na praia, colocar lixeiras acessíveis aos banhistas, e uso de sacolas de lixo individuais pelos frequentadores das praias, ações estas que vão além dos muros da escola.

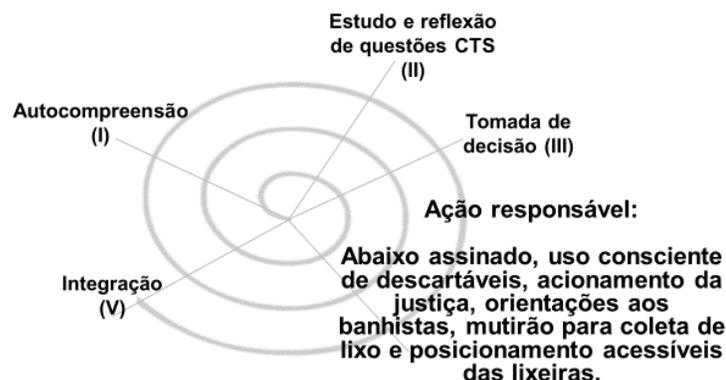
De modo geral, essas ações que visam a realização de mutirões de limpeza, mencionado por E05, E12, E09, ou visam atividades que reduzem a quantidade de lixo nas praias e ruas, mencionado por E07 e E17, dialogam com o Plano de Combate ao lixo no mar desenvolvido pelo MMA, de acordo com esse documento “os mutirões são importantes atividades mobilizadoras da sociedade para a questão do descarte inadequado e impactos causados pelos resíduos, além de ampliarem espacialmente as ações de controle e monitoramento” (BRASIL, 2019, p. 28).

A partir do planejamento de ações elaborado pelos estudantes, podemos dizer que a aula 4 contribuiu para o desenvolvimento da fase da ação responsável (WAKS, 1992), considerando que, segundo este autor, nesta fase os estudantes comprometem-se com ações individuais e coletivas depois da avaliação e tomada de decisão entre diferentes alternativas, as quais nesta intervenção foram relativas à minimização dos impactos socioambientais dos resíduos sólidos.

Contudo destacamos que as ações responsáveis propostas pelos estudantes ficaram limitadas aos planejamentos, devido à exposição aos riscos de contaminação pelo coronavírus instaurado no Brasil (cenário pandêmico ocasionado pela Covid-19 no ano corrente da pesquisa).

Em síntese, sobre a fase da ação responsável podemos dizer que os estudantes planejaram ações envolvendo abaixo assinado, uso consciente de descartáveis, acionamento da justiça, orientações aos banhistas, mutirão para coleta de lixo e posicionamento acessíveis das lixeiras, conforme ilustramos na figura 13.

Figura 13 – Síntese dos aspectos envolvidos na fase de ação responsável



Fonte: adaptado de Waks (1992)

3.3.5 Análise da aula 5

A aula 5 teve o objetivo de compreender de forma mais ampla e integrada com aspectos éticos e valores, as questões envolvidas na temática dos resíduos plásticos. No dia da realização dessa aula, participaram apenas dez estudantes (E03, E05, E07, E09, E10, E11, E12, E14, E16, E17), os demais não estavam presentes na escola.

Inicialmente, os estudantes apresentaram as ações planejadas para a questão da poluição ambiental por resíduos plásticos. Em seguida, foi desenvolvida com os estudantes a SDI II, a partir das seguintes questões: quais os valores pessoais, sociais, políticos, éticos e estéticos poderiam ser considerados nas ações propostas no sentido de minimizar os impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos? De que maneiras nossas atitudes influenciam no meio ambiente ou podem minimizar tais impactos?

As respostas dos estudantes para as questões da SDI II refletem algumas ações/atitudes que poderiam ser consideradas para minimizar os impactos socioambientais dos resíduos plásticos.

No âmbito individual, destacamos respostas dos estudantes tais como: “As ações da pessoa influência no meio ambiente drasticamente então se você fizer seu papel para ajudar o meio ambiente” (E12), “Poderia conscientizar, as pessoas, à não utilizar o plástico [...]” (E14), “Reduzir o consumo de plásticos -> diminuiria o lixo plástico produzido [...]” (E16), “[...] Diminuindo a quantidade de lixo na areia das praias, evita-se que no processo da maré encher polua ainda mais o oceano e ponha em risco a vida marinha e, por tabela acabe nos prejudicando” (E07), “[...] Se organizar socialmente, pensando no bem do ‘meio-social’ [...]” (E14), “[...] respeito ao próximo e a vida marinha [...]” (E05).

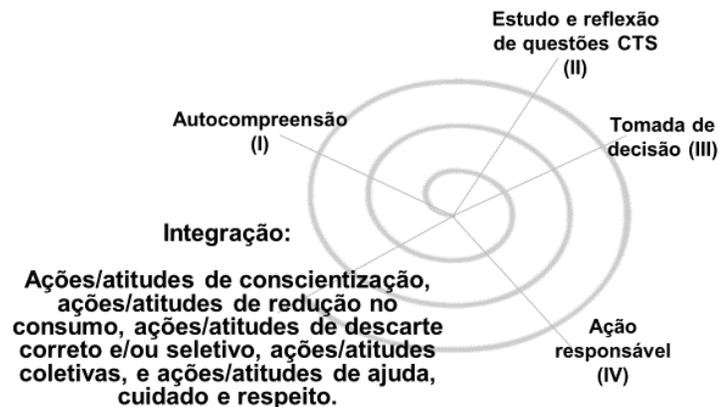
No âmbito coletivo, os estudantes em seus grupos responderam: “Por meio desta ação incentiva-se o altruísmo e a empatia para com as questões socioambientais. Com bom posicionamento de lixeiras e campanha de conscientização evita-se que uma grande de lixo atinja os oceanos, mesmo que para isso seja preciso multar quem insistir em poluir” (Grupo I); “Conscientização ambiental, descarte correto do lixo, respeito ao próximo e a vida marinha. Limpando ruas e praias” (Grupo II); “Reduzir o consumo de

plásticos e aumentar a produção de lixeiras. E cada pessoa ter senso e carregar seu próprio lixo. Poderia conscientizar as pessoas a não utilizar o plástico e se organizar socialmente, mas já que tá difícil vamos jogar lixo no lixo” (Grupo III).

Portanto, podemos dizer que o desenvolvimento da SDI II incentivou a expressão das subjetividades dos estudantes e sua construção coletiva, promovendo assim, “uma abordagem de ensino e aprendizagem em que o professor/pesquisador interfere menos e favorece a autonomia dos estudantes em sala de aula” (SILVEIRA, *et al.*, 2017, p. 289).

Em relação à fase da integração, podemos dizer que os estudantes trouxeram evidências da inclusão de aspectos éticos e de valores, como é proposto por Waks (1992) para esta fase. E evidências dessa integração são identificadas nas ações/atitudes de conscientização, ações/atitudes de redução no consumo, ações/atitudes de descarte correto e/ou seletivo, ações/atitudes coletivas, e ações/atitudes de ajuda, cuidado e respeito, por eles propostas, conforme figura 14.

Figura 14 – Síntese dos aspectos envolvidos na fase de Integração



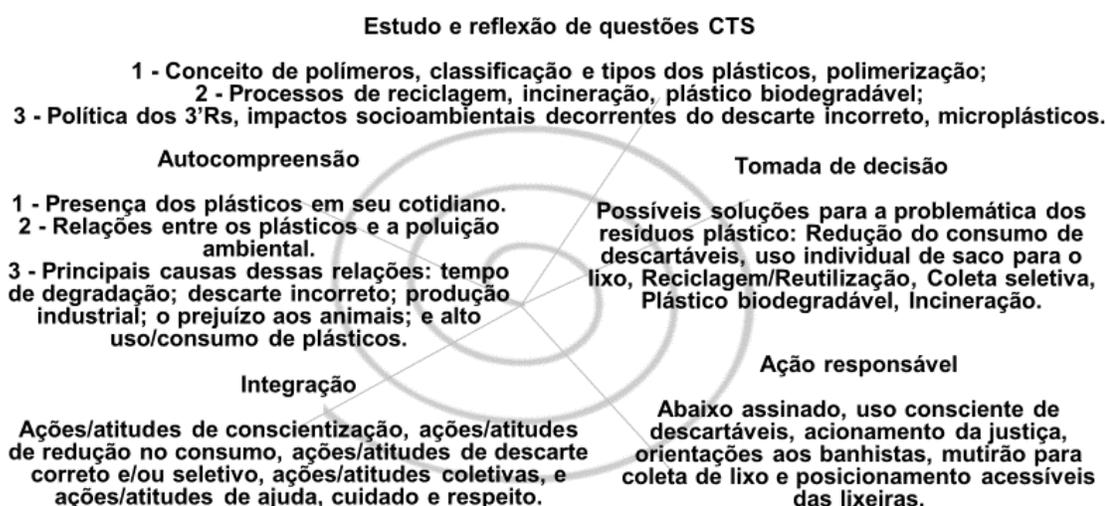
Fonte: adaptado de Waks (1992)

Sendo assim, diante das análises desenvolvidas, buscamos responder à questão de pesquisa condutora dessa investigação: como ocorre o processo de desenvolvimento da responsabilidade socioambiental por estudantes no contexto de uma intervenção pedagógica na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) sobre resíduos plásticos?

Nessa perspectiva, tomamos como base as fases da espiral de responsabilidade de Waks (1992). Isso porque, Waks (1996, p. 30) destaca que as fases da espiral estão integradas e que a formação da responsabilidade segue uma orientação que vai “desde a autocompreensão por meio do estudo e da reflexão através da tomada de decisão, da ação e da volta para si mesmo para uma integração” (tradução nossa).

Nesse sentido, para atender ao objetivo de analisar o processo de desenvolvimento da responsabilidade socioambiental por estudantes no contexto de uma intervenção pedagógica na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) sobre resíduos plásticos, consideramos as sínteses dos aspectos envolvidos em todas as fases da espiral de responsabilidade, ilustradas em conjunto na figura 15.

Figura 15 – Síntese dos aspectos envolvidos nas fases da espiral de responsabilidade



Fonte: adaptado de Waks (1992)

Nessa perspectiva, retomamos a compreensão da responsabilidade socioambiental como o entendimento crítico do como as aplicações da ciência e da tecnologia afetam a vida das pessoas e do ambiente; do como as escolhas individuais, considerando valores éticos e normas, contribuem para a decisão pelo correto para si e para o coletivo; e do como o comprometimento individual e coletivo reflete nas questões socioambientais (WAKS, 1992; GUIMARÃES, 2007; CADORE DEMMER; CESÁRIO PEREIRA, 2011; CARVALHO, 2017), para então, discutirmos as evidências do desenvolvimento da responsabilidade socioambiental pelos estudantes.

Nesse sentido, aspectos envolvidos na fase de autoconhecimento (WAKS, 1992) vivenciada pelos estudantes podem indicar um primeiro movimento para o desenvolvimento da responsabilidade socioambiental por eles. Evidências desse movimento são relativas ao entendimento dos estudantes sobre como os resíduos plásticos afetam o social e o meio ambiente, o que para eles ocorre devido a diferentes fatores, como, por exemplo, o tempo de degradação desses materiais e o descarte incorreto.

Entretanto, ao longo das análises desta fase não encontramos evidências de que esse entendimento dos estudantes se estende para outras aplicações da ciência e para a tecnologia em termos gerais, ou até mesmo se os estudantes compreendem os plásticos como produto da atividade científica e tecnológica.

Quanto aos aspectos envolvidos na fase de estudo e reflexão (WAKS, 1992) vivenciada pelos estudantes, podemos dizer que esta fase contribuiu para a continuidade do movimento para o desenvolvimento da responsabilidade socioambiental pelos estudantes. Evidências dessa continuidade referem-se à compreensão, por exemplo, do que são plásticos e de seus diferentes tipos, de processos tecnológicos relativos tanto à produção quanto à reciclagem, e de políticas ambientais como é o caso da política dos 3Rs. Vale ressaltar que a discussão das relações entre aspectos científicos, tecnológicos e sociais é característica da perspectiva CTS.

E a compreensão dessas questões refletiu na fase da tomada de decisão (WAKS, 1992) dos estudantes quanto às possíveis soluções para minimizar a problemática da poluição ambiental por plásticos, visto que eles, além de escolherem suas soluções, propuseram algumas de suas vantagens e desvantagens. Por conseguinte, podemos dizer que nessa fase os estudantes continuam o movimento para o desenvolvimento da responsabilidade socioambiental, ao tempo em que fazem suas escolhas individuais e tomam decisões pessoais pelo correto para si e para o coletivo, que podem contribuir para redução dos impactos dos resíduos plásticos, ou seja, para a redução da poluição ambiental decorrentes destes.

De certa forma, as escolhas individuais dos estudantes para minimizar a problemática da poluição ambiental por plásticos refletem na proposição de suas ações na fase da ação responsável (WAKS, 1992). E as ações responsáveis, tais como uso

consciente dos descartáveis e orientações aos banhistas, por exemplo, podem indicar um comprometimento individual deles em participar ativamente de questões relacionadas à temática dos resíduos plásticos e seus impactos socioambientais, bem como, ações de mutirão para a coleta de lixo nas praias, que podem indicar um comprometimento coletivo dos estudantes. Além disso, destacamos que as ações responsáveis planejadas são plausíveis de serem executadas.

Por fim, quanto aos aspectos envolvidos na fase da integração (WAKS, 1992), podemos dizer que o movimento do desenvolvimento da responsabilidade socioambiental avança ao tempo em que os estudantes integram, em sua compreensão mais ampla sobre a problemática dos resíduos plásticos, aspectos éticos e de valores, como, por exemplo, ações/atitudes de ajuda, cuidado e respeito.

Em síntese, consideramos que o processo de desenvolvimento da responsabilidade socioambiental nesta intervenção pedagógica na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) sobre resíduos plásticos ocorreu à medida em que os estudantes: entenderam a problemática dos resíduos plásticos e a relação destes com a poluição ambiental; compreenderam aspectos científicos, tecnológicos e sociais envolvidos, ampliando o entendimento da problemática dos resíduos plásticos; fizeram suas escolhas individuais e tomaram decisões pessoais; comprometeram-se em participar ativamente das questões relacionadas à problemática dos resíduos plásticos e seus impactos socioambientais por meio do planejamento de ações responsáveis; e integraram à compreensão mais ampla da problemática dos resíduos plásticos, aspectos éticos e de valores.

Como nos diz Petraglia (2006), colocar os estudantes criticamente diante de suas crenças, valores, expectativas e maneiras de como agir, pode propiciar uma aprendizagem que envolva o cultivo pessoal e o engajamento da responsabilidade pessoal nas práticas.

Adicionalmente, embora não tenha sido objeto de análise desta dissertação, vale ressaltar algumas possibilidades da aproximação entre a perspectiva CTS e o pensamento complexo (MORAN, 2005) ao longo do desenvolvimento da intervenção pedagógica em tela, à medida que por meio dela foram estabelecidas “[...] interconexões

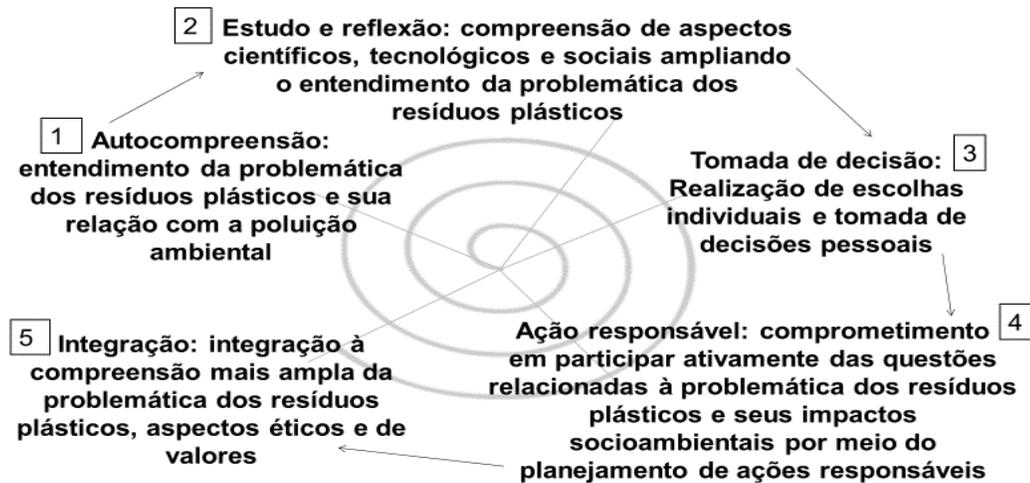
entre as ciências naturais e os campos social, tecnológico, comportamental, cognitivo, ético e comunicativo” (SANTOS, M., 1999, p. 25).

Nesse contexto, entre as possibilidades para essa aproximação, destacamos a superação de uma abordagem fragmentada dos conteúdos, característica da perspectiva CTS, e a utilização de diferentes linguagens adotadas na intervenção pedagógica. Possibilidades que convergem para algumas das ideias de Petraglia (2006).

Portanto, como nos diz Morin (2002, p.14), cenários complexos exigem novas maneiras de aprender e uma reforma do pensamento, que contemple “um modo de pensamento capaz de respeitar a multidimensionalidade” .

Ilustramos o movimento do desenvolvimento da responsabilidade socioambiental sobre a temática dos resíduos plásticos na figura 16.

Figura 16 – Movimento do desenvolvimento da responsabilidade socioambiental sobre a temática dos resíduos plásticos pelos estudantes



Fonte: adaptado de Waks (1992)

Portanto, congregando essas análises, podemos dizer que à medida que os estudantes foram vivenciando as fases da espiral de Waks (1992), foram ampliando suas compreensões acerca da temática socioambiental sobre os resíduos plásticos, na direção do desenvolvimento da responsabilidade socioambiental, numa perspectiva de conhecer criticamente questões envolvidas na temática, de adquirir valores envolvendo, por exemplo, conscientização; e a experienciar, embora no âmbito do planejamento, atitudes socioambientais (GUIMARÃES, 2007).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao iniciarmos esse trabalho delimitamos como objetivo o de analisar o processo de desenvolvimento da responsabilidade socioambiental por estudantes no contexto de uma intervenção pedagógica na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) sobre resíduos plásticos.

Nessa perspectiva, buscando atender ao objetivo em tela, inicialmente, identificamos as concepções prévias dos estudantes sobre a presença dos plásticos no cotidiano e a relação desses com a poluição ambiental no primeiro momento da intervenção pedagógica. Quanto à presença dos plásticos no cotidiano deles, a maioria dos estudantes identificou diferentes materiais plásticos, enquanto a outra parte não. Quanto à relação dos plásticos com a poluição ambiental, eles apresentaram diferentes causas, como o tempo de degradação, a produção industrial, o descarte incorreto, prejuízos aos animais, e o alto uso/consumo dos plásticos.

Em seguida, avaliamos possíveis mudanças nas concepções dos estudantes sobre os impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos no último momento da intervenção pedagógica. Nesse sentido, mudanças foram identificadas nas concepções dos estudantes. Evidências dessas mudanças referem-se à presença, em suas respostas, de aspectos que não foram apresentados nas concepções prévias e à inclusão de aspectos éticos e de valores, como, por exemplo, quando propuseram ações/atitudes de ajuda, cuidado e respeito para minimizar os impactos socioambientais provocado pelos resíduos plásticos.

Posteriormente, analisamos as aulas constitutivas da intervenção pedagógica, tendo em vista a autocompreensão, o estudo e reflexão, a tomada de decisão, a ação responsável e a integração. De modo geral, as análises revelaram que as aulas 1, 2, 3, 4, e 5 contribuíram para atender as fases da espiral de responsabilidade. Portanto, as aulas 1 e 5 contribuíram para as fases de autocompreensão e da integração. As aulas 2 e 3 contribuíram para a fase de estudo e reflexão, por meio da discussão dos conhecimentos científicos/químicos, processos tecnológicos e questões socioambientais relativas aos resíduos plásticos. A aula 3, especificamente, oportunizou aos estudantes a tomada de decisão frente às possíveis soluções para a problemática em questão. Na aula 4 os estudantes elaboraram propostas de ações socioambientalmente responsáveis,

atendendo ao que se espera para a fase de ação responsável: comprometimento individual e coletivo em ações responsáveis diante das questões socioambientais relacionadas aos resíduos plásticos. Entre as propostas apresentadas pelos estudantes destacamos, por exemplo, o uso consciente de descartáveis e mutirão para coleta de lixo na praia.

A partir do conjunto das análises entendemos que o processo de desenvolvimento da responsabilidade socioambiental ao longo da intervenção pedagógica na perspectiva CTS sobre resíduos plásticos ocorreu na medida em que os estudantes: entenderam criticamente a problemática dos resíduos plásticos e a relação destes com a poluição ambiental; compreenderam aspectos científicos, tecnológicos e sociais envolvidos ampliando o entendimento da problemática dos resíduos plásticos; fizeram suas escolhas individuais e tomaram decisões pessoais pelo correto para si e para o coletivo; comprometeram-se em participar ativamente das questões relacionadas à problemática dos resíduos plásticos e seus impactos socioambientais por meio do planejamento de ações responsáveis; e integraram à compreensão mais ampla da problemática dos resíduos plásticos, aspectos éticos e de valores.

Portanto, como contribuições desta pesquisa para a área de ensino de ciências destacamos tanto o desenvolvimento da responsabilidade socioambiental dos estudantes, possibilitada pelo desenvolvimento da intervenção pedagógica na perspectiva CTS, como a própria estruturação da intervenção pautada na espiral de responsabilidade de Waks, visto que, trabalhos que usam a espiral ainda são incipientes. E os professores, ao buscarem como um de seus objetivos o desenvolvimento da responsabilidade social e ambiental por seus estudantes, podem adaptar a estruturação da intervenção pedagógica desenvolvida nesta pesquisa para suas realidades.

Adicionalmente, destacamos as contribuições da SDI, enquanto técnica de coleta de dados e ferramenta didática para o desenvolvimento desta pesquisa. Como técnica de coleta de dados, possibilitou-nos o atendimento ao primeiro e segundo objetivo específico da pesquisa. Como ferramenta didática, contribuiu para os estudantes expressarem, interpretarem e ampliarem, individualmente e coletivamente, suas concepções sobre diversos aspectos envolvidos na problemática dos resíduos plásticos.

Destacamos também, que a espiral de responsabilidade Waks (1992) enquanto modelo de estruturação da perspectiva CTS, contribuiu para planejarmos a intervenção pedagógica desenvolvida (seus objetivos, conteúdos, estratégias, recursos e avaliação) em função de suas fases constitutivas. E possibilitou a compreensão sobre o processo do desenvolvimento da responsabilidade socioambiental pelos estudantes.

Além disso, a análise hermenêutica-dialética, enquanto perspectiva analítica, contribuiu no movimento de interpretação dos dados, à medida que situamos no tempo e no espaço, nosso objeto de estudo, confrontamos esses dados com a realidade pesquisada, alcançamos os objetivos delimitados nesta pesquisa, e respondemos à questão de pesquisa desta dissertação.

Outros aspectos a considerar são referentes às limitações enfrentadas no desenvolvimento da pesquisa. Devido à pandemia da Covid-19, a turma convidada para participar da pesquisa estava dividida e alternava-se nas aulas. E isso dificultou a aplicação da intervenção pedagógica em diferentes aspectos, como, por exemplo, na dialogicidade das SDI I e II, haja vista que o tempo de atuação do professor-pesquisador em sala de aula foi reduzido e o uso de máscara de tecido facial junto com o distanciamento de 1,5 metros entre os estudantes foi um obstáculo para as interações sociais entre os estudantes e professor/pesquisador. Por conseguinte, o processo de escuta da fala dos estudantes, em alguns momentos, ficou prejudicado no registro da gravação em áudio.

Outro aspecto que representou uma limitação para o desenvolvimento da pesquisa foi o fato de as ações responsáveis propostas pelos estudantes ficarem no âmbito do planejamento, uma vez que elas não puderam ser realizadas devido às restrições causadas pela pandemia da Covid-19. Conseqüentemente, esse fato pode ter interferido no engajamento e na reflexão dos estudantes sobre como suas ações individuais e coletivas podem contribuir na busca de soluções e melhorias para a problemática dos resíduos plásticos em cenários socioambientais, além dos muros da escola. Nesse sentido, a realização das ações responsáveis propostas pelos estudantes podem apontar questões interessantes para pesquisas futuras, quando se investiga o desenvolvimento da responsabilidade socioambiental nos estudantes.

Por fim, a partir dos resultados dessa pesquisa, destacamos a relevância de olhar para o ensino de ciências, em especial para o ensino de Química, para além dos conteúdos científicos e aspectos tecnológicos, articulando estes às questões socioambientais, no sentido de formarmos estudantes, atores importantes na transformação da sociedade e do meio ambiente, para a responsabilidade socioambiental.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO, J. A. D. A. La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 1, p. 35-44, 1996. Disponível em: <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v14n1/02124521v14n1p35.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2020.

AMCHAM BRASIL, Plástico é o maior desafio ambiental do século XXI, segundo ONU Meio Ambiente. **Estadão**, São Paulo, 08 jun. 2018. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/blogs/ecoando/plastico-e-o-maior-desafio-ambiental-do-seculo-xxi-segundo-onu-meio-ambiente/>. Acesso em: 24 dez. 2019.

ANGOTTI, J. A. P.; BASTOS, F. P.; MION, R. A. Educação em física: discutindo ciência, tecnologia e sociedade. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n.2, p. 183-198, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/04.pdf>. Acesso em: 04 Mar. 2021

AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, São Paulo, v.1, n. especial, 2007. Disponível em: <http://200.133.218.118:3535/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewFile/147/109>. Acesso em 12 dez. 2019.

BAZZO, W. A. **Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica**. 5. ed. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2017.

BAZZO, W. A.; LINSINGEN, I. V.; PEREIRA, L.T. V. (Ed.) **Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade)**. Madrid: Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura (OEI), 2003.

BRASIL. **Resolução CNE/CP Nº 2, de 22 de dezembro de 2017**. Institui e orienta a implantação da Base Nacional Comum Curricular. Diário Oficial da União: seção 1. Brasília, [2017]. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/RESOLUCAOCNE_CP222DEDEZEMBRODE2017.pdf. Acesso em: 24 dez. 2019.

BRASIL. **Lei Nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1. Brasília, [1999]. Disponível em: [www.planalto.gov.br › ccivil_03 › leis › l9795](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795). Acesso em: 29 dez. 2019.

BRASIL. **Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1. Brasília, [2010]. Disponível em: [www.planalto.gov.br › ccivil_03 › _ato2007-2010 › lei](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/lei). Acesso em: 29 dez. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda nacional de qualidade ambiental urbana**: Plano de Combate ao Lixo no Mar. Brasília, DF: MMA, 2019. Disponível em:

<https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/plano-nacional-de-combate-ao-lixo-no-mar-pdf/view>. Acesso em: 18 fev. de 2021.

CADORE DEMMER, B.; CESÁRIO PEREIRA, Y. C. Educação ambiental e estudo da paisagem: a percepção para a responsabilidade socioambiental. **Olhar de Professor**, Paraná, v. 14, n. 2, p. 255-272, 2011. Disponível em: <https://www.revistas2.uepg.br/index.php/olhardeprofessor/article/download/3508/2515>. Acesso em: 13 mar. 2020.

CAIXETA, D. S.; CAIXETA, F. C.; MENEZES FILHO, F. C. M. Nano e microplásticos nos ecossistemas: impactos ambientais e efeitos sobre os organismos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, p. 19 – 34, 2018. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2018a/biol/nano.pdf>. Acesso em 27 fev. 2021.

CAMBI, B. **Educação CTS em livros didáticos**: de análise a aproximação com a modelagem matemática. 2015. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

CANGEMI, J. M.; SANTOS, A. M. dos.; NETO, S. C. Biodegradação: uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 22, p. 17-21, 2005. Disponível em: qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a03.pdf Acesso em: 20 de maio, 2019.

CANTO, E. L. **Plástico**: Bem supérfluo ou mal necessário? 3. ed. São Paulo: Moderna, 1995.

CARVALHO, I. C. M. O sujeito ecológico: a formação de novas identidades culturais e a escola. *In*: MELLO, S. S. de.; TRAJBER, R. **Vamos cuidar do Brasil**: conceitos e práticas em educação ambiental na escola. Brasília: UNESCO, 2007. p. 135-142.

CARVALHO, I. C. de M. **Educação ambiental**: A formação do sujeito ecológico. São Paulo: Cortez, 2017. *E-book*.

CARVALHO, I. N. de; CONRADO, D. M.; EL-HANI, C. N.; NUNES-NETO, N. F. Projetos de lei no ensino de ciências: possibilidades para modelagem de questões sociocientíficas. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA, 10., 2015, São Paulo. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: SP, 2015. p. 1 – 8.

CHRISPINO, A. **Introdução aos enfoques CTS – ciência, tecnologia e sociedade – na educação e no ensino**. Documentos de Trabajo de Iberciencia, n.º 4, Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) - Iberciencia, 2017.

COMO fazer plástico de batata (Experiência). Publicado pelo Manual do Mundo. São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LyqyYehL82Y>. Acesso em 08 maio 2019.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **CEMPRE REVIEW 2019**. São Paulo: CEMPRE, 2019. 33 p.

COSTA, S. R.; VALDISSER, C. R. Uma análise do discurso organizacional sob o prisma da responsabilidade socioambiental: O caso SABESP. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 78 – 97, 2015. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/6925/61181eace4eedd9df5d8422e3d49f814c83e.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2019.

CRUZ, B. S. M.; SOUSA, M. L.; FREITAS, A. B. R. Reutilização de plásticos: uma forma de articular a educação ambiental e o ensino de polímeros através de uma feira de Ciências. **Perspectivas da ciência e tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 103 – 121, 2020. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/revistapct/article/view/1645>. Acesso em: 31 jan. 2021.

DALBERG ADVISORS. **Solucionar a poluição plástica**: Transparência e responsabilização. [Suíça: WWF - Fundo Mundial para a Natureza], 2019. Disponível em: https://jornalismosocioambiental.files.wordpress.com/2019/03/plastic_report_02-2019.pdf. Acesso em: 09 fev. 2021.

DEMAJOROVIC, J. **Sociedade de risco e responsabilidade socioambiental**: Perspectivas para a educação corporativa. 2000. 264f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FALCADE-PEREIRA, I. A.; ASINELLI-LUZ, A. A educação socioambiental e o princípio da responsabilidade para estudantes privados de liberdade. **Olhar de professor**, Ponta Grossa, v. 14, n.2, p. 273 – 283, 2011.

FERREIRA, A. P. de L. **Educação ambiental e práticas sustentáveis na educação a distância**. 2017. 143 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão em Educação a Distância) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

FIRME, R. N. **A implementação de uma abordagem CTS (ciência-tecnologia-sociedade) no ensino de química**: um olhar sobre a prática pedagógica. 2007. 203 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

FIRME, R. N. Abordagem ciência-tecnologia-sociedade (CTS) no ensino de ciências: de qual tecnologia estamos falando desde esta perspectiva em nossa prática docente? **Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, Bogotá, v. 15, n. 1, p. 65-82, 2020. Disponível em: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/14300>. Acesso em: 22 fev. 2020.

FONSECA, M. R. M. **Completamente Química**: Química Orgânica. São Paulo: FTD, 2001.

FREITAS, W. P. S. **Abordagem CTS no ensino de Química com o tema plásticos:** Possibilidades e limitações na busca por uma educação para a cidadania. 2015. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, 2015.

GONDIM, M. S.; PINHEIRO, M. D. O caso do tacho de cobre: ações e compreensões de professores de Química em formação e o ensino de CTS. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA*, 9., 2013, São Paulo. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: SP, 2013. p. 1 – 8.

GUIMARÃES, M. Educação ambiental: participação para além dos muros da escola. *In: MELLO, S. S. de.; TRAJBER, R. Vamos cuidar do Brasil: conceitos e práticas em educação ambiental na escola.* Brasília: UNESCO, 2007. p. 85-93.

HAGUETTE, T. M. F. **Metodologias qualitativas na sociologia.** 12. ed. Petrópolis: Vozes, 2010.

HODSON, D. 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.

KRIPKA, R. M. L.; BONOTTO, D. L.; RICTER, L. Observação na pesquisa qualitativa: contribuições e dificuldades em estudo de caso. *In: INVESTIGAÇÃO QUALITATIVA EM EDUCAÇÃO*, 2., 2015. Sergipe. **Anais [...]** Aracaju: Universidade Tiradentes, 2015. p. 234 – 237.

LINSINGEN, I. V. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, São Paulo, v. 1, n. especial, p. 1-16, 2007. Disponível em:
<http://200.133.218.118:3535/ojs/index.php/cienciaeensino/article/download/150/108>. Acesso em: 30 Jan. 2020.

LÓPEZ, J. L. L.; CEREZO, J. A. L. Educación CTS em acción: enseñanza secundaria y universidad. *In: GARCIA, M. I. G.; CEREZO, J. A. L.; LÓPEZ, J. L. (Org.) Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología.* Madrid: Editorial Tecnos, 1996. p. 225-252.

LUZ, R.; QUEIROZ, M. B. A.; PRUDÊNCIO, C. A. V. CTS ou CTSA: O que (não) dizem as pesquisas sobre educação ambiental e meio ambiente? **Alexandria**, Florianópolis, v.12, n.1., p. 31-54, 2019. Disponível em:
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2019v12n1p31>. Acesso em: 13 fev. 2020.

MEMBIELA, P. Una revisión del movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias. *In*: MEMBIELA, P. **Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad**: formación científica para la ciudadanía. Madrid: Narcea, 2002. p. 91-106.

MESSORES, C. M. **Um estudo sobre a educação em ciência, tecnologia e sociedade CTS nas ciências naturais das séries iniciais do Ensino fundamental no contexto da proposta curricular de Santa Catarina PC/SC**. 2009. Dissertação (Mestrado em educação científica e tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

MINAYO, M. C. de S. **Pesquisa social**. Teoria, método e criatividade. 28. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.

MINAYO, M. C. de S. **O desafio do conhecimento**. Pesquisa qualitativa em saúde. 4. ed. São Paulo: Hucitec-Abrasco, 1996.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. 14. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008

MORIN, E. **O método, 2**: a vida da vida. Tradução de Marina Lobo. 2. ed. Porto Alegre: Sulina, 2002.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. Tradução Maria D. Alexandre, Maria Alice Sampaio Dória. 82. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2005.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução Eliane Lisboa. 5. ed. Porto Alegre: Sulina, 2015.

MÜLLER, J. **Educação ambiental**: diretrizes para a prática pedagógica. Porto Alegre: Famurs, 1998.

NAIME, R. Histórico da moderna gestão ambiental. **Ecodebate**. Rio de Janeiro, 15 out. 2012. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2012/10/11/historico-da-gestao-ambiental-artigo-de-roberto-naime/>. Acesso em 25 de dez. 2019.

NASCIMENTO, L. F. Quando a gestão social e a gestão ambiental se encontram. *In*: ENCONTRO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 31., 2007. Rio de Janeiro. **Anais** [...] Rio de Janeiro: RJ, 2007, p. 1 – 9.

NOVA, J. S. V.; FIRME, R. F.; OLIVEIRA, M. M.; SILVEIRA, T. A. Análise de compreensões de licenciandos em química acerca da natureza da ciência sob o olhar da hermenêutica-dialética. *In*: OLIVEIRA, M. M. (Org.) **Dialogicidade e complexidade no processo de análise hermenêutica dialética-interativa**. Recife: Edupe, 2020. p. 51 – 74.

OLIVEIRA, M. C. B. **Gestão de resíduos plásticos pós-consumo: perspectivas para a reciclagem no Brasil**. 2012. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer projetos, relatórios, monografias, dissertações e teses**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011a.

OLIVEIRA, M. M. Complexidade, dialogicidade, círculo hermenêutico no processo de pesquisa e formação de professores. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DE CIÊNCIAS, 8., 2011b. Campinas. **Anais** [...]. Campinas: UEC, 2011b, p. 1 - 13.

OLIVEIRA, M. M. Círculo hermenêutico-dialético como sequência didática interativa. **Revista Brasileira de Estudos Canadenses**, Santa Catarina. v. 11, n. 1, 2011c, p 235 - 251. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/interfaces/article/view/7173>. Acesso em: 12 out. 2019.

OLIVEIRA, M. M. **Sequência didática interativa: no processo de formação de professores**. Petrópolis: Editora vozes, 2013.

OLIVEIRA, M. M. Círculo hermenêutico dialético como carro-chefe da Metodologia Interativa e ferramenta para sequência didática. *In*: COSTA, A. P.; SOUZA, D. N.; SOUZA F. N. (Org.) **Investigação Qualitativa: Inovação, Dilemas e Desafios**. 1. ed. Portugal: Ludomedia, 2014. p. 13 – 37.

OLIVEIRA, L. V.; PIMENTA, A. C. Ciência tecnologia e sociedade na formação inicial de professores de ciências da natureza: o desenho de uma ação didático-formativa. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 3., 2018, Campina Grande. **Anais** [...]. Paraíba, 2018. p. 1-4.

OLIVEIRA, L. V. Em busca de uma teleologia para a educação científica CTS: da consolidação do campo às unidades de ensino. **Actia: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 87-108, 2019. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/9034>. Acesso em: 12 nov. 2019.

OSORIO, C. O. M. La educación científica y tecnológica desde el enfoque em ciencia, tecnología y sociedad: aproximaciones y experiencias para la educación secundaria. **Revista Ibero-Americana de Educação**, Madrid, n. 28, p. 61–81, 2002. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/800/80002803.pdf>. Acesso em 02 fev. 2020.

PIATTI, T. M.; RODRIGUES, R. A. F. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Maceió: EDUFAL, 2005.

PETRAGLIA, I. C. **Edgar Morin: A educação e a complexidade do ser e do saber**. 5. ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

PETRAGLIA, I. C. Sete ideias norteadoras da relação educação/complexidade. *In*: ALMEIDA, C.; PETRAGLIA, I. C. (org.); DIAS, E. D. M.; QUEIROZ, J. J.; LORIERI, M. A. **Estudos de Complexidade**. São Paulo: Xamã, 2006. p. 23 – 35.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 13, n.1, p. 71-84, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132007000100005&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 02 fev. 2020.

PINTO, S. L.; VERMELHO, S. C. S. D. Um panorama do enfoque CTS no ensino de ciências na educação básica no Brasil. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DE CIÊNCIAS, 11., 2017. Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis: SC, 2017, p. 1 - 10.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUAIS são os tipos de plásticos? Publicado pelo Portal eCycle. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rB9GPhOTwFQ> Acesso em 07 fev. 2020.

RIBEIRO, E.; MATOS, E. A. S. A. de; BERTONI, D. A perspectiva epistemológica de Edgar Morin e o ensino de ciência e tecnologia. *In*: Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 5., 2016. Paraná. **Anais [...]** Ponta Grossa: PR, 2016, p. 1 - 8.

ROSENTHAL, D. B. Two approaches to science – technology – society (STS) education. **Science Education**, v. 73, n. 5, p. 581-589, 1989. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com › pdf › sce.3730730506>. Acesso em: 01 fev. 2020.

SALLES, V. O.; MATOS, E. A. S. A. A Teoria da Complexidade de Edgar Morin e o ensino de ciência e tecnologia. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br › rbect › article › download › pdf>. Acesso em: 07 fev. 2020

SANTOS, M. E. N. V. M. **Desafios pedagógicos para o século XXI: suas raízes em forças de mudança de natureza científica, tecnológica e social**. Lisboa: Editora Novo Horizonte, 1999.

SANTOS, W. L. P. Significados da educação científica com enfoque CTS. *In*: SANTOS, W. L. P. e AULER, D. (Orgs.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília: Editora UnB, 2011. p. 21-47.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para a ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n.1, p. 95-111,

2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n1/07.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2019.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (ciência-tecnologia-sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio**, Belo Horizonte, v.2, p.133-162, 2002.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coords.) **Química cidadã**: Volume 3. 2. ed. São Paulo: Editora AJS, 2013.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química**: Compromisso com a cidadania. 4. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

SANTOS, D. C. S.; OLIVEIRA, M. M. Novo paradigma na formação docente: neotecnicismo *versus* sequência didática Interativa. *In*: OLIVEIRA, M. M. (Org.) **Experiências exitosas com sequências didáticas interativas**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 41 - 65.

SÉRIE JR: veja como o plástico do lixo ameaça a vida dos animais marinhos. Produção do Jornal da Record. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RjLEK-kg24U&t=348s>. Acesso em 08 maio 2019.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, C. O.; SANTOS, G. M.; SILVA, L. N. A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: estudo de caso. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 2683 – 2689, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/index.php/reget/article/view/8248>. Acesso em 19 Jan. 2021.

SILVA, S. N.; EL-HANI, C. N. A abordagem do tema ambiente e a formação do cidadão socioambientalmente responsável. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 2, p. 225 – 234, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4363/2929>. Acesso em 02 Mar. 2021.

SILVEIRA, T. A.; GOMES, J. L. de A. M. C.; SILVA, I. M.; JÓFILLI, Z. CARNEIRO-LEÃO, A. M. dos A. Concepções do conceito de *mol* trabalhadas com aplicação da sequência didática interativa no ensino superior. *In*: OLIVEIRA, M. M. (Org.) **Experiências exitosas com sequências didáticas interativas**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 267 – 292.

SOCIEDADE AMERICANA QUÍMICA. **Química para um futuro sustentável**. Tradução: Ricardo Bicca de Alencastro. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. *E-book*.

SOUZA, F. L.; MACÊDO, F. C. S. O ensino de química e as bases epistemológicas subjacentes da abordagem CTS. In: GONÇALVES, T. V. O.; MACÊDO, F. C. S.; SOUZA, F. L. (Org.) **Educação em ciências e matemáticas: Debates contemporâneos sobre ensino e formação de professores**. Porto Alegre: Penso, 2015. p. 231-237.

TEIXEIRA, F. M. Uma análise das implicações sociais do ensino de ciências no Brasil dos anos 1950-1960. **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 12, n. 2, p. 269-286, 2013. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen12/reec_12_2_3_ex692.pdf. Acesso em: 19 dez. 2019.

TEIXEIRA, M. A radiografia da mancha de óleo no litoral do estado. **Diário de Pernambuco**, Recife, 30 out. 2019. Disponível em: <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2019/10/a-radiografia-da-mancha-de-oleo-no-litoral-do-estado.html>. Acesso em: 21 jan. 2020.

TIRIBA, L. Reinventando relações entre seres humanos e natureza nos espaços de educação infantil. In: MELLO, S. S. de.; TRAJBER, R. **Vamos cuidar do Brasil: conceitos e práticas em educação ambiental na escola**. Brasília: UNESCO, 2007. p. 219-228.

VOICHICOSKI, M. S. R.; MORALES, A. G. M. Percepção dos alunos sobre sua responsabilidade frente ao problema do lixo. In: Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2., 2010. Paraná. **Anais [...]** Ponta Grossa: PR, 2010, p. 1 – 16.

VIEIRA, R. M.; TENREIRO-VIEIRA, C.; MARTINS, I. P. **A educação em ciências com orientação CTS: atividades para o ensino básico**. Porto: Areal editores, 2011.

WAKS, L. J. The responsibility spiral: A curriculum framework for STS education. **Theory into practice**, v.31 (1), p.13-19, dez. 1992. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf> Acesso em: 10 Jul. 2019.

WAKS, L. J. Filosofía de la educación en CTS. ciclo de responsabilidad y trabajo comunitario. In: ALONSO, A.; AYESTANRÁN, I.; URSÚA, N. (Coords). **Para comprender ciencia, tecnología y sociedad**. Navarra: Editora Verbo Divino, 1996.

ZANIN, M.; MANCINI, S. D. **Resíduos plásticos e reciclagem: Aspectos gerais e tecnologia**. São Carlos: EdUFSCar, 2004.

ZOLLER, U. Decision-making in future science and technology curricula. **European journal of science education**, v.4, n.1, p.11-7, 1982. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0140528820040103>. Acesso em: 14 nov. 2019.

APÊNDICE A – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido



UFRPE

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PARA MENORES DE 7 a 18 ANOS)

Convidamos você _____, após autorização dos seus pais [ou dos responsáveis legais] para participar como voluntário (a) da pesquisa: análise de uma intervenção didática na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) voltada à temática dos resíduos plásticos e à responsabilidade socioambiental. Esta pesquisa é da responsabilidade do pesquisador José Elivelton Gomes de Oliveira, residente na rua sete de setembro, Nº 09 – CEP: 54490077 em Barra de Jangada/Jaboatão dos Guararapes – PE, contatos pelo (81) 986462465 (inclusive ligações a cobrar) e pelo e-mail eliveltongomesoliveira@yahoo.com.br. Mas também, está sob a orientação de Ruth do Nascimento Firme Telefone: (81) 987121210, e-mail ruthquimica.ufrpe@gmail.com.

Você será esclarecido (a) sobre qualquer dúvida com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via deste termo lhe será entregue para que seus pais ou responsável possam guardá-la e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu. Para participar deste estudo, um responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento, podendo retirar esse consentimento ou interromper a sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem nenhum prejuízo.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

➤ **Descrição da pesquisa:** Considerando a urgência em se discutir a problemática socioambiental acerca dos resíduos plásticos com estudantes do ensino médio, esta pesquisa tem como objetivo analisar as contribuições e limitações de uma intervenção didática na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) voltada à temática dos resíduos plásticos e à responsabilidade socioambiental. Para tanto, será desenvolvido uma intervenção didática, tendo como fundamentação as cinco fases da espiral de responsabilidade de Waks (autocompreensão, estudo e reflexão, tomada de decisão, ação responsável, integração), elaborada a partir de cinco aulas de 100min, na qual os participantes da pesquisa:

- Vivenciarão duas sequências didáticas interativas onde poderão dialogar sobre a relação dos resíduos plásticos com os impactos socioambientais e como nossas atitudes influencia nessa relação (aula nº 01 de autocompreensão, com o seguinte questionamento: “De que maneira os polímeros sintéticos, como, os plásticos, estão presentes no seu cotidiano? Você vê alguma relação entre estes e a poluição ambiental? Por quê?” e aula nº 05 de integração, com o seguinte questionamento: “Quais os valores pessoais, sociais, políticos, éticos e estéticos poderiam ser considerados nas ações propostas que visam minimizar os impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos? De que maneiras nossas atitudes influenciam no meio ambiente ou podem minimizar tais impactos?”);

- Participarão da aula expositiva dialogada (aula nº 02 de estudo e reflexão) sobre os aspectos científicos, tecnológicos e socioambientais envolvendo os resíduos plásticos, por meio da exibição de alguns vídeos didáticos e de uma reportagem, da apresentação em PowerPoint realizada pelo pesquisador, e da leitura de um artigo científico intitulado por: “Biodegradação: uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos”.

- Irão dialogar e tomar uma decisão, a partir do seguinte questionamento: “Dentre as possíveis soluções para a problemática dos resíduos plásticos, quais seriam as mais favoráveis para o meio ambiente: a redução do consumo de descartáveis, a reciclagem e/ou a biodegradação, etc.? Quais são as vantagens e as desvantagens?”, que será conduzido por seis passos: opções, critérios, informação, pesquisa, escolha, e revisão (aula nº 03 de tomada de decisão);

- Planejarão algumas ações responsáveis (aula nº 04 de ações responsáveis) a partir do questionamento: “No caso do uso de plásticos, o que você poderia fazer, a nível individual e coletivo, para minimizar a poluição ambiental? Proponha uma ação responsável que poderia ser feita na escola e/ou em casa”.

- **Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa:** A pesquisa será realizada no segundo semestre de 2020 entre os meses de novembro e dezembro, perfazendo um total de 6 encontros presenciais.
- **RISCOS diretos para o voluntário:** Os possíveis riscos decorrentes da participação dos sujeitos de pesquisa são: exposição, estigmatização, divulgação de informações ou imagens, e intromissão da privacidade. Contudo, ressaltamos que a identidade dos participantes não será divulgada, asseguramos à confidencialidade dos dados, à proteção da imagem, estando sempre atentos aos sinais verbais e não verbais de desconforto (olhar de negação ou gestos sinalizando recusas) durante a realização da intervenção, caso seja percebido esses sinais, o pesquisador entrará em contato com o(s) sujeito(s) de pesquisa para melhor compreendê-lo(s) e juntos poderão traçar alternativas (tais como: mudança de grupo durante as atividades, desvio do foco da videogravação) para evitar maiores desconfortos e/ou estigmatização. Além disso, devido ao cenário atual que se encontra em estado de pandemia pela Covid-19, também existe a exposição aos riscos de contaminação pelo coronavírus. Contudo, ressaltamos nosso compromisso em seguir os protocolos de segurança estabelecidos pela secretaria de educação de Pernambuco, tais como o distanciamento de pelo menos 1,5 metro em sala de aula durante a intervenção; utilização do gel antisséptico 70% para higienização das mãos, e da máscara de tecido facial.
- **BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários:** Após o desenvolvimento da intervenção didática espera-se que possíveis benefícios sejam emersos, tais como: Mudanças na compreensão sobre os impactos socioambientais dos resíduos plásticos, nos valores pessoais, sociais, éticos, estéticos e políticos, promovendo, assim, um possível amadurecimento e/ou desenvolvimento da responsabilidade socioambiental pelos participantes da pesquisa; Contribuições para o ensino de ciências e para as publicações científicas na área de Ciência, Tecnologia e Sociedade voltada à temática da responsabilidade socioambiental e aos resíduos plásticos; Além disso, será garantido o acesso, pelos sujeitos de pesquisa, aos procedimentos, produtos, e também aos resultados desta pesquisa, no decorrer e após sua conclusão.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do/a voluntário (a). Os dados coletados nesta pesquisa (gravações, fotos, filmagens, etc.), ficarão armazenados em pastas de arquivo e computador pessoal, sob a responsabilidade de José Elivelton Gomes de Oliveira e Ruth do Nascimento Firme, no endereço acima informado, pelo período mínimo de 05 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFRPE no endereço: Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900 Telefone: (81) 3320.6638 / e-mail: cep@ufrpe.br (1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE, ao lado da Secretaria Geral dos Conselhos Superiores). Site: www.cep.ufrpe.br .

Assinatura do pesquisador

ASSENTIMENTO DO(DA) MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR COMO VOLUNTÁRIO(A)

Eu, _____, portador (a) do documento de Identidade _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo análise de uma intervenção didática na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) voltada à temática dos resíduos plásticos e à responsabilidade socioambiental, como voluntário (a). Fui informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, o que vai ser feito, assim como os possíveis riscos e benefícios que podem acontecer com a minha participação. Foi-me garantido que posso desistir de participar a qualquer momento, sem que eu ou meus pais precise pagar nada.

Local e data _____

Assinatura do (da) menor: _____

Presenciamos a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do/a voluntário/a em participar. 02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)**

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa (análise de uma intervenção didática na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) voltada à temática dos resíduos plásticos e à responsabilidade socioambiental), que está sob a responsabilidade do pesquisador José Elivelton Gomes de Oliveira, residente na rua sete de setembro, Nº 09 – CEP: 54490077 em Barra de Jangada/Jaboatão dos Guararapes – PE, contatos pelo (81) 986462465 (inclusive ligações a cobrar) e pelo e-mail eliveltongomesoliveira@yahoo.com.br. Mas também, está sob a orientação de Ruth do Nascimento Firme telefone: (81) 987121210, e-mail ruthquimica.ufrpe@gmail.com

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

- **Descrição da pesquisa:** Considerando a urgência em se discutir a problemática socioambiental acerca dos resíduos plásticos com estudantes do ensino médio, esta pesquisa tem como objetivo analisar as contribuições e limitações de uma intervenção didática na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) voltada à temática dos resíduos plásticos e à responsabilidade socioambiental. Para tanto, será desenvolvido uma intervenção didática, tendo como fundamentação as cinco fases da espiral de responsabilidade de Waks (autocompreensão, estudo e reflexão, tomada de decisão, ação responsável, integração), elaborada a partir de cinco aulas de 100min, na qual os participantes da pesquisa:
 - Vivenciarão duas sequências didáticas interativas onde poderão dialogar sobre a relação dos resíduos plásticos com os impactos socioambientais e como nossas atitudes influencia nessa relação (aula nº 01 de autocompreensão, com o seguinte questionamento: “De que maneira os polímeros sintéticos, como, os plásticos, estão presentes no seu cotidiano? Você vê alguma relação entre estes e a poluição ambiental? Por quê?” e aula nº 05 de integração, com o seguinte questionamento: “Quais os valores pessoais, sociais, políticos, éticos e estéticos poderiam ser considerados nas ações propostas que visam minimizar os impactos socioambientais provocados pelos resíduos plásticos? De que maneiras nossas atitudes influenciam no meio ambiente ou podem minimizar tais impactos?”);
 - Participarão da aula expositiva dialogada (aula nº 02 de estudo e reflexão) sobre os aspectos científicos, tecnológicos e socioambientais envolvendo os resíduos plásticos, por meio da exibição de alguns vídeos didáticos e de uma reportagem, da apresentação em PowerPoint realizada pelo pesquisador, e da leitura de um artigo científico intitulado por: “Biodegradação: uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos”.
 - Irão dialogar e tomar uma decisão, a partir do seguinte questionamento: “Dentre as possíveis soluções para a problemática dos resíduos plásticos, quais seriam as mais favoráveis para o meio ambiente: a redução do consumo de descartáveis, a reciclagem e/ou a biodegradação, etc.? Quais são as vantagens e as desvantagens?”, que será conduzido por seis passos: opções, critérios, informação, pesquisa, escolha, e revisão (aula nº 03 de tomada de decisão);
 - Planejarão algumas ações responsáveis (aula nº 04 de ações responsáveis) a partir do questionamento: “No caso do uso de plásticos, o que você poderia fazer, a nível individual e coletivo, para minimizar a poluição ambiental? Proponha uma ação responsável que poderia ser feita na escola e/ou em casa”.
- **Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa:** A pesquisa será realizada no segundo semestre de 2020 entre os meses de novembro e dezembro, perfazendo um total de 6 encontros presenciais.
- **RISCOS diretos para o voluntário:** Os possíveis riscos decorrentes da participação dos sujeitos de pesquisa são: exposição, estigmatização, divulgação de informações ou imagens, e intromissão da privacidade. Contudo,

ressaltamos que a identidade dos participantes não será divulgada, asseguramos à confidencialidade dos dados, à proteção da imagem, estando sempre atentos aos sinais verbais e não verbais de desconforto (olhar de negação ou gestos sinalizando recusas) durante a realização da intervenção, caso seja percebido esses sinais, o pesquisador entrará em contato com o(s) sujeito(s) de pesquisa para melhor compreendê-lo(s) e juntos poderão traçar alternativas (tais como: mudança de grupo durante as atividades, desvio do foco da videogravação) para evitar maiores desconfortos e/ou estigmatização. Além disso, devido ao cenário atual que se encontra em estado de pandemia pela Covid-19, também existe a exposição aos riscos de contaminação pelo coronavírus. Contudo, ressaltamos nosso compromisso em seguir os protocolos de segurança estabelecidos pela secretaria de educação de Pernambuco, tais como o distanciamento de pelo menos 1,5 metro em sala de aula durante a intervenção; utilização do gel antisséptico 70% para higienização das mãos, e da máscara de tecido facial.

➤ **BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários:** Após o desenvolvimento da intervenção didática espera-se que possíveis benefícios sejam emersos, tais como: Mudanças na compreensão sobre os impactos socioambientais dos resíduos plásticos, nos valores pessoais, sociais, éticos, estéticos e políticos, promovendo, assim, um possível amadurecimento e/ou desenvolvimento da responsabilidade socioambiental pelos participantes da pesquisa; Contribuições para o ensino de ciências e para as publicações científicas na área de Ciência, Tecnologia e Sociedade voltada à temática da responsabilidade socioambiental e aos resíduos plásticos; Além disso, será garantido o acesso, pelos sujeitos de pesquisa, aos procedimentos, produtos, e também aos resultados desta pesquisa, no decorrer e após sua conclusão.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do/a voluntário (a). Os dados coletados nesta pesquisa (gravações, fotos, filmagens, etc.), ficarão armazenados em pastas de arquivo e computador pessoal, sob a responsabilidade de José Elivelton Gomes de Oliveira e Ruth do Nascimento Firme, no endereço acima informado, pelo período mínimo de 05 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFRPE no endereço: Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900 Telefone: (81) 3320.6638 / e-mail: cep@ufrpe.br (1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE, ao lado da Secretaria Geral dos Conselhos Superiores). Site: www.cep.ufrpe.br .

(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado pela pessoa por mim designada, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo (análise de uma intervenção didática na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) voltada à temática dos resíduos plásticos e à responsabilidade socioambiental), como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Por solicitação de _____, que é (deficiente visual ou está impossibilitado de assinar), eu _____ - _____ assino o presente documento que autoriza a sua participação neste estudo.

Local e data _____

Assinatura

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura: