CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

QUÍMICA VERDE POR MEIO DA ABORDAGEM CTS: A CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DE UMA DISCIPLINA EM UM CURSO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Júlia Damazio Bouzon

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutora em Ciência, Tecnologia e Educação.

Orientador: Alvaro Chrispino
Coorientador: Peter Seidl (UFRJ)

Rio de Janeiro
Novembro de 2022

QUÍMICA VERDE POR MEIO DA ABORDAGEM CTS: A CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DE UMA DISCIPLINA EM UM CURSO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciência, Tecnologia e Educação.

Júlia Damazio Bouzon

Banca Examinadora:

_____

Presidente, Professor Dr. Alvaro Chrispino (CEFET/RJ) (orientador)

_____

Professor Dr. Peter Seidl (UFRJ) (coorientador)

_____

Professora Dra. Marilei Casturina Mendes Sandri (UEPG)

_____

Professor Dr. Jorge Cardoso Messeder (IFRJ)

_____

Professor Dra. Taís Conceição dos Santos (CEFET/RJ)

_____

Professor Dr. Marco Antonio Barbosa Braga (CEFET/RJ)

Rio de Janeiro
Novembro de 2022

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

B782 Bouzon, Júlia Damazio
Química verde por meio da abordagem CTS: a construção e aplicação de uma disciplina em um curso de formação de professores / Júlia Damazio Bouzon. — 2022.
269f. : + apêndice : il. color. , enc.

Tese (Doutorado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2022.
Bibliografia: f. 254-269
Orientador: Alvaro Chrispino
Coorientador: Peter Seidl

1. Química ambiental. 2. Ciência, Tecnologia, Sociedade. 3. Professores – Formação. I. Chrispino, Alvaro (Orient.). II. Seidl, Peter. (Coorient.). III. Título.

CDD 660

Elaborada pela bibliotecária Tania Mello – CRB/7 nº 5507/04

Dedico este trabalho a todos os alunos que já passaram em minha vida e aos que ainda passarão: por me fazerem enxergar que a Química vai muito além da sala de aula, e por me inspirarem a ser sempre um ser humano e uma professora melhor.

Dedico, ainda, ao Professor Peter R. Seidl, por proporcionar a minha imersão no mundo da Química Verde.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, sempre, a Deus. Permanecer dois dos quatro anos de doutorado em plena pandemia, sem poder sair de casa, ver meus amigos, por muitas vezes minha família, sem poder ter um lazer, não foi fácil. Se cheguei aqui, foi através da minha fé e das nossas conversas.

No plano terrestre, muitas foram as pessoas que também me incentivaram ao longo desses anos. Aos meus pais, Sheila e Manoel, e irmãos, Paula e Lucas, junto aos meus cunhados, Gab e Su, o meu muito obrigada por serem o verdadeiro significado de família. Sem vocês, não existiria a Júlia que sou hoje.

Ao meu noivo, Caio, e ao nosso doguinho Bohr, eu nem sei como agradecer. Passamos por todos os altos e – muitos – baixos dessa pandemia, sem exceção, juntos. E quando achamos que teríamos nosso momento de glória, veio o inesperado em forma de tsunami. Obrigada por segurar o Bohr e furar essa onda comigo, tentando me mostrar que é só mais uma marola que iremos atravessar juntos. Obrigada por trazer serenidade (literalmente) durante esses quatro anos.

Agradeço aos meus amigos que entenderam as ausências e surtos que não foram poucos. Mais do que isso, agradeço a quem sempre escolheu incentivar e permanecer. Minha dupla, gentilmente chamada de Cosme e Damião (ou Brittany e Tiffany), quem me colocou nessa jornada, encarou os dias infinitos de escrita de artigos, oficinas e workshops, parceira de gargalhadas, choros e copos. Obrigada por tanto, Ju! Que a gente siga sempre nessa parceria leve e colhendo os frutos que a gente plantou de forma honesta, sem passar por cima de ninguém.

Não acredito em encontros ao acaso. Com o Alvaro não poderia ser diferente. Mais do que um orientador, Alvaro sempre foi um guru na minha vida. Desde o primeiro e-mail trocado, sem nunca ter me olhado, ele perguntou: você está bem? Está feliz? E isso ele também sempre soube reconhecer no meu olhar ou no abraço que é orientação, aconchego e lar. Obrigada por ter sido professor, orientador, inspiração, amigo. Sorte tem quem esbarra em você pelo caminho e aprende TANTO. Não só CTS, mas também como ser um ser humano melhor.

Agradeço, ainda, ao professor Peter, coorientador deste trabalho, por todo ensinamento desde o início e por ter feito eu mergulhar de cabeça no mundo da Química Verde. Foi uma oportunidade única e a qual serei eternamente grata!

Aos membros da banca, pelo olhar cuidadoso e respeitoso com meu texto e pesquisa, pelas aulas, seja na qualificação, ao longo do curso, ou nos textos inspiradores que já produziram, o meu MUITO obrigada! Agradeço, de maneira especial e com um abraço solidário, à professora Marilei que, apesar de não ter participado da qualificação, se dispôs a um encontro virtual para contribuir enormemente com a pesquisa.

Agradeço ao Colégio Pedro II por ser minha casa desde 1995, enquanto aluna. Foi nessa casa que pude desenvolver meu senso crítico, fazer bons amigos, e retornar para formar novos alunos, o que me permitiu fazer essa pesquisa. Obrigada aos professores e colegas que lá me fazem aprender e evoluir. Obrigada, mais uma vez e principalmente aos alunos que já passaram por mim, e aos que ainda passarão, por me ajudarem a sempre repensar minha maneira de ensinar e ser alguém melhor.

Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas que já tem a forma do nosso corpo, e esquecer os nossos caminhos que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos.

Fernando Teixeira de Andrade

RESUMO

Desde o século XVIII, com o advento da Revolução Industrial, é possível notar uma crise ambiental resultante da relação do homem com a natureza, nem sempre harmoniosa. A indústria química, até o século XX, corroborou com esse cenário, a partir da concepção linear de ciência, e dos avanços tecnológicos e científicos que eram feitos sem precedentes. Foi então que, após o acidente de Bophal, em 1984, surgiu a necessidade de um olhar mais cauteloso sobre os processos químicos. Nesse sentido, em 1998, Paul Anastas e John Warner apresentaram o conceito de Química Verde (QV), que visa a apropriação de uma série de princípios para reduzir ou eliminar tanto a geração quanto o uso de substâncias prejudiciais ao ser humano e ao meio ambiente. Apesar de inicialmente ter enfoque industrial, é importante que os conceitos da filosofia verde sejam disseminados para as diversas áreas do conhecimento, incluindo o ensino básico. No entanto, raras são as Instituições de Ensino Superior que incluem esse debate em cursos de licenciatura, refletindo em um ensino centrado essencialmente em conteúdos científicos. É importante que professores formem alunos críticos e capazes de entender sobre a relação da tecnologia e da ciência como parte da sociedade, objetivo central da Abordagem CTS (Ciência, Tecnologia, Sociedade). Com isso, esse trabalho teve como objetivo criar e aplicar, em dois anos distintos, uma disciplina que trabalha conceitos de QV em um curso de Especialização em Ensino de Química a partir da abordagem CTS. A construção da disciplina buscou contemplar as referências primárias de QV e CTS para que os cursistas, ao final, indicassem uma proposta de inserção no ensino básico, que foi posteriormente categorizada. A partir do Estudo de Caso, pretendeu-se analisar como a disciplina influencia na mudança de pensamento dos cursistas. Para tal, foram aplicadas 10 perguntas do PIEARCTS (Projeto Ibero-americano de Avaliação de Atitudes Relacionadas com Ciência, Tecnologia e Sociedade) e um questionário sobre conceitos de QV. Além disso, uma autoavaliação foi feita ao final da disciplina, bem como uma entrevista um ano após o término dela a fim de saber se algo havia mudado nas práticas docentes. Os resultados apontam que as médias finais do PIEARCTS melhoraram em relação às iniciais nas duas aplicações, o que foi corroborado nas autoavaliações, quando consideraram que houve mudança de crenças e atitudes relacionadas à ciência e à tecnologia. Ademais, os conceitos de QV trazidos nos questionários foram ampliados, e a maioria das propostas apresentou um viés sociocientífico ou, ainda, crítico-reflexivo, evidenciando que se afastam do conhecimento estritamente disciplinar. Após os questionários com cursistas egressos, foi possível apontar que a disciplina impactou na prática docente deles, já que todos os respondentes afirmaram se utilizar dos conceitos de QV a partir da abordagem CTS, mesmo depois do fim dela. Dessa forma, o trabalho visa contribuir para a consolidação desta área em diversos níveis de ensino, inclusive no básico, para que mais estudantes sejam formados sob a ótica de uma educação sobre as relações entre a Química, a tecnologia, a sociedade e o ambiente.

Palavras-chave: Química Verde; Abordagem CTS; Formação de Professores.

ABSTRACT

Since the advent of the Industrial Revolution in the eighteenth century, it has been possible to notice an environmental crisis resulting from the relationship between man and nature, which is not always harmonious. Until the twentieth century, the chemical industry corroborated this scenario from the linear conception of science and the technological and scientific advances made without precedent. It was then, after the Bhopal accident in 1984, that the need for a more cautious look at chemical processes arose. In this sense, in 1998, Paul Anastas and John Warner presented the concept of Green Chemistry (GC), which aims to appropriate a series of principles to reduce or eliminate both the generation and the use of substances that are harmful to humans and the environment. Despite initially having an industrial focus, it is vital that the concepts of green philosophy be disseminated to various areas of knowledge, including primary education. However, few universities include this debate in undergraduate courses, reflecting an education focused on scientific content. It is crucial that teachers train critical students who can understand the relationship between technology and science as part of society, a central goal of the STS (Science, Technology, Society) approach. Therefore, this work aimed to create and apply, in two different years, a course that works GC concepts in a Specialization course in Chemistry Teaching based on the STS approach. The construction of the course sought to contemplate the primary references of GC and STS so that the students could, in the end, indicate a proposal for insertion in primary education, which was later categorized. From the Case Study, we intended to analyze how the course influences the change in the course participants' thinking. To this end, we applied ten questions from the PIEARCTS (Ibero-American Project for the Evaluation of Attitudes Relating to Science, Technology, and Society) and a questionnaire on GC concepts. In addition, a self-evaluation was done at the end of the course and an interview one year after the end of the course to find out if anything had changed in the teaching practices. The results indicate that the final PIEARCTS averages improved in relation to the initial ones in both applications, which was corroborated in the self-assessments when they considered that there was a change in beliefs and attitudes related to science and technology. Moreover, the concepts of GC brought in the questionnaires were expanded, and most of the proposals had a social-scientific or critical-reflective bias, showing that they moved away from strictly disciplinary knowledge. After the questionnaires with the former students, it was possible to point out that the course had an impact on their teaching practice since all respondents said they use the concepts of GC from the STS approach, even after the course was over. Thus, the work aims to contribute to the consolidation of this area at various levels of education, including primary education, so that more students are trained from an education perspective about the relationships between chemistry, technology, society, and the environment.

Keywords: Green Chemistry; STS Approach; Teachers’ Education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Aplicação de DDT em humanos 21

Figura 2 – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável 34

Figura 3 – Esquema da Economia Circular 45

Figura 4 – Fases da ACV 51

Figura 5 – *QR Code* Mapa Global 54

Figura 6 – *QR Code* Calculadora de PE 55

Figura 7 – Dia de Sobrecarga da Terra por país no ano de 2022 56

Quadro 1 – Critérios para avaliação dos princípios da QV na confecção do círculo verde 59

Quadro 2 – Critérios para avaliação dos riscos e perigos para construção do círculo verde 60

Quadro 3 – Critérios e pontuações para a confecção da Estrela Verde 61

Quadro 4 – Dimensões de análise interna para construção da matriz verde 63

Quadro 5 – Dimensões de análise externa para construção da matriz verde 65

Quadro 6 – Esquema ilustrativo da matriz verde 66

Figura 8 – Questão do ENEM 2015 75

Figura 9 – Rede social de palavras-chave de Química Verde 78

Figura 10 – Rede social de autores de Química Verde 79

Quadro 7 – Obras mais referenciadas nos 31 artigos de ensino de QV 79

Gráfico 1 – Publicações de QV por ano 82

Figura 11 – Rede social de palavras-chave de Química Verde atualizada 83

Quadro 8 – Comparação entre ensino tradicional e ensino CTS 90

Quadro 9 – Categorias CTS para o ensino 92

Quadro 10 – Divisão de temas do COCTS 105

Figura 12 – Rede social de palavras-chave de ensino de Química 108

Figura 13 – Rede social de autores de ensino de Química 110

Quadro 11 – Referências mais citadas no ensino de Química 111

Quadro 12 – Atualização das referências mais citadas no ensino de Química 114

Quadro 13 – Índice de concordância do PIEARCTS 121

Figura 14 – Tetraedro de Sjöström 124

Figura 15 – Tetraedro para o ensino de QV 125

Quadro 14 – Critérios estabelecidos para os modelos de categorização 127

Quadro 15 – Categorização dos trabalhos propostos em 2019 161

Figura 16 – Tetraedro inserindo os trabalhos de 2019 163

Gráfico 2 - Opinião dos discentes a respeito da aplicação de QV no Ensino Básico em 2019 169

Quadro 16 – Resultados do PIEARCTS 2019 176

Gráfico 3 – Resultado das questões do PIEARCTS 2019 178

Figura 17 – Esquema da questão 30111 do PIEARCTS 180

Quadro 17 – Categorização dos trabalhos propostos em 2021 215

Figura 18 – Tetraedro inserindo os trabalhos de 2021 217

Gráfico 4 – Opinião dos discentes a respeito da aplicação de QV no Ensino Básico em 2021 222

Quadro 18 – Resultados do PIEARCTS 2021 228

Gráfico 5 – Resultado das questões do PIEARCTS 2021 230

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise temática sobre o conceito de QV, de acordo com o pré-teste da turma de 2019 165

Tabela 2 - Análise temática sobre o conceito de QV, de acordo com o pós-teste da turma de 2019 167

Tabela 3 - Análise temática para a justificativa da não implementação da QV no Ensino Básico, de acordo com o pré-teste da turma de 2019 170

Tabela 4 - Análise temática para a justificativa da implementação da QV no Ensino Básico, de acordo com o pré-teste da turma de 2019 172

Tabela 5 - Análise temática para a justificativa da implementação da QV no Ensino Médio, de acordo com o pós-teste da turma de 2019 174

Tabela 6 – Análise das autoavaliações da turma de 2019 184

Tabela 7 – Análise temática sobre o conceito de QV, de acordo com o pré-teste da turma de 2021 218

Tabela 8 – Análise temática sobre o conceito de QV, de acordo com o pós-teste da turma de 2021 220

Tabela 9 – Análise temática para a justificativa da não implementação da QV no Ensino Básico, de acordo com o pré-teste da turma de 2021 222

Tabela 10 – Análise temática para a justificativa da implementação da QV no Ensino Básico, de acordo com o pré-teste da turma de 2021 223

Tabela 11 – Análise temática para a justificativa da implementação da QV no Ensino Básico, de acordo com o pós-teste da turma de 2021 225

Tabela 12 – Análise das autoavaliações da turma de 2021 237

Tabela 13 – Análise dos questionários dos cursistas egressos da turma de 2019 240

Tabela 14 – Análise dos questionários dos cursistas egressos da turma de 2021 244

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DDT	Dicloro-difenil-tricloroetano
QA	Química Ambiental
CCPA	Associação de Produtores Químicos do Canadá
EUA	Estados Unidos da América
EPA	*Environmental Protection Agency*
QV	Química Verde
PPC	Projetos Pedagógicos de Curso
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UFF	Universidade Federal Fluminense
IFRJ	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
PIEARCTS	Programa Ibero-Americano de Avaliação de Atitudes Relacionadas com a Ciência, Tecnologia e Sociedade
ONU	Organização das Nações Unidas
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONG	Organização Não governamental
Fator E	*Environmental factor*
EC	Economia Circular
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ISO	International Organization for Standardization
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PE	Pegada Ecológica
COVID-19	Doença do Coronavírus

PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
FISPQ	Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos
IPE	Índice de Preenchimento da Estrela
SWOT	*Strenghts, Weakness, Opportunities, Threats*
CONaSQ	Comissão Nacional de Segurança Química
AIChE/CCPS	*The Global Home of Chemical Engineers/Center for Chemical Process Safety*
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
ENEM	Exame Nacional de Ensino Médio
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
PNEA	Política Nacional de Educação Ambiental
CEFET/RJ	Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa do Ensino Superior
IUPAC	*International Union of Pure and Applied Chemistry*
ACT	Alfabetização Científico-Tecnológica
LoRST	*Logical Reasoning on Science and Technology*
NCeT	Natureza da Ciência e da Tecnologia
VOSTS	*Views on Sciente, Technology and Society*
TBA-STS	*Teacher's Belief about Science-Technology-Society*
COCTS	*Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad*
EJA	Educação de Jovens e Adultos
USP	Universidade de São Paulo
ECTS	Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade
EDS	Educação para o Desenvolvimento Sustentável
CNE	Conselho Nacional de Educação
AS	Ator social

PIB	Produto Interno Bruto
EPI	Equipamento de Proteção Individual
PNLD	Plano Nacional do Livro Didático
ENEQ	Encontro Nacional de Ensino de Química
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Cap UERJ	Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira

SUMÁRIO

Apresentação **18**

1. Introdução **20**

1.1. Perguntas norteadoras da pesquisa 28

1.2. Organização do trabalho 29

2. Aportes teóricos da Química Verde **31**

2.1. Dos eventos ao conceito de Química Verde 31

2.2. Os doze princípios da Química Verde 38

2.3. Conceitos que contribuem para que a filosofia verde não se atenha à indústria 43

2.4. O ensino de Química Verde 70

2.4.1. O que a legislação prevê 70

2.4.2. Mapeamento de publicações de Química Verde no Brasil 77

3. Aportes teóricos da tríade Ciência – Tecnologia – Sociedade **86**

3.1. Movimento CTS e a relação com a educação 86

3.2. Educação CTS 89

3.2.1. A técnica da controvérsia controlada 96

3.2.2. Dilemas morais e o ensino 100

3.3. O PIEARCTS 103

3.4. O ensino de Química e o ensino CTS brasileiro 107

4. Metodologia **116**

4.1. A pesquisa 116

4.2. A técnica da pesquisa – Estudo de Casos 117

4.3. Análise de conteúdo dos questionários aplicados 119

4.4. A técnica do PIEARCTS 121

4.5. Categorização dos trabalhos propostos pelos cursistas 124

5. Estrutura geral do curso de Especialização 129

6. A primeira intervenção 133

6.1. Como os encontros aconteceram 134

6.2. Trabalhos propostos na disciplina 152

6.2.1. Categorização dos trabalhos 160

6.3. Análise dos testes de Química Verde da turma de 2019 164

6.4. Análise dos testes do PIEARCTS da turma de 2019 176

6.5. Análise das autoavaliações 183

7. A segunda intervenção 186

7.1. O que mudou da primeira intervenção? Como aconteceu? 188

7.2. Trabalhos propostos na disciplina 204

7.2.1. Categorização dos trabalhos apresentados 215

7.3. Análise dos testes de QV 218

7.4. Análise dos testes do PIEARCTS 227

7.5. Análise das autoavaliações 236

8. O que aconteceu após a disciplina 240

9. Considerações finais 247

10. Referências Bibliográficas 254

11. Apêndices 270

Apresentação

Essa tese é fruto de muita pesquisa, resiliência e dedicação. Mas, antes de chamar a sua atenção para o que aqui foi desenvolvido, gostaria de falar um pouco sobre a minha trajetória, minhas expectativas e o que me fez chegar aonde hoje me encontro.

Desde a minha infância, sempre quis ser professora e tive grandes exemplos dentro de casa: tanto minha avó materna quanto minha mãe são pedagogas e foram professoras do primeiro segmento e educação infantil. Mesmo com toda a desvalorização dessa profissão, o magistério sempre me fascinou com a possibilidade de impactar, seja negativa ou positivamente, a formação de um estudante. A escolha por Química se deu justamente devido a essa sequela positiva deixada por excelentes professores que tive ao longo do Ensino Médio. Eu estava, então, decidida a fazer a diferença na vida de outras pessoas, me distanciando dos exemplos negativos que já havia vivenciado.

Ao ingressar na instituição de ensino superior, ainda me deparei com alguns docentes que pareciam fazer questão de estabelecer um distanciamento sombrio na relação professor-aluno. Mesmo em um curso de licenciatura, era possível ver rastros que me deixavam cada vez mais certa que o caminho era outro. Ainda na universidade, comecei a trabalhar como monitora em um colégio particular, onde permaneci como professora por cinco anos.

Foram anos de grande aprendizado para a minha prática docente, ao mesmo tempo em que eu me via reproduzindo aulas que se assemelhavam àquelas que eu tanto criticava. Como era possível eu me realizar pessoal e profissionalmente ensinando Química “daquela” forma? Decidi, então, me dedicar a um mestrado que pudesse me auxiliar com as agonias que eu vivenciava naquele momento. Além disso, ficava cada vez mais claro que eu não conseguia ser feliz naquele formato de colégio particular e, dessa forma, era preciso traçar novos planos.

O mestrado me fez refletir bastante sobre a minha identidade docente e, mesmo sem conseguir me dedicar como gostaria devido à alta demanda de trabalho, pude perceber detalhes que já não faziam mais sentido na minha prática. Foi então que tive a oportunidade de trabalhar como professora contratada em dois colégios, um da rede estadual e um da federal, que me permitiram colocar as “asas” que fui criando

ao longo da vida para bater. Definitivamente, eu já não “cabia” no ensino particular. Me dediquei, portanto, aos concursos que foram divulgados na época e consegui ser aprovada para o colégio que já estava como contratada da rede federal, onde sou professora há oito anos.

Retornar, de forma definitiva, ao colégio que estudei a vida inteira me impulsionou a buscar uma Química que fizesse mais sentido ao meu aluno, colaborando com uma formação mais crítica e consciente do mundo externo à sala de aula. Desde Iniciação Científica, passando por pesquisas no laboratório com os alunos do Ensino Médio, e chegando, finalmente na Especialização em Ensino de Química: ao longo desses anos, realizei diversos projetos que caminham nessa direção e, em um deles, fui contemplada com o 3° lugar do Prêmio Shell de Educação Científica, em 2020. Era o início da paixão por CTS e por Química Verde, mesmo sem pesquisar oficialmente a respeito.

Com o auxílio de uma grande amiga, conheci o programa do CEFET e, como aluna ouvinte, me encantei mais ainda por CTS. Era a oportunidade que eu precisava de me embasar teoricamente naquela área que eu tanto gostava. Somado a isso, a vertente da Química Verde se mostrava cada vez mais necessária e, principalmente na área de ensino, pouco discutida para o ensino básico. Foi daí que veio a inspiração para essa tese: fazer com que essa área da Química chegue efetivamente aos mais diversos públicos do Ensino Básico e contribua para uma formação mais crítica por meio da abordagem CTS.

Não foi simples, muito menos fácil. O que aqui apresento é fruto de muito esforço e resiliência para seguir pesquisando e, principalmente, produzindo ao longo de dois anos em que enfrentamos uma pandemia gravíssima. Por muitas vezes a vontade foi de desistir, mas lembrar do meu propósito lá da adolescência me fez chegar até aqui. A seguir, então, estão as páginas que constituem a minha tese de doutorado, certa de que esse foi o trabalho mais importante e a maior evolução que tive profissional e pessoalmente.

Boa leitura!

1. Introdução

> Porque o tempo é o ingrediente essencial, mas no mundo moderno não há tempo. A rapidez da mudança e a velocidade com que novas situações são criadas seguem o ritmo impetuoso e insensato da humanidade, e não o passo cauteloso da natureza. (CARSON, 2010, p. 23)

Como mensurar o “ritmo impetuoso e insensato da humanidade” em detrimento do “passo cauteloso da natureza”? Desde a Revolução Industrial, iniciada no século XVIII, é notório que se tem uma crise ambiental aprofundada, decorrente da relação nem sempre harmoniosa da humanidade com a natureza. Essa crise é advinda do pensamento de que o homem, à época, poderia sempre explorar de forma impessoal, fruto do método científico, dominando, principalmente, a natureza (OLIVEIRA, 2008; SILVA; SCHRAMM, 1997).

Dessa forma, durante os séculos XIX e XX, a Química possuía com o meio ambiente a concepção linear de compreender um fenômeno, transformá-lo ou criar algo a partir dele para, em seguida, produzir. Essa ideia vai ao encontro da filosofia da ciência linear, na qual mais ciência produz mais desenvolvimento que, consequentemente, gera maior bem-estar (YANARICO, 2011). A partir disso, o meio ambiente era visto como uma forma de captação de matéria-prima sendo também o destino do produto, com o lançamento indevido de descartes. Esse cenário fez com que, no século XX, os problemas ambientais aumentassem drasticamente uma vez que os avanços na tecnologia e na ciência eram feitos sem precedentes (GOLDEMBERG; BARBOSA, 2004; SILVA; CRISPIM, 2011).

Com a Segunda Guerra Mundial, ocorrida entre os anos de 1939 e 1945, e o pós-guerra, a pesquisa química teve grande enfoque, já que o cenário era de uma Guerra Fria e havia disputa entre países de grande poderio. Assim, houve um incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico, que fez com que a indústria química tivesse um investimento maior e a produção de substâncias sintéticas aumentasse sem saber se o meio ambiente conseguiria reagir de forma positiva às mesmas.

Um exemplo dessa substância é a dicloro-difenil-tricloroetano, conhecida popularmente como DDT e que foi sintetizada em 1874, porém sua ação inseticida só foi descoberta em 1939 por Paul Hermann Müller. A partir do momento no qual foi

identificada essa ação, essa substância foi aplicada em pessoas (Figura 1) para evitar doenças como o tifo e malária e que fossem causadas por piolhos e mosquitos.



Figura 1 – Aplicação de DDT em humanos
Fonte: CHANG, K. Una olvidada versión nazi del DDT podría ayudar a combatir la malária. The New York Times, Nova York, 17 de out. de 2019. Disponível em: https://www.nytimes.com/es/2019/10/17/espanol/ciencia-y-tecnologia/ddt-nazi-malaria.html. Acesso em: 21 de fev. de 2022.

O que não era pensado pela indústria produtora desta substância é que ela era eficaz a curto prazo, porém, com o passar dos anos, trazia danos irreversíveis à saúde humana e também persistia na natureza, contaminando e dizimando diversas plantações e animais. Com esse cenário, Rachel Carson foi a pioneira em denunciar o que estava acontecendo com o uso desenfreado do inseticida através de seu livro *Silent Spring*, traduzido para o português como *Primavera Silenciosa*, tendo sua primeira versão publicada em 1962 (CARSON, 2010).

A partir deste contexto, e com a crescente demanda de exploração de petróleo nos anos 70, emergiu a necessidade de atentar para a Ciência, mais especificamente para a relação da Química com o meio ambiente, com um olhar de cautela, afinal, entender as partes separadamente não é suficiente para que se entenda o todo. É neste momento que surge a vertente da Química Ambiental (QA), com as legislações ambientais, que visa a remediação dos problemas que comprometem a saúde humana e do planeta de uma forma geral (MOZETO; JARDIM, 2002). Diferente da primeira visão linear de ciência, neste momento, os químicos buscavam compreender os fenômenos, avaliar os danos envolvidos e remediá-los, apresentando outra maneira de

tratar a Química. Percebe-se que, neste momento, as substâncias continuavam sendo produzidas, e só após a produção é que se pensava em uma maneira de diminuir os impactos que geravam, assim como os hábitos de consumo.

Com essa demanda cada vez maior de substâncias que visavam exterminar as pestes, em dezembro de 1984, na Índia, ocorreu o maior acidente industrial e químico da história. A cidade de Bhopal instalou uma fábrica de pesticida que tinha como produto principal o *Sevin* (1-naftol-N-metilcarbamato), e que pode ser obtido de diversas formas. No entanto, a empresa responsável pela fábrica de Bhopal, a *Union Carbide*, utilizava a rota que tinha como reagente o isocianato de metila, um composto extremamente reativo que, quando em contato com outras substâncias, pode gerar gases letais (MERCK, 2020).

Ao entrar em contato com a água de uma das mangueiras da fábrica, este composto reagiu violentamente durante a madrugada do dia 3 de dezembro de 1984, gerando gases que dizimaram milhares de seres humanos asfixiados, além de causarem sequelas a diversas pessoas e fazerem com que crianças nascessem com deformações graves. Além dos humanos, as árvores e os animais também foram afetados, impactando em diversas áreas como saúde e alimentação (ECKERMAN, 2004; VARMA; VARMA, 2005; MARTIN, 2014).

A partir deste acidente devastador, a indústria química ficou ameaçada por ser vista como a grande vilã da tragédia. Com isso, surgiu a necessidade de prevenir que os problemas acontecessem ao invés de remediá-los depois que já tivessem ocorrido, como era a filosofia ambiental adotada na época. Dessa forma, em 1985, foi proposto pela Associação de Produtores Químicos do Canadá (CCPA, do inglês *Canadian Chemical Producers Association*) o *Responsible Care* que

> é um compromisso voluntário da indústria química global para impulsionar a melhoria contínua e alcançar a excelência no desempenho ambiental, de saúde e de segurança. (ICCA, sem data, tradução própria)

Essa proposta da indústria química global de mudar seu pensamento para focar em processos mais seguros foi o pontapé inicial para uma mudança de filosofia não só no mundo industrial, mas também no olhar químico de uma maneira geral. A partir daí, diversos eventos aconteceram, mas um produto teve destaque especial: o *Our Common Future* ou Nosso Futuro Comum, que foi elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, também chamado de Relatório

Brundtland, nome este da presidente da comissão e primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland. Este relatório buscou reafirmar a crítica para o modelo de desenvolvimento adotado por diversos países e que não estava levando em consideração o consumo desenfreado de bens disponíveis na natureza (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO, 1991).

Além dessa ideia central, o relatório foi o primeiro documento que trouxe uma definição para o desenvolvimento sustentável, que era o objetivo a ser atendido, e que "é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades" (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO, 1991, p. 46). De uma maneira geral, o desenvolvimento sustentável busca contemplar um pilar de três ramificações: econômica, ambiental e social.

Com esse olhar diferenciado para o meio ambiente e os modos de consumo, outras medidas começaram a ser tomadas em alguns desses países que possuíam hábitos contrários ao pensamento sustentável, como os Estados Unidos da América (EUA), onde começou a vigorar a Lei de Prevenção da Poluição, em 1990, que buscava a minimização de resíduos envolvidos na indústria e um *design* dos processos industriais mais voltado ao meio ambiente (ALLEN; ROSSELOT, 1997).

Nesse mesmo viés, em 1991, a agência ambiental norte-americana *Environmental Protection Agency* (EPA) criou o programa de incentivo às rotas sintéticas alternativas, que buscava prevenir a poluição das rotas sintéticas. Esta criação foi o "pontapé inicial" para que as indústrias começassem a pensar em um Química mais sustentável e mudar a filosofia de uma remediação para uma prevenção dos danos que poderiam ser causados.

Foi então que, em 1998, Paul T. Anastas e John C. Warner apresentaram o conceito de Química Verde (QV) que

> consiste na utilização de um conjunto de princípios que reduzem ou eliminam o uso ou a geração de substâncias perigosas durante o planejamento, manufatura e aplicação de produtos químicos. (ANASTAS; WARNER, 1998, p.11)

A partir dessa nova visão, os dois autores pioneiros elencaram doze princípios que ficaram conhecidos como os Doze Princípios da Química Verde (ANASTAS; WARNER, 1998) e que fizeram com que o olhar sobre as práticas químicas passasse

a ser diferente do que era feito ao longo dos anos anteriores. Ao invés de produzir para depois remediar o que era feito, passou-se a ter a ideia de planejar, desenvolver e prevenir possíveis danos que poderiam ser gerados seja para a segurança química, seja para o meio ambiente.

Inicialmente, essa problemática era direcionada totalmente para a indústria química, devido ao acidente que já havia acontecido e à possibilidade de novas substâncias nocivas para os seres humanos e o ambiente serem concebidas sem que se pensasse nas consequências que teriam. No entanto, é importante lembrar que as problemáticas ambientais não são de responsabilidade apenas industrial, mas sim de todos os seres humanos que ocupam o planeta Terra.

Dessa forma, é importante disseminar conceitos da filosofia verde para a população em geral e para as diversas áreas do conhecimento para que consigam agir, consumir e pensar de forma que alcancem seus objetivos – pessoais, sociais, industriais, econômicos etc. - com menor prejuízo ao ambiente. Isto posto, fica evidente que uma das formas para que a maioria das pessoas tenha acesso e posterior domínio desses conceitos é a educação, através da escola, por conta de sua capilaridade social.

Como a Química Verde foi estruturada inicialmente para a indústria, é comum restringir sua aplicação a cursos de graduação que estejam relacionados diretamente ao setor industrial, como Engenharia Química ou Química Industrial. No entanto, “estudantes de todos os níveis precisam ser introduzidos à filosofia e à prática da Química Verde” (ANASTAS; KIRCHHOFF, 2002, p. 686). Portanto, é importante que esta discussão chegue aos níveis básicos de ensino para que tenhamos alunos cada vez mais informados e imersos na filosofia verde. Neste trabalho, serão detalhados conceitos verdes que podem ser incluídos em qualquer momento do currículo básico do Ensino Médio de Química, não se atendo apenas ao experimental ou a uma vertente específica da disciplina.

Apesar de ser simples chegar à conclusão que a Química Verde precisa ser inserida no nível básico, para que isso aconteça, é necessário que os professores deste setor estejam sensibilizados para a importância do tema e possuam conhecimentos sobre a temática verde. No entanto, poucas são as universidades brasileiras que formam docentes com algum embasamento teórico de Química Verde.

Falando especificamente do estado do Rio de Janeiro, a fim de definir o recorte de pesquisa, destacaram-se as universidades públicas para a análise do currículo dos cursos de Licenciatura em Química, com o propósito de identificar se existe algum viés verde em seus Projetos Pedagógicos de Curso (PPC). Esses documentos refletem os objetivos do curso, bem como de todas as disciplinas, além de suas ementas básicas.

A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em sua atual versão curricular do curso acima citado[1], possui uma única disciplina intitulada “Educação Ambiental” e que é eletiva. Apesar de existir alguma relação entre a Educação Ambiental e a Química Verde, a ementa da disciplina não traz nenhuma referência à Química sustentável.

Tanto a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)[2], quanto a Universidade Federal Fluminense (UFF)[3] e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ) apresentam disciplinas obrigatórias intituladas ora Química Ambiental, ora Introdução à Química Ambiental ou Ciências Ambientais, todas com enfoque semelhante ao estabelecido pela UFRJ.

No entanto, é importante pontuar que a UFF e o IFRJ apresentam disciplinas eletivas que são relevantes para essa análise. A UFF, em Niterói (RJ), oferece aos seus licenciandos uma disciplina eletiva denominada “Engenharia Verde”, que não é voltada para o ensino, como o próprio nome já diz, mas que trabalha conceitos deste viés da Química.

Em contrapartida, o IFRJ, *Campus* Duque de Caxias[4], é a única instituição que oferece uma disciplina optativa intitulada “Química Verde” e trabalha de forma teórica e experimental conceitos da vertente verde. No desenrolar deste trabalho, será possível identificar estudantes que fizeram essa disciplina e, a partir dos testes respondidos, corroboraram com o que a ementa propõe: um enfoque verde mais para processos experimentais do que para a filosofia propriamente dita.

[1] PPC disponível em https://www.iq.ufrj.br/arquivos/2020/10/PPC-LQ-2013.pdf
[2] PPC disponível em http://institutos.ufrrj.br/ice/
[3] PPC disponível em https://ggq.uff.br/wp-content/uploads/sites/334/2020/11/PPC-LICENCIATURA.pdf
[4] PPC disponível em https://sigaa.ifrj.edu.br/sigaa/verProducao?idProducao=1999316&&key=f8280d067d66ed5a796d1a119d925997

É válido ressaltar que no IFRJ, *Campus* Nilópolis[5], há uma disciplina intitulada "Química em Sala de Aula II" que possui, em sua ementa, uma discussão acerca de alguns conceitos de Química Verde, como a reciclagem e a economia de átomos. Apesar de não ter em seu nome algo direcionado à temática verde, a disciplina foi apontada por se propor a discutir princípios que são característicos da QV.

Já a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)[6] apresenta apenas a disciplina Ciências Ambientais, obrigatória em seu currículo, com enfoque em educação ambiental assim como as demais. Porém, é a única dentre as apontadas que aborda o conceito de desenvolvimento sustentável em sua ementa, que está diretamente relacionado com o pensamento verde.

A partir do coletado nos Projetos Pedagógicos de Curso e ementas das principais instituições públicas de ensino superior do estado do Rio de Janeiro, pode-se observar que poucas são as disciplinas que, em suas ementas, estimulam em seus alunos a preocupação com a filosofia verde, já que é facultativa a escolha delas ao longo dos seus cursos de Licenciatura em Química. É importante acrescentar que as ementas traduzem os principais tópicos de conteúdos e debates de cada componente da grade curricular, mas, para além disso, é possível que os docentes ampliem suas discussões em sala de aula, o que não será refletido diretamente nesses documentos. No entanto, essa pesquisa foi pautada, exclusivamente, nas ementas disponibilizadas nos PPCs de cada instituição, e, por isso, expõe conclusões acerca desses documentos.

Dessa maneira, poucos são os professores da Educação Básica que tem contato ou são formados sob a ótica da QV e, consequentemente, muitos chegam às salas de aula sem conhecimento organizado para embasar discussões que possam tornar seus alunos mais conscientes dos seus papéis e hábitos perante o meio ambiente e o mundo.

Essa questão reflete diretamente na função social do ensino de Química, na qual se pensa em mudanças há anos, mas encontra dificuldade e resistência para a discussão, apresentando tendência à massificação dos conteúdos e à falta de compromisso com a segurança química e da comunidade (CHRISPINO, 1989). Um

[5] PPC disponível em https://sigaa.ifrj.edu.br/sigaa/verProducao?idProducao=1999332&&key=cdfc2eb352611001f254a367a53ca543

[6] O curso de licenciatura em Química da UERJ não possui PPC. Logo, o exposto aqui neste trabalho foi retirado das ementas das disciplinas, disponíveis em http://www.iq.uerj.br/grad_lq.html

dos motivos para que isso aconteça é o fato de que muitas pessoas ainda acreditam no caráter empirista e positivista da ciência, focado estritamente no método científico, que é centrado essencialmente no ensino de conceitos e, assim, exclui o contexto que cerca os estudantes, tornando a Química uma ciência desestimulante para os discentes (MESSEDER NETO, 2015).

Nesse cenário, é importante oferecer aos docentes uma formação diferenciada que permita a eles compreender que as suas próprias concepções sobre a natureza das ciências vão refletir diretamente na forma como ensinam ciências (ACEVEDO *et al.*, 2005; MANASSERO; VÁZQUEZ, 2001). Essa visão mais ampliada sobre a construção social da ciência e da tecnologia, e outras visões similares, permite que o professor perceba que suas abordagens podem ser mais compatíveis com o interesse dos estudantes favorecendo a maior participação e envolvimento por parte deles no processo de ensino-aprendizagem e, quiçá, na participação social em temas sociocientíficos e tecnológicos relevantes.

Neste contexto, a aprendizagem baseada na tríade Ciência, Tecnologia e Sociedade, também conhecida por Abordagem CTS, é uma opção interessante para os professores que desejam formar não só alunos, mas cidadãos mais críticos capazes de entender mais sobre a natureza da ciência e da tecnologia, analisando a relação da tecnologia e da ciência como parte da construção da sociedade.

Para mais do que o entendimento das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, as abordagens CTS defendem que o ensino para “aprender a aprender e ser capaz de utilizar o que foi aprendido (para a reconstrução social, talvez) é mais interessante do que massificar o conhecimento científico” (AIKENHEAD, 2005).

Em vista disso, é possível se utilizar das abordagens CTS para que os conceitos de Química Verde cheguem aos alunos de forma contextualizada e não isolada, mostrando que a participação de cada um dos discentes é importante na construção do pensamento coletivo e implica diretamente nos problemas externos à sala de aula. Além disso, é uma alternativa que deve ser considerada pelos docentes, de modo que suas aulas se tornem mais atrativas e relevantes, e façam com que os alunos sejam ativos no processo de construção do seu ensino.

Unindo, então, as abordagens CTS à problemática Verde já iniciada anteriormente, este trabalho é resultado da construção e aplicação de uma disciplina

que foi estruturada para um curso de Especialização em Ensino de Química, que busca responder a seguinte pergunta:

Como os conceitos de Química Verde, pautados na abordagem CTS, podem ser discutidos com professores e chegar ao Ensino Básico ajudando a contribuir para a formação crítica dos estudantes?

1.1. Perguntas norteadoras da pesquisa

Baseado no que foi exposto na introdução, além da questão central colocada acima, esta pesquisa ainda se baseia em algumas perguntas norteadoras:

- Partindo-se do princípio de que as instituições de ensino superior ainda não fixaram em seus currículos a disciplina Química Verde, como a disciplina proposta neste trabalho pode influenciar nas crenças, atitudes e valores em relação à CTS?

- A partir do que foi explorado durante as aulas, como os cursistas podem traduzir os conceitos advindos da Química Verde para seus estudantes de Ensino Básico respeitando os limites impostos pelo currículo tradicional?

- De que forma a abordagem CTS impacta nas discussões acerca dos conceitos de Química Verde? Há um interesse maior dos participantes quando a discussão adquire um formato crítico?

A partir desta questão de pesquisa e das questões auxiliares, podemos definir como objetivo geral

- Criar e aplicar uma disciplina que trabalha conceitos de Química Verde em um curso de Especialização em Ensino de Química a partir da abordagem CTS.

E, ainda, propor a indicação dos seguintes objetivos específicos:

- Identificar os valores e crenças iniciais e os obtidos após a aplicação da disciplina dos cursistas por meio dos questionários do PIEARCTS (Programa Ibero-Americano de Avaliação de Atitudes Relacionadas com a Ciência, Tecnologia e Sociedade);

- Analisar as concepções pré-existentes acerca do conceito de Química Verde e confrontar com este mesmo conceito após as intervenções didáticas do curso;
- Examinar e categorizar, a cada intervenção, as propostas de inserção feitas pelos cursistas de um ou mais conceitos de Química Verde no Ensino Básico, levantando os resultados para aquelas que já foram aplicadas;
- Analisar se o curso impactou na prática docente dos cursistas após a conclusão dele e, se ocorreu, de que forma isso aconteceu.

1.2. Organização do trabalho

Com o objetivo de estruturar a escrita, este documento foi dividido em capítulos e subcapítulos que podem ser sintetizados da seguinte forma:

O capítulo 1, denominado Introdução, forneceu um panorama geral acerca do surgimento da Química Verde e a defesa de sua inserção em todos os níveis de ensino, mostrando, ainda, a carência desta discussão nos cursos de licenciatura em Química do estado do Rio de Janeiro e de que forma a abordagem CTS pode se aliar a isso. Ainda neste capítulo, apresentamos a questão central da pesquisa, bem como as demais questões que nortearão o trabalho.

Os capítulos 2 e 3 serão destinados à fundamentação teórica que embasa toda a problemática da pesquisa. No capítulo 2, traremos a trajetória da Química Verde a partir de eventos e a relevância que começou a ter ao longo dos anos a partir de seus conceitos e das legislações que pautam a educação. Já no capítulo 3, a educação CTS será o enfoque principal, desde suas diversas definições até a discussão das técnicas que podem ser facilitadoras ao ensino.

No capítulo 4, a metodologia utilizada na pesquisa, denominada estudo de caso, será trabalhada, bem como a análise de conteúdos que será feita como parte da avaliação da disciplina, além da categorização dos trabalhos finais. Somada a esses pontos, a estrutura geral do curso de Especialização no qual a disciplina foi lecionada também será exposta no capítulo 5, para que os leitores entendam o formato que pautou as aplicações, bem como as disciplinas que compõem o quadro e como elas se relacionam entre si.

Nos capítulos 6 e 7 serão discutidas as duas intervenções feitas: sequência metodológica adotada, trabalhos propostos e suas categorizações, pré-testes e pós-testes (tanto de Química Verde quanto de CTS), e os questionários de autoavaliações respondidos pelos participantes. Além disso, será exposta a análise dos questionários realizados com os cursistas egressos a fim de analisar o impacto do curso em suas práticas docentes.

O capítulo 8, intitulado “O que ocorreu após a disciplina?”, trará a percepção atual dos cursistas egressos quanto às suas práticas docentes, bem como quanto à discussão dos conceitos de QV, para identificar se a disciplina conseguiu impactar em algum grau a ponto desses professores conseguirem perceber transformações.

Finalizando o texto, traremos as considerações finais deste trabalho, que foram levantadas ao longo das duas aplicações e que buscam responder aos questionamentos feitos na pergunta de pesquisa, bem como o cumprimento ou não dos objetivos propostos.

Posteriormente, as referências bibliográficas serão colocadas, seguidas dos apêndices que representam a ementa e os questionários aplicados com os cursistas da primeira e segunda turmas de Especialização, bem como os documentos adicionais apresentados por eles nas apresentações dos trabalhos finais.

2. Aportes teóricos da Química Verde

Este capítulo irá se dedicar ao detalhamento de conceitos que fazem parte da filosofia verde e que foram essenciais para o embasamento teórico e a concepção da disciplina oferecida. É importante ressaltar que o objetivo não é focar em dados específicos do Brasil, mas sim fornecer um panorama ao leitor para que entenda o que foi abordado de forma minuciosa ao longo das aulas e discussões.

2.1. Dos eventos ao conceito de QV

A vertente da Química Verde, como já foi dito no texto introdutório, não surgiu a partir de único acontecimento, mas foi sendo construída a partir da inquietação da comunidade científica a respeito do comportamento das indústrias químicas e os hábitos de consumo que foram incitados por elas.

Dessa forma, a partir de agora discutiremos os principais eventos científicos ocorridos mundialmente para que este movimento fosse ganhando força e tendo relevância para a sociedade. Estes eventos serão expostos cronologicamente em forma de tópicos nos quais serão feitos resumos dos principais acontecimentos e deliberações feitas.

- 1949: Conferência Científica da Organização das Nações Unidas sobre a Conservação e Utilização de Recursos – em um mundo pós II Guerra Mundial, foi o primeiro movimento que teve o viés de preocupação ambiental, a fim de discutir a gestão dos recursos naturais, porém foi só 21 anos depois, na Conferência da Biosfera, que a problemática ambiental entrou em protagonismo (FARIAS; FÁVARO, 2011).
- 1962: Lançamento do Livro *Silent Spring,* de Rachel Carson – contribuição importante para denunciar os diversos efeitos advindos do uso indevido de pesticidas e inseticidas químicos fabricados pela indústria americana. Muitos pesquisadores e cientistas já sabiam dos problemas apresentados pela autora em seu livro, mas sua atitude de juntar as informações em um volume e torná-las públicas fez com que o lançamento de seu livro fosse um marco no engajamento ambiental. Para Carson, os humanos não deveriam buscar a dominação da natureza através da indústria química em nome do progresso (CARSON, 2010). Como será trabalhado

mais para frente do trabalho, a autora também teve grande relevância para o movimento CTS, uma vez que levantou a problemática de que a ciência é positivista e sempre vai contribuir para o progresso humano.

- 1968: Conferência Intergovernamental de Especialistas sobre as Bases Científicas para Uso e Conservação Racionais dos Recursos da Biosfera (Conferência da Biosfera) – aconteceu em setembro de 1968, na cidade de Paris, sendo um marco nos eventos históricos, principalmente por ter sido o primeiro a propor uma série de recomendações ambientais que mostravam a relevância deste tema para a sociedade. Além disso, um dos principais pontos resultantes dessa conferência foi o Programa Homem e Biosfera que é "um programa científico e intergovernamental que visa estabelecer uma base científica para melhorar a relação entre as pessoas e seu ambiente" (UNESCO, site, tradução própria) e se preocupa com a preservação das Reservas da Biosfera. A partir deste evento, o termo "desenvolvimento sustentável" começou a ser ouvido e discutido, porém foi só em 1972 que se teve a primeira definição dele.
- 1968: Clube de Roma – inicialmente, foi um encontro com 36 cientistas, empresários, educadores, dentre outros, para discutirem o uso desenfreado de recursos naturais do meio ambiente em uma escala mundial (CHAVES, 2014). O primeiro relatório do grupo foi publicado em 1972, intitulado por "Os Limites do Crescimento", e alertou para o fato de que a manutenção dos hábitos de consumo da maneira como estavam poderiam fazer com que o planeta Terra entrasse em colapso e esgotasse suas fontes de recursos naturais. É válido ressaltar que a questão da reprodução humana também foi levantada, porque se a população cresce exponencialmente, os recursos precisariam aumentar e estar disponíveis na mesma proporção a fim de satisfazer a todos, o que se tornaria inviável.
- 1972: Conferência de Estocolmo – primeira conferência mundial, organizada pelas Organizações das Nações Unidas (ONU), que ocorreu na capital da Suécia. Sua relevância se deu pelo fato de que foi a primeira atitude mundial para tentar preservar o meio ambiente e que resultou na Declaração do Meio Ambiente, que contém vinte e seis princípios cujos objetivos giram em torno da melhoria do meio ambiente, priorizando a educação e a responsabilidade da sociedade em saber usar a ciência e a tecnologia a seu favor. Entre eles, ressalta-se:

> Princípio 4: O homem tem a responsabilidade especial de preservar e administrar judiciosamente o patrimônio da flora e da fauna silvestres e seu habitat, que se encontram atualmente, em grave perigo, devido a uma combinação de fatores adversos. Consequentemente, ao

> planificar o desenvolvimento econômico deve-se atribuir importância à conservação da natureza, incluídas a flora e a fauna silvestres.
> Princípio 18: Como parte de sua contribuição ao desenvolvimento econômico e social deve-se utilizar a ciência e a tecnologia para descobrir, evitar e combater os riscos que ameaçam o meio ambiente, para solucionar os problemas ambientais e para o bem comum da humanidade.
> Princípio 19: É indispensável um esforço para a educação em questões ambientais, dirigida tanto às gerações jovens como aos adultos e que preste a devida atenção ao setor da população menos privilegiado, para fundamentar as bases de uma opinião pública bem informada, e de uma conduta dos indivíduos, das empresas e das coletividades inspirada no sentido de sua responsabilidade sobre a proteção e melhoramento do meio ambiente em toda sua dimensão humana. É igualmente essencial que os meios de comunicação de massas evitem contribuir para a deterioração do meio ambiente humano e, ao contrário, difundam informação de caráter educativo sobre a necessidade de protegê-lo e melhorá-lo, a fim de que o homem possa desenvolver-se em todos os aspectos. (HANDL, 2012, n.p., tradução própria)

- 1987: Relatório de Brundtland – o relatório mencionado foi fruto da reunião da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento que foi selecionada a partir da avaliação negativa de que foi insuficiente a partir do que foi proposto pela Conferência de Estocolmo anos antes (LE PRESTRE, 2000). Essa Comissão foi dirigida pela ex-primeira-ministra norueguesa que carrega o sobrenome do relatório e propôs uma série de mudanças globais que conseguissem agregar o desenvolvimento econômico com os cuidados ao meio ambiente (MARQUES *et al*., 2013). O relatório, também conhecido como *Our Commom Future* (Nosso Futuro Comum), foi o primeiro documento que trouxe a definição de Desenvolvimento Sustentável, que "é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades." (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991, p. 46). Essa definição gerou muitas discussões porque não deixa claro nem quais são as necessidades do presente nem tampouco as das gerações que virão e colocou o assunto em pauta mundialmente.

Hoje, a Organização das Nações Unidas (ONU) propõe dezessete objetivos (ODS) para que a população se comova e consiga promover ações que protejam o planeta de uma maneira geral, erradiquem a pobreza, com o intuito de que possam usufruir de um clima próspero, conforme é proposto pela Agenda 2030 (ONU, s/d.) estabelecida em 2015 na Cúpula do Desenvolvimento Sustentável e está ilustrado na figura abaixo (Figura 2):



Figura 2 – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
Fonte: Os objetivos do Desenvolvimento Sustentável no Brasil. Nações Unidas Brasil, sem ano. Disponível em <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 22/09/2020.

Como exemplo de um desses objetivos, o ODS número 1 é denominado erradicação da pobreza. Para atingir o propósito de extinguir a pobreza do planeta, são elencados algumas metas que são necessárias o cumprimento, como, por exemplo, “implementar, em nível nacional, medidas e sistemas de proteção social adequados, para todos, incluindo pisos, e até 2030 atingir a cobertura substancial dos pobres e vulneráveis” ou até mesmo “Até 2030, erradicar a pobreza extrema para todas as pessoas em todos os lugares, atualmente medida como pessoas vivendo com menos de US$ 1,90 por dia” (ONU, s/d.).

Na página eletrônica da Organização das Nações Unidas, cada um dos 17 objetivos é desmembrado em diversas ações que juntas buscam atingir o que foi proposto pela Agenda 2030 para obtermos uma sociedade mais igualitária e próspera, cuidando de si, do próximo e do meio ambiente, unindo a preocupação com os vieses do economicamente viável, do socialmente justo e do ecologicamente equilibrado, chegando a um mundo mais harmônico.

- 1992: Rio-92 ou Eco-92 – esse evento foi um marco para a história dos debates ambientais, pois reuniu o maior número de políticos, atraiu a atenção da mídia, que foi um agente importante para a difusão de ideias e, principalmente do conceito de desenvolvimento sustentável definido no Relatório de Brundtland, além de unir o mundo dos negócios a esse debate tão importante.

O principal protocolo gerado foi a Agenda 21 que, em seu preâmbulo, ressaltou que:

> “A Agenda 21 está voltada para os problemas prementes de hoje e tem o objetivo, ainda, de preparar o mundo para os desafios do próximo século. Reflete um consenso mundial e um compromisso político no nível mais alto no que diz respeito a desenvolvimento e cooperação ambiental. O êxito de sua execução é responsabilidade, antes de mais nada, dos Governos. Para concretizá-la, são cruciais as estratégias, os planos, as políticas e os processos nacionais.” (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1992, preâmbulo)

Além do descrito anteriormente, a Agenda possuía uma série de medidas para serem executadas a longo prazo a favor do desenvolvimento sustentável, dentre as quais se podem citar: mudança nos padrões de consumo, proteção e promoção das condições da saúde humana, proteção da atmosfera, conservação da diversidade biológica, ação mundial pela mulher, com vistas a um desenvolvimento sustentável equitativo, dentre outros.

Apesar de desenhar inúmeras mudanças e atitudes para os países envolvidos, é interessante pontuar que foram só cinco anos depois que houve um engajamento para reduzir o problema das mudanças climáticas, ou seja, parece que o envolvimento na Rio-92 foi pontual e não envolveu uma modificação efetiva por parte dos governantes (NASCIMENTO, 2012).

- 1997: Protocolo de Quioto – foi um acordo internacional complementar à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima firmado no ano de 1997, porém só entrou em vigor em 2005, através dos acordos de Marrakesh. Este protocolo teve como objetivo central

> “estabilizar as concentrações atmosféricas de Gases do Efeito Estufa em um nível de prevenção de interferências perigosas no sistema climático. Em busca desse objetivo, o Protocolo de Quioto se baseia e aprimora muitos dos compromissos já assumidos no âmbito da Convenção.” (UNFCCC, 2008, p. 12, tradução do autor)

Esses compromissos já estabelecidos e acordados na Convenção buscaram a cooperação dos diversos países participantes do Protocolo em algumas áreas, como: observação e pesquisa do clima, desenvolvimento e aplicação de tecnologias favoráveis ao sistema climático, educação e conscientização da sociedade sobre as mudanças climáticas, além de metodologias que proporcionem melhorias para o

estabelecimento de dados para os relatórios dos gases causadores do efeito estufa (UNFCCC, 2008).

- 2002: Rio +10 – esse evento ocorreu em Johannesburgo, na África do Sul, com o objetivo inicial de avaliar os progressos decorrentes da Rio-92 e analisar o que poderia ser feito ainda, com prazos e planos traçados, para que mais princípios propostos no evento anterior pudessem ser atendidos. No entanto, de acordo com Guimarães e Fontoura (2012), o encontro foi avaliado como um insucesso.

> Dois motivos fundamentais provocaram o fracasso em Johannesburgo. Por um lado, pecou-se por excesso de otimismo ao acreditar que o mundo já estaria maduro para definir um plano de ação comum, quando na verdade não consegue sequer introduzir maiores graus de governança à Organização das Nações Unidas (ONU). Por outro, pecou-se também por um excesso de pessimismo, ao não apostar na definição prévia de uma agenda de decisões específicas. Por imaginar um mundo ideal que não existia, e por evitar conflitos propondo uma agenda suficientemente ampla e ambígua para agradar a todos e não alienar os mais poderosos, terminou-se gerando uma situação quase impossível de não provocar o desfecho frustrante. (GUIMARÃES; FONTOURA, 2012, p. 24)

Dessa forma, o evento apresenta pontos de vista diferenciados, uma vez que as grandes indústrias consideraram que houve um avanço na direção certa, afirmando que as mesmas são capazes de promover o desenvolvimento sustentável, enquanto os países mais pobres e as ONGs ficaram sem esperança de que grandes resultados pudessem ser alcançados devido à dicotomia entre discurso e prática dos citados anteriormente (LESTIENNE, 2002).

- 2012: Rio +20 – inicialmente, este encontro não foi concebido como uma Reunião de Cúpula, mas sim como uma “Conferência de Revisão” (UNCSD, 2012), o que significa que não era prevista nenhuma tomada de decisão importante e, por isso, não era pré-requisito a presença dos Chefes de Estado e Governo. O objetivo era analisar qual foi o avanço durante os vinte anos que sucederam a Rio-92, renovando o objetivo com o desenvolvimento sustentável e pontuando quais as lacunas e dificuldades que os países encontraram para colocar os princípios elencados no evento anterior em voga.

Seu tema principal girava em torno de discussões tanto a respeito da economia verde para o desenvolvimento sustentável e à erradicação da pobreza, quanto às organizações institucionais para o desenvolvimento sustentável, não tendo como foco

as negociações visando a evolução positiva do meio ambiente do planeta (GUIMARÃES; FONTOURA, 2012).

Como fruto deste encontro, o documento intitulado "*O Futuro que Queremos*" foi elaborado com a participação da sociedade, além dos grupos de poder como empresários. A pergunta "se você pudesse construir o futuro, o que gostaria de fazer?" foi veiculada antes do evento como motivação para que todos pudessem participar dele. No entanto, como o documento enfrentou muitos questionamentos e terminou enfraquecido em seus conteúdos, algumas frases como "Direito de alimentação e nutrição adequadas" foram discutidas para a exclusão direta, principalmente vindo das grandes potências (GUIMARÃES; FONTOURA, 2012).

Estes eventos, como dito, não foram os precursores da QV, nem tampouco discutiam o termo em si, mas ajudaram a sociedade na mobilização de temas que precisavam ser discutidos e não eram trazidos à tona, como a elevação de temperatura exagerada do Planeta, os hábitos de consumo e produção que estavam em vigor, dentre outros comportamentos que não favorecem o desenvolvimento sustentável.

O conceito de Química Verde em si só surgiu na década de 90, mais precisamente em 1991, com o projeto desenvolvido pela *Environmental Protection Agency* (EPA) que incentivava e regulamentava pesquisas voltadas à prevenção de poluição de suas sínteses químicas (LENARDÃO *et al.*, 2003). A partir daí, alguns eventos a respeito do tema foram promovidos, como, por exemplo, o da Escola Brasileira de Química Verde que ocorre anualmente a nível nacional, desde 2011[7], com uma temática diferente acerca da QV.

Foi, então, através de Paul Anastas e John Warner, que o primeiro conceito de Química Verde surgiu e ela era definida como "a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente" (ANASTAS; WARNER, 1998, p.11). Esse movimento marca o progresso da Química em direção à sustentabilidade ambiental, representando, assim, uma resposta que corrobora com a sua imagem negativa, vigorosamente reforçada no Relatório de Brundtland (MARQUES; MACHADO, 2021).

[7] O evento promovido pela Escola Brasileira de Química verde ocorreu anualmente até o ano de 2019, sendo impedida a realização nos dois últimos anos devido ao período pandêmico que o mundo enfrenta.

Baseado nesse conceito, é interessante que se analise alguns fatores relevantes: o primeiro deles é que ele aborda a criação e o desenvolvimento ligados diretamente à geração de algum risco, ou seja, é necessário que se pense nas consequências que podem existir antes do processo ou produto ser concebido.

Além disso, a partir do momento em que os autores propõem a eliminação da geração e uso de substâncias nocivas, fica claro que não é específico para uma substância do processo, mas sim para todas, sejam reagentes ou produtos. Dessa forma, é válido pontuar que a Química Verde não se limita apenas ao descarte do resíduo gerado, mas sim, como será visto ao longo do trabalho, a todo o ciclo de vida de cada substância e produto que será consumido e/ou gerado.

Outro ponto que é importante ressaltar é o uso da palavra “nociva”, que está diretamente atrelada ao risco que ela tem, não só de ser explosiva, inflamável ou corrosiva, mas também de ser carcinogênica ou tóxica para quem manipula as substâncias ou até mesmo para o meio ambiente (TUNDO *et al.*, 2000). Sendo assim, é necessário que se pense o uso ou repense o desenvolvimento das substâncias perigosas a fim de evitar consequências drásticas para quem as manipula e para o mundo externo ao laboratório ou indústria.

Como pode ser observado, o conceito proposto por Anastas e Warner é bem geral e inclui todas as partes dos processos químicos. Com isso, com a finalidade de que a filosofia verde chegasse às indústrias químicas de maneira mais objetiva e passível de execução, os autores propuseram doze princípios, que serão apresentados no tópico a seguir. Esses itens apresentam como objetivo principal a concepção de processos químicos e tecnologias não poluentes, colaborando com a qualidade do meio ambiente e, consequentemente, com o desenvolvimento sustentável.

2.2. Os doze princípios da QV

O estabelecimento dos Doze Princípios da Química Verde foi um marco importante para que estratégias fossem traçadas com o objetivo de alcançar processos químicos cada vez mais esverdeados, ou seja, que se afastam da produção excessiva de resíduos e que sejam menos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana.

A ideia, então, inicialmente direcionada para as indústrias, foi que elas revessem seus processos de produção para que os processos fossem cada vez mais limpos, buscando a conscientização dos químicos em relação aos impactos negativos causados pelas rotas sintéticas (MACHADO, 2012; LENARDÃO *et al.*, 2003) e a consequente modificação de processos.

Os Doze Princípios serão apresentados a seguir de maneira resumida, a fim de que seja possível extrair o conceito principal que cada um expressa (ANASTAS; WARNER, 1998; FARIAS; FÁVARO, 2011; PRADO, 2003; SERRANO, 2009; CASTRO; VERBEL, 2011; SHELDON, 2017):

1. **Prevenção** – O objetivo deste princípio é não gerar ou reduzir ao máximo a obtenção de resíduos, por ser mais difícil tratá-los depois de formados. É importante ressaltar que essa diminuição de resíduos implica diretamente em uma mudança de pensamento quanto ao tipo de produção, que deve ser essencialmente mais limpa, priorizando a formação de produtos de menor impacto ou inócuos ao meio ambiente.

Além de ser bastante favorável ao meio ambiente, evitando de forma direta a poluição, a atenuação dos resíduos pode diminuir o custo organizacional das indústrias em relação ao tratamento e à logística de reciclagem deles, evidenciando que é melhor prevenir do que remediar o problema depois de estabelecido, corroborando com a ideia central da QV.

A nível industrial, foi implementado recentemente o conceito do fator E (*Environmental factor*), que é determinado através da quantidade de resíduo gerado para cada quilo de produto obtido. O resíduo aqui mencionado se refere a qualquer substância gerada que não seja a que se deseja obter. Como exemplo de indústrias que lutam para diminuir a quantidade de resíduos formados, temos a farmacêutica e a de química fina que, por muitos anos, deu preferência às sínteses clássicas que possuem alta geração de subprodutos e consequente fator E elevado, sendo intituladas de sínteses marrons. Em contrapartida, as sínteses que resultam em uma eficiência atômica elevada, ou seja, com baixo fator E são denominadas de sínteses verdes.

2. **Economia atômica** – O conceito de economia atômica prevê que os procedimentos sintéticos devem agregar a maior quantidade possível de átomos

reagentes em seus produtos. Esse valor é calculado através do quociente entre o peso molecular do produto que se deseja obter e a soma de todas as substâncias realmente obtidas, em proporção estequiométrica, em todas as etapas do processo experimental. Usualmente, essa métrica pode ser obtida também pelo cálculo do rendimento da reação, dado em porcentagem, em experimentos mais simples, como os ocorridos em instituições acadêmicas. No entanto, é válido mensurar que essa representação é incompleta, uma vez que é calculada apenas em relação ao reagente limitante e ao produto obtido, não levando em consideração as diversas etapas que podem acontecer em um processo químico.

Pensando em concomitância com o princípio 1, a busca de idealidade do processo químico seria aquela que tivesse maior Economia Atômica e menor ator E em contrapartida. Além disso, é válido acrescentar que a incorporação de átomos dos reagentes nos produtos tem sido calculada a partir de métricas como a eficiência de massa e a eficiência de massa da reação (MACHADO, 2014).

3. **Realizar sínteses com menos perigo** – Este princípio foca na obtenção de produtos que não sejam tóxicos à saúde humana e ao meio ambiente. A preocupação é direcionada para as substâncias produzidas que devem ser menos perigosas, diminuindo o risco para quem está se relacionando com o processo de forma direta ou indireta.

4. **Desenvolvimento de compostos eficientes e seguros** – Complementando o princípio anterior, o quarto princípio disserta sobre o uso de substâncias reagentes que sejam eficazes em seus objetivos, sem deixar de lado a toxicidade perante o meio ambiente e os humanos. Dessa forma, para escolher um produto para ser usado em um processo experimental ou industrial em detrimento de outro, deve-se pensar nos aspectos econômico, social e ecológico para que se consiga chegar a uma melhor oportunidade sustentável.

Em geral, os produtos mais seguros são os menos tóxicos, mas se deve levar em consideração outros fatores para que se pense na funcionalidade deles, como por exemplo, a sua biodegradabilidade, já que aqueles que não se biodegradam estão sujeitos a continuarem na natureza exercendo função tóxica. Ou seja, é importante olhar para as diversas facetas que estão envolvidas na produção de uma substância antes de utilizá-la, a fim de que se possa ter processos menos prejudiciais tanto para o homem quanto para a natureza que o recebe. Nesse ponto, é importante mencionar o

papel do *design* de substâncias menos tóxicas, destacando o caráter preventivo e precaucionário da Química Verde.

5. **Diminuição do uso de solventes e auxiliares** – O princípio exposto preza pela não utilização, quando possível, ou pela diminuição do uso de solventes e auxiliares, sendo os mais inócuos possíveis ao meio ambiente. Apesar de serem utilizados com bastante frequência em meios reacionais, os solventes podem ser considerados prejudiciais devido aos riscos que apresentam, principalmente por serem voláteis. O objetivo é, então, substituir os solventes que podem causar algum problema por outros que podem ser tão eficazes quanto os primeiros, sendo mais vantajosos à biota, como é o caso dos biosolventes e dos líquidos iônicos. Além disso, caso seja possível realizar a reação, é interessante que não se utilize substâncias auxiliares, como os agentes secantes e de separação, com o objetivo de diminuir ao máximo a quantidade de resíduos gerados.

6. **Eficiência energética** – O que se pretende com o princípio seis é que os processos químicos sejam feitos, sempre que possível, à temperatura e pressão ambientes. Caso isso não consiga ocorrer, é interessante que se use essas variáveis próximas a esse cenário. Isso é previsto porque, geralmente, o fornecimento dessas condições vem do combustível fóssil, ou seja, não renovável, possuindo um impacto econômico e ambiental considerável.

7. **Uso de matérias-primas renováveis** – O objetivo deste princípio é substituir, sempre que for econômica e tecnicamente viável, as substâncias esgotáveis pelas renováveis (biomassa), a fim de que se possa extrair mais de um produto com interesse para as indústrias químicas.

O avanço nos estudos com biocombustíveis, por exemplo, é muito interessante porque torna possível a substituição de diversos geradores de energia que se utilizam de fontes fósseis, como o petróleo, por um combustível considerado mais verde, uma vez que é obtido das plantas.

8. **Redução da formação de derivados** – Os compostos chamados de derivados são aqueles usados como grupo de bloqueio, proteção ou desproteção, além de modificadores temporários. Por serem substâncias que requerem maior quantidade de reagentes, bem como podem desdobrar os processos em diversas

etapas, sua formação deve ser evitada, a fim de que a síntese seja feita no menor número possível de fases.

9. **Potencialização da catálise** – Sabe-se que o uso de catalisadores diminui a energia de ativação para que as reações aconteçam. Dessa forma, utilizá-los quando possível é extremamente vantajoso em relação ao procedimento estequiométrico esperado da reação.

Os catalisadores heterogêneos apresentam, além da seletividade e de tornar a reação mais limpa, diminuindo o número de resíduos, uma vantagem econômica porque podem ser reaproveitados para vários processos, o que os tornam mais verdes quando comparados aos demais. Um exemplo de utilização de catálise recorrente em QV é o uso de enzimas biológicas, cujo processo é denominado biocatálise, que são mais eficazes que os catalisadores químicos e favoráveis ao ambiente, já que requerem condições energéticas amenas e possuem alta seletividade.

10. **Desenvolvimento de produtos degradáveis** – A ideia principal desse princípio é que os produtos, após atingirem seus objetivos iniciais, não continuem no meio ambiente desempenhando papel tóxico. Dessa forma, o objetivo é que possam ser degradados a derivados inócuos ou sejam biodegradáveis.

Um exemplo de aplicação deste princípio é a obtenção de polímeros biodegradáveis que estão sendo utilizados no lugar do plástico comum, que persistem no ambiente após o seu descarte por um tempo elevado, o que prejudica diretamente o ecossistema. Esse bioplástico é sintetizado a partir de biomoléculas presentes na natureza que, quando polimerizadas, podem ser hidrolisadas pelos microrganismos presentes no solo.

11. **Monitoramento em tempo real dos processos** – O que se pretende com este penúltimo princípio é que as reações consigam ser monitoradas em tempo real e, com isso, seja prevenida a obtenção de produtos perigosos, mantendo a rapidez, eficácia e eficiência dos processos químicos. Dessa forma, a poluição que é indesejada na QV, é evitada e a síntese se torna mais verde.

12. **Segurança química** – Como é comum, deseja-se que os processos químicos, sejam eles industriais ou laboratoriais, não tenham como desfecho um acidente, como explosões, emissões e incêndios. Essa prática segura começa com a

adoção de medidas de cautela, como os equipamentos de proteção, mas perpassam por todo o planejamento reacional, incluindo a escolha das substâncias, do procedimento, bem como a precaução quanto aos riscos inerentes ao processo.

Para atender a esse princípio, é interessante que se utilize sólidos no lugar de líquidos que podem inflamar, ou até mesmo substâncias de baixa pressão em detrimento daquelas que são voláteis. Pensar em todas as etapas, desde a teoria até a execução é importante e deve ser uma cultura a ser difundida, pois "[...] a maior segurança inerente afasta os perigos proativamente, de forma permanente e inseparável do processo, em vez de deixá-los existir e ter de lidar com eles reativamente" (MACHADO, 2011, p. 536).

Como pode ser observado, é impossível que um processo consiga englobar os doze princípios propostos por Anastas e Warner. No entanto, é importante que as indústrias e os laboratórios se esforcem para que consigam colocar em prática o maior número possível de objetivos verdes, de modo que tenhamos sínteses cada vez mais seguras e com substâncias que não sejam tóxicas, com menos etapas e resíduos, fazendo uso de catalisadores e com o maior rendimento possível, pois só assim conseguiremos caminhar rumo ao esverdeamento industrial.

Esses princípios, como já foi exposto anteriormente, foram frutos de estudos e reflexões direcionadas à indústria química e aos processos experimentais de uma maneira geral. Ainda assim, é importante que a filosofia verde se estenda a outros setores da sociedade através de conceitos que busquem a sustentabilidade, tornando a relação homem-ambiente mais harmoniosa, e que serão trabalhados no tópico a seguir.

2.3. Conceitos que contribuem para que a filosofia verde não se atenha apenas à indústria

O atual sistema produtivo é pautado em um modelo de negócios que ocorre de forma linear: extração da matéria-prima, produção, utilização e descarte do que foi consumido. No entanto, este hábito já consegue ameaçar as próximas gerações quanto à escassez de recursos naturais disponíveis para que elas consigam consumir de forma semelhante ao que é feito hoje (LEITÃO, 2015; BRAUNGART *et al.*, 2003). Além disso, é importante ressaltar que o modelo de economia linear gera uma

quantidade excessiva de lixos e resíduos, sendo prevista pelo Ministério do Meio Ambiente brasileiro uma estimativa de geração de 1,1 quilogramas de resíduos por dia para cada habitante (BRASIL, 2013).

A partir desta informação alarmante, é necessário que todos os cidadãos repensem suas práticas diárias e analisem qual a relevância de comprar e/ou consumir um produto, visando avaliar quais impactos suas atitudes podem trazer ao ambiente e à sociedade, mesmo que não seja a curto prazo. Estimular esse pensamento para que o consumo e a produção sejam sustentáveis é um dos objetivos da Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Como já foi pontuado anteriormente, este conjunto de metas e objetivos propõe alcançar o uso eficiente de recursos naturais, além de se prevenir e reduzir a geração de produtos descartáveis na forma de resíduos (BRASIL, 2016).

É, nesse sentido, então, que surge o conceito da Economia Circular (EC), preconizando a diminuição ou a não geração de resíduos, e aumentando a eficiência dos recursos envolvidos no processo. De acordo com Berardi e Dias (2018, p.37), “[...] o foco da EC está em utilizar o bem, no seu maior tempo possível, pela sua maior capacidade instalada”, ou seja, é importante que a vida útil do recurso que está sendo utilizado seja estendida ao máximo, incluindo possíveis reparações, reutilizações, renovações e, em último caso, que seja feita a reciclagem dele, atribuindo assim maior valor agregado. O esquema da EC pode ser descrito na figura 3.

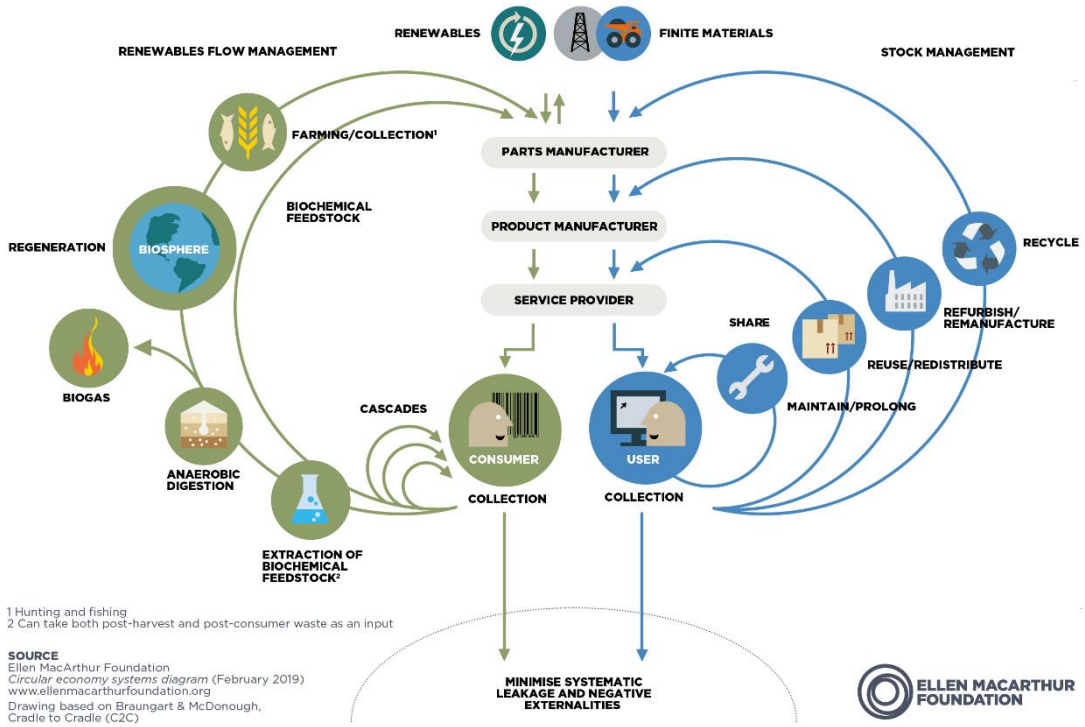


Figura 3 – Esquema da Economia Circular

Fonte: ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. The butterfly diagram: visualising the circular economy. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/infographic. Acesso em 01 de dez. de 2020.

Como pode ser observado, existem dois ciclos diferentes (um de cor verde e um de cor azul) dentro do proposto para a EC, diferenciando, assim o tipo de produto que é obtido no final. O ciclo verde representa o ciclo biológico e os produtos de consumo, que são aqueles que consumimos diversas vezes como shampoo, por exemplo, e podem ser descartados na biosfera, enriquecendo-a ao invés de contaminá-la. Em contrapartida, o ciclo azul representa o ciclo técnico e os produtos de serviço, a exemplo de automóveis, lâmpadas, dentre outros, que são feitos a partir de artefatos técnicos e o foco principal é o serviço que é oferecido por ele, e não o produto em si, e é importante que seus desenhos sejam feitos pensando no reuso.

Seja no ciclo verde ou no azul, é interessante observar que ambos focam na reinserção de seus produtos finais, sempre que possível, em seus ciclos de manufaturamento. A ideia é tentar extrair dele, seja ele por via biológica ou por via técnica, a maior quantidade possível de funcionalidades que ele pode ser capaz de gerar. Com isso, a demanda por matéria-prima, energia e água diminuem

consideravalmente, o que é um dos grandes benefícios da EC (LEITÃO, 2015; BERARDI; DIAS, 2018).

Aliado à EC, é interessante que se pontue a existência dos Erres da Sustentabilidade que existem, justamente, para que se reveja os hábitos de consumo praticados na economia linear. Inicialmente, esse conceito surgiu na Agenda 21 e ficou conhecido como “Princípio dos 3R’s”, focando apenas em reduzir, reutilizar e reciclar, como também já foi proposto pelo governo brasileiro (BRASIL, 2013). No entanto, com a ascensão da EC, outras atitudes foram incluídas e hoje já é possível observar a presença de até dez R’s na literatura, como: repensar, recusar, reduzir, reutilizar, reparar, reciclar, reintegrar, respeitar, responsabilizar-se e repassar (MATIAS, 2019; AKATU, 2011).

No entanto, é válido ressaltar que não é tão simples atender a todos simultaneamente, ou a maioria dessas ações propostas pelos erres da sustentabilidade. Por muitas vezes, o custo para reparar um bem é maior do que o valor de um semelhante em novas condições. Isso é comum de acontecer, ainda, porque muitas empresas continuam atuando no modelo de economia linear e incentivam a troca de artefatos em detrimento ao seu reparo, por exemplo.

Dessa forma, é preciso que se reflita a respeito de almejar uma produção mais limpa, focando no ciclo de vida dos produtos que estão sendo propostos. É, nesse momento, que os erres conseguem ser aplicados também na indústria, com o intuito de que o pensamento linear dê espaço à economia de recursos naturais e à minimização de resíduos gerados. Industrialmente, as seis ações propostas são: repensar, repor, reparar, reduzir, reutilizar e reciclar.

A similaridade entre as duas listas de erres colocadas anteriormente reflete a importância de que isso seja discutido, seja no ramo industrial, seja a nível de educação básica, para que todos entendam a responsabilidade própria que possuem perante o ambiente que vivem. É preciso, então, que os cidadãos tenham em mente que uma atitude sustentável, por menor que seja, é válida, e mesmo que a sociedade não tenha esses hábitos de forma fluentes, é importante que a conscientização comece o quanto antes, podendo a escola atuar como disseminadora dessas ideias.

Duas filosofias que são aplicadas como forma de rever os critérios de produção e que contribuem para a reafirmação da importância da filosofia verde são: *chemical*

leasing, também chamado de *leasing* químico ou *leasing* de produtos, e a avaliação (ou análise) do ciclo de vida.

A primeira delas é pautada na venda do serviço de um determinado produto ao invés de se comprar o produto em si. Mesmo que não seja tão claro para quem não atua diretamente com a indústria, o objetivo do *leasing*, que do inglês significa locação, é que a quantidade de produtos gerados seja reduzida. O importante a acrescentar é que a medida que a geração de produtos é diminuída, consequentemente, a estocagem, o manuseio, transporte e a geração de resíduos também são atenuados, o que fortalece a visão da QV.

De acordo com Barros *et al.* (2015),

> o Leasing químico é um modelo de negócios colaborativos orientados para o serviço que visa desviar o foco da geração de resíduos por meio de uma abordagem de valor agregado na oferta de serviço. Neste modelo, o produtor vende as funções desempenhadas pelo produto químico, enquanto a base de pagamento é uma unidade funcional ao invés de quantidade ou volume de produto. O usuário do produto químico obtém benefícios por meio de uma redução nestes quantitativos utilizados, e um ganho de conhecimento científico e apoio ao produtor. (BARROS *et al.*, 2015, p. 223)

Como pode ser observado na definição fornecida acima, o cliente escolhe as funções e o desempenho que deseja e que são agregados ao produto de interesse e, além disso, as atividades de manutenção, bem como o tratamento e o destino dos resíduos é de inteira responsabilidade do produtor (TAVARES; BORSCHIVER, 2019). A partir daí, o pagamento pode ser feito de acordo com a área limpa, horas de procedimento executadas, número de unidades de peças tratadas, dentre outros (JAKL, 2011). Com isso, observa-se que o *leasing* químico é um modelo de negócios colaborativo, no qual cliente e produtor atuam em parceria, podendo resultar em benefícios ambientais, econômicos e de segurança para todos os envolvidos.

Como exemplos de estudos de casos de empresas que colocam em prática o *leasing* químico, pode-se citar a *Crown Beverage Limited* que é uma empresa de bebidas da franquia internacional da *Pepsi-Cola* (UNIDO, s/d.). A respeito das indústrias de bebidas, é importante dizer que são grandes consumidoras de água utilizada para a lubrificação das correias que movem as garrafas suavemente, além de hidróxido de sódio para a lavagem das garrafas retornáveis.

A empresa citada anteriormente atende ao povo de Uganda com várias marcas de refrigerante, além de exportar para outros países da região africana, e resolveu colocar em prática o *leasing* químico em parceria com a produtora *Diversey Eastern and Central Africa* (U) Ltd., que é uma indústria de produtos químicos. O objetivo principal era que a indústria de bebida deixasse de consumir a quantidade de água que era necessária anteriormente, além de não precisar lidar com o manuseio e armazenamento do hidróxido de sódio, que é uma substância que carrega certo perigo.

Após a execução do processo do *leasing*, a empresa conseguiu benefícios econômicos, como melhor gestão de estoque, parcerias a longo prazo, além de uma economia de aproximadamente 350 mil dólares; alcançou benefícios ambientais, como o uso de produtos químicos reduzidos em até 48%, consumo de água atenuado em 13 mil m^3, extinção do consumo excessivo de hidróxido de sódio, além de uma redução considerável de emissão de gás carbônico; atingiu benefícios sociais, risco reduzido de acidentes com hidróxido de sódio, o que pode melhorar o ambiente de trabalho, troca constante entre o fornecedor e a indústria que estava consumindo seus produtos, além de um suporte técnico da indústria química no próprio local para treinar os funcionários (UNIDO, s/d.).

Outro caso de *chemical leasing* que foi aplicado ocorreu no Brasil no Hotel Windsor Atlântica que firmou parceria com a empresa ECOLAB, fabricante de produtos químicos, para que suas unidades de habitação e cozinha fossem higienizadas, além dos serviços de lavanderia, e a cobrança do pagamento desse serviço seria feito por unidade de apartamento ocupada. Com essa aplicação, o hotel que possui 595 apartamentos com taxa de ocupação média de 70% passou a consumir em torno de 0,28 quilos de produtos químicos por unidade de apartamento ocupada, enquanto uma pousada de 14 apartamentos com taxa de ocupação de 50% consome, em média, 1,35 quilos de produtos pela mesma unidade (OESTREICH, 2014).

Além dessa, outra comparação foi feita entre duas unidades do mesmo hotel: enquanto a que tinha o *leasing* aplicado consumia o que já foi colocado acima, a unidade da Barra da Tijuca consumia uma quantidade de produto químico aproximadamente duas vezes acima da primeira, possuindo menos unidades de apartamentos e com uma taxa de ocupação menor. Além de trazer benefícios econômicos, outras vantagens foram tiradas desse processo, como a economia de

água da lavanderia feita a partir da reciclagem dela, além de não expor mais seus funcionários ao uso dos produtos químicos, já que estes foram aplicados pela própria empresa parceira.

Mesmo que esses dois exemplos reflitam que o *leasing* químico é uma alternativa muito importante para as indústrias reduzirem seus rejeitos e aumentarem a segurança do processo, essa realidade ainda é distante para a maioria da população que pode acabar pensando que esse formato não se adequa ao cotidiano. No entanto, já vemos algumas iniciativas que participam do dia a dia da população brasileira e mundial e que afetam diretamente nos impactos com o meio ambiente.

É o caso de algumas empresas, como Uber[8], que fornece o serviço de locomoção através de carros não próprios, e a Bike Itaú[9], que provê ao cliente o serviço de aluguel de bicicletas. Desse jeito, os clientes não precisam comprar uma bicicleta e/ou um carro para que consigam se deslocar de um ponto ao outro e ajudam a reduzir o número de automóveis na rua, bem como a quantidade de bicicletas ou carros que são produzidas por suas indústrias.

A partir do uso do serviço disponibilizado por essas duas empresas, por exemplo, a emissão de gases poluentes advindos dos automóveis diminui, bem como a quantidade de resíduos gerados por essas indústrias. Além disso, o cliente tem todo o suporte necessário pelas empresas que oferecem o serviço, disponibilizando manuais, aplicativos, dentre outras opções. A partir do exposto, fica claro que o *leasing* não se aplica apenas à indústria química e pode ser muito útil para que a população se conscientize enquanto consumidores e que impactam diretamente no ambiente.

A segunda filosofia que reflete sobre a confecção de produtos é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) que, segundo a NBR ISO 14040 (2001)

> estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto (isto é, do “berço ao túmulo”), desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição. As categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas incluem o uso de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas. (ABNT, 2001)

[8]Para saber mais sobre a empresa: Uber – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org)
[9] Para saber mais sobre a empresa: Bike Itaú – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org)

Como pode ser observado, apesar dessa definição ser fornecida pela *International Organization for Standardization* (ISO), é válido pontuar que, inicialmente, diversos estudos de ACV que pareciam ser semelhantes apresentavam conclusões distintas devido aos critérios levados em consideração, como a idade dos dados, tecnologias, logísticas, dentre outros. Essa diferença entre eles acabou causando impacto no mercado de produtos que competiam entre si e, por isso, fez-se necessária uma normalização da metodologia de ACV, feita pela ISO e que, no Brasil, foi internalizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (COLTRO, 2007).

A partir do definido anteriormente, é importante definir o que é a vida de um produto para que seja possível a compreensão da ACV. O termo “do berço ao túmulo” retrata que todas as etapas envolvidas para que algum artefato cumpra sua função são importantes e podem impactar positiva ou negativamente no meio ambiente. Essas etapas, em geral, podem ser resumidas em: extração de recursos naturais, manufatura, uso, reaproveitamento pós-uso (caso se aplique) e disposição final. É importante ressaltar que o transporte, não só na parte final, mas também o necessário para que essas fases possam ser cumpridas, faz parte da vida do produto, uma vez que é um dos grandes responsáveis pelo impacto ao ambiente (SEO; KULAY, 2006).

Dessa forma, a ACV consegue presumir os impactos ambientais derivados das diversas etapas da vida de um produto, levando em consideração, ainda, fatores que tradicionalmente não são pontuados, como a extração de matéria-prima e a disposição final do produto (WILLERS; RODRIGUES; SILVA, 2013). Para isso, a avaliação é composta por algumas fases sintetizadas na figura 4 e serão descritas abaixo (ABNT, 2001; BARBOSA JÚNIOR *et al.*, 2008; ROY *et al.*, 2009; CLAUDINO; TALAMINI, 2013):

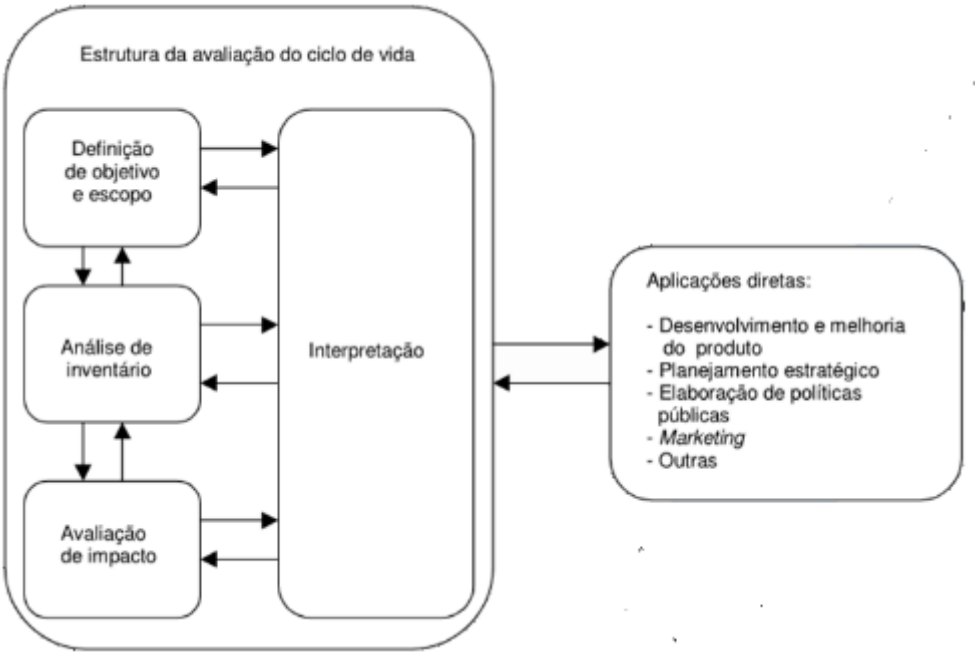


Figura 4 – Fases da ACV

Fonte: ABNT, 2001.

A primeira etapa consiste na definição do objetivo e escopo do estudo. Essa é uma das fases mais importantes, afinal, tudo o que vai ser feito posteriormente é baseado no que for proposto previamente. No objetivo, deve estar claro o que se pretende com a aplicação do estudo, as razões para isso e o público-alvo a que se destina o mesmo. Já no escopo, deve ficar evidente a unidade funcional, o sistema de dados, tipos de impacto e metodologia de avaliação deles, análise crítica, dentre outros. É importante pontuar que a ACV é uma técnica interativa e o que se propõe inicialmente pode ser modificado à medida que ela for sendo aplicada, de acordo com o que for obtido.

A fase da análise de inventário é mais demorada porque requer uma coleta de dados. Além disso, é feita a base de cálculo para dimensionar as entradas e saídas dos produtos. Como essa etapa demanda recursos intensos, é importante colocar no relatório do estudo todas as restrições práticas que podem vir a existir ao longo do percurso.

A etapa de avaliação de impacto do ciclo de vida depende dos levantamentos feitos anteriormente e busca compreender e avaliar os impactos ambientais que foram levantados no escopo do estudo e nas metas propostas na análise de inventário. Essa

fase normalmente se resume a classificação, caracterização, normatização e avaliação dos elementos contidos nos relatórios. Essa metodologia ainda é subjetiva e é essencial que se tenha uma transparência no processo para assegurar que as suposições sejam claramente relatadas e detalhadas.

A última fase que é a interpretação dos resultados consiste na interseção dos dados obtidos no inventário e na avaliação de impacto do ciclo de vida com o que foi colocado nos objetivos e no escopo do estudo, visando a obtenção de conclusões que possam servir de apoio para uma decisão ou que tragam compreensões facilitadas acerca de um determinado produto.

Dessa forma, é importante observar que a metodologia da ACV ainda está em desenvolvimento e, por demandar tempo e recursos e ainda ser considerada subjetivo, como a questão do banco de dados e do impacto do ciclo de vida, a utilização desta ainda é escassa e tende a crescer, principalmente no Brasil.

Apesar de ser um tópico, assim como o anterior, destinado formalmente às indústrias, este assunto apresenta grande relevância para o público no ensino básico. Alguns estudos de casos de ACV podem e merecem ser levados ao público jovem para que entendam que existem diversas etapas envolvidas na obtenção e na utilização de um produto e que, dependendo do interesse pessoal e específico, a escolha de um em detrimento do outro ocorre.

Como exemplo disso, pode-se colocar o estudo comparativo de ACV da sacola de plástico e da sacola de papel (JOAQUIM, 2013). A ideia desse trabalho foi avaliar o ciclo de vida das sacolas dos dois materiais do momento inicial até o final da fábrica, sem levar em conta a disposição final e o uso. Desse jeito, os fatores analisados foram: potencial de impacto, acidificação, eutrofização, toxicidade humana, ocupação de terra e aquecimento global.

Os resultados obtidos mostram que o plástico possui um desempenho geral nesses critérios superior ao papel, confrontando a ideia do plástico ser o grande vilão do século e que é uma inverdade. Obviamente, os fatores analisados não levam em conta outras situações como o descarte de ambos os materiais, nem os respectivos usos. Com isso, é importante frisar que os estudos de ACV ainda são subjetivos e podem refletir o interesse próprio de quem o está fazendo que há em cada situação. Portanto, quanto mais clareza o objetivo e o escopo (fase inicial das etapas de análise) tiverem, mais realista e esclarecedor vai ser aquele estudo.

Somado aos conceitos anteriormente descritos, é interessante discutir o conceito de Pegada Ecológica (PE) que consegue ser aplicado em diversos tópicos dos conteúdos abordados no ensino básico devido à sua abrangência. Esse conceito foi desenvolvido por Mathis Wackernagel, na década de 90 em sua tese de doutorado sob orientação do professor William Rees, que é referência no estudo sobre a PE (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2021). As primeiras publicações sobre este método foram datadas nessa mesma época, como pode ser observado em Rees (1992), Rees e Wackernagel (1996), Rees e Wackernagem (1997) e Rees e Wackernagel (1999).

De acordo com Moran *et al.* (2008),

> A Pegada Ecológica mede quanto da capacidade regenerativa da biosfera é usada pelas atividades humanas. Isso é feito calculando a quantidade de terra biologicamente produtiva e a área de água necessária para sustentar uma determinada população em seu nível atual de consumo e de eficiência de recursos. (MORAN *et al.*, 2008, p. 472, tradução própria)

De forma mais didática, a PE é a demanda ecológica de uma determinada população em relação à quantidade de terra produtiva e de água para conseguir suprir a necessidade de recursos que são consumidos por ela e, ainda, captar todo o resíduo sintetizado. De uma maneira geral, quanto maior for a demanda populacional, maior é a Pegada Ecológica (REES; WACKERNAGEL, 1996; REES, 2000).

Com isso, é preciso que se leve em consideração a quantidade de pessoas que vive em um determinado local e o quanto é consumido de recursos por elas, pensando sempre que a disponibilidade desses recursos naturais não deve ser comprometida. Esse conceito é chamado de capacidade de suporte e se relacionada diretamente com a PE (NUCCI, 1998). É importante pontuar que a quantidade de habitantes não necessariamente se relaciona de forma direta com a demanda ecológica, mas sim seus hábitos de consumo. De nada adianta uma população ser pequena se seus cidadãos consomem desenfreadamente, produzindo uma quantidade elevada de resíduos. Do mesmo jeito, uma população extensa pode ser consciente e consumir moderadamente, diminuindo diretamente a sua PE.

Uma outra forma de definir a Pegada Ecológica é através do conceito de capital natural que, segundo Hawken, Lovins e Lovins (1999),

> (...) compreende todos os conhecidos recursos utilizados pela humanidade: água, os minérios, o petróleo, as árvores, os peixes, o solo, o ar etc. Mas também abrange sistemas vivos, os quais incluem os pastos, as savanas, os mangues, os estuários, os oceanos, os recifes de coral, as áreas ribeirinhas, as tundras e as florestas tropicais. (HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 1999, p.2, tradução própria)

Sendo assim, a PE pode ser entendida a partir da capacidade de suporte como sendo a reserva de capital natural disponível para atender às necessidades de uma determinada população (CARMO, 2008). Além disso, é importante frisar que uma população seria dita como sustentável se essa reserva disponível conseguisse ser passada de uma geração para outra, conforme preza o conceito de desenvolvimento sustentável descrito anteriormente.

É válido ressaltar que a Pegada Ecológica é obtida a partir de cálculos complexos e que envolvem diversos fatores, como pontuado anteriormente. Dessa maneira, esse trabalho não vai se ater ao valor da PE e à forma como ele é obtido, mas sim aos conceitos teóricos e à conscientização da população mundial perante o consumo de recursos e a produção de resíduo desenfreados que o planeta encara.

De forma mundial, a *Global Footprint Network* é uma organização sem fins lucrativos que visa conscientizar as pessoas de todas as partes do planeta sobre seus hábitos de consumo e o impacto que isso tem diretamente no ambiente em que vivem. Uma das formas de isso acontecer é através de um mapa de todos os países que mostra, ao longo dos anos, a reserva ou o déficit ecológico de cada um deles, a pegada ecológica tanto do país quanto de cada habitante (em uma média), além da biocapacidade do país e de seus habitantes individualmente. Essa interação pode ser feita a partir do *QR Code* gerado (Figura 5) e disponibilizado abaixo:

Figura 5 – *QR Code* Mapa Global
Fonte: elaboração própria.

Além da interação no mapa, uma das ferramentas disponibilizadas pela organização também é uma calculadora na qual qualquer pessoa pode, a partir dos

seus dados de consumo, descobrir qual é a sua PE e, a partir dela, ter noção de quantos planetas seriam necessários caso toda a população vivesse de acordo os mesmos hábitos que essa pessoa vive. Geralmente, os resultados são impactantes, pois não temos a consciência do quanto de recursos que se é retirado do ambiente para suprir as necessidades que temos. Essa calculadora também pode ser acessada pelo *QR Code* gerado e disponibilizado na Figura 6.



Figura 6 – *QR Code* Calculadora Ecológica
Fonte: elaboração própria.

Outra forma interessante e extremamente importante de conscientizar os habitantes da Terra a respeito dos impactos que são causados por eles é a partir do *Overshoot Day*, também conhecido como o Dia de Sobrecarga da Terra. Esse dia representa a data exata em que a demanda populacional por recursos ecológicos excede o que a Terra é capaz de recuperar naquele ano. Essa data é calculada a partir da biocapacidade da Terra dividido pela Pegada Ecológica da Humanidade, multiplicado por 365 (WWF, 2020c).

No ano de 2020, o dia de Sobrecarga da Terra foi 22 de agosto de 2020, o que significaria dizer que, a partir desta data, o planeta não conseguiria mais regenerar os recursos naturais que foram demandados pela população. É importante dizer que nesse ano, essa data ficou vinte e quatro dias após o dia previsto em 2019, e isso pode ser explicado devido à pandemia de COVID-19 que fez com que as pessoas ficassem mais tempo em suas residências e modificassem parcialmente seus hábitos, diminuindo consideravelmente o consumo e a consequente poluição. Já em 2022, o dia de sobrecarga foi 28 de julho de 2022.

Também é possível calcular essa data para cada país, de acordo com os padrões de consumo de seus habitantes. Para 2022, o previsto *Overshoot Day* para cada país pode ser observado abaixo (Figura 7):

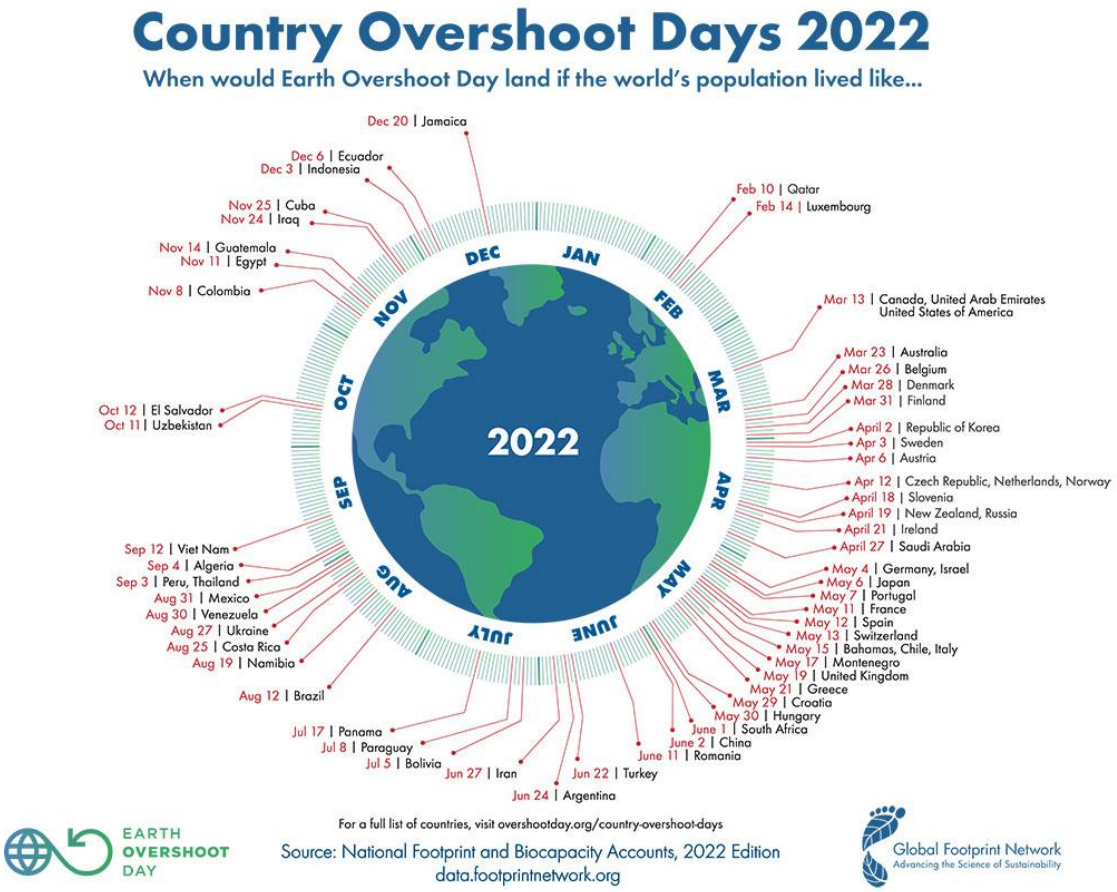


Figura 7 – Dia de Sobrecarga da Terra por país
Fonte: EARTH OVERSHOOT DAY. Country overshoot days 2022. Disponível em https://www.overshootday.org/newsroom/country-overshoot-days/. Acesso em 18 de abr. de 2022.

Como observado até aqui, de uma maneira geral, os conceitos abordados anteriormente são relacionados com a indústria química e os processos externos à sala de aula. No entanto, é importante pontuar que eles também podem ser associados ao conteúdo teórico desenvolvido nos três anos do Ensino Médio, promovendo nos estudantes uma criticidade em relação ao papel que exercem perante o meio ambiente e suas consequências diretas e indiretas. No entanto, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para o ensino de ciências versam que,

> (...) A aprendizagem de concepções científicas atualizadas no mundo físico e natural e o desenvolvimento de estratégias de trabalho centradas na solução de problemas é finalidade da área, de forma a aproximar o educando do trabalho de investigação científica e tecnológica, como atividades institucionalizadas de produção de conhecimentos, bens e serviços. (BRASIL, 1998, p. 21)

Dessa forma, a fim de vigorar o que está proposto pelo documento, o trabalho de investigação pode ser feito com o educando nos laboratórios escolares, onde a prática e a teoria, além de confrontadas, podem ser estudadas e investigadas, o que colabora para a construção de saberes e conhecimentos dos educandos, além da resolução de problemas.

Mais especificamente para o Ensino Médio, setor no qual a Química é abordada de forma direta, os Parâmetros Curriculares (PCNEM) propõem que

> (...) a experimentação faz parte da vida, na escola ou no cotidiano de todos nós. Assim, a ideia de experimentação como atividade exclusiva das aulas de laboratório, onde os alunos recebem uma receita a ser seguida nos mínimos detalhes e cujos resultados já são previamente conhecidos, não condiz com o ensino atual. As atividades experimentais devem partir de um problema, de uma questão a ser resolvida. (BRASIL, 2002, p. 55)

Com isso, fica claro que a experimentação deve ser proposta sempre que possível, mas como uma construção de saberes a partir de um questionamento que deve ser relevante para o estudante que está vivenciando-a. E, como dito anteriormente, as atividades não precisam se resumir às aulas de laboratório e, ainda mais, podem estar relacionadas diretamente à química sustentável, visando analisar o grau no qual uma proposta experimental atende ou não os princípios da QV (SANDRI; SANTIN FILHO, 2016).

Esse grau é chamado de verdura química e o emprego de métricas de verdura é uma medida promissora para que se consiga analisar de forma criteriosa a aproximação ou o distanciamento dos experimentos e processos químicos com a filosofia verde (COSTA; RIBEIRO; MACHADO, 2012; MACHADO, 2014). Entretanto, a análise delas envolve uma série de fatores empregados que possibilitam a avaliação de diversos elementos como: produção de resíduos, desprendimento energético, segurança química, dentre outros que se relacionam diretamente com os doze princípios propostos pela QV.

Para a seleção do conjunto de métricas a ser utilizado, são discutidas na literatura as métricas de massa, ambientais e holísticas (MACHADO, 2014). As métricas de massa, de acordo com Machado (2014), foram criadas a partir da grande demanda de resíduos gerados pelas atividades das indústrias químicas e, ainda segundo Sandri e Filho (2017),

> são dirigidas a avaliar a eficácia de utilização dos átomos – produtividade atômica e geração de resíduos. Foram as primeiras métricas de verdura a serem propostas na década de 1990. Essas métricas foram denominadas economia atômica, concebida por Trost em 1991, e fator E, da autoria de Sheldon em 1992. (SANDRI E FILHO, 2017, p. 5)

Já as métricas ambientais, como o nome já induz, busca avaliar os impactos ambientais envolvidos em todo o processo de fabricação, incluindo os produtos químicos, desde o teor das substâncias utilizadas (se trazem algum perigo) até o consumo excessivo de recursos naturais. Quanto menos impactos negativos e riscos ao meio ambiente os processos químicos causarem, maior será a verdura química deles, esperando-se algo perto da idealidade que é a ausência de todo e qualquer impacto e risco. Como isso é praticamente impossível de ser alcançado, devido à complexidade de todos os perigos envolvidos, é importante ter a ideia de que a atenuação dos riscos, por menor que seja, vai favorecer um processo em detrimento do outro (MACHADO, 2014).

Para finalizar, as métricas holísticas visam analisar, segundo Machado (2014), os aspectos químicos, energéticos e ambientais, através de ferramentas mais simples, que não exijam dados numéricos e cálculos rebuscados, e que podem ser utilizadas em laboratórios. Dessa forma, as métricas do Quadro Verde, Círculo Verde, Estrela Verde e Matriz Verde, que foram discutidas ao longo da disciplina e dispostas aqui em ordem crescente de complexidade, são viáveis para serem utilizadas no ensino básico e serão resumidas a seguir, a partir da descrição dos autores Machado (2014), Costa (2011), Sandri e Filho (2017) e Ribeiro e Machado (2013).

- **Quadro Verde:** Surge como uma primeira possibilidade de avaliar os processos químicos, objetivando uma análise de forma rápida e inicial da verdura química do caso, sem obter rigor em seus resultados. Dessa forma, é uma alternativa viável quando se deseja comparar dois ou mais processos possíveis para se chegar em um mesmo produto, sem se aprofundar muito nos detalhes de cada um deles. Inicialmente, monta-se um quadro no qual a primeira coluna se refere às características mais importantes do processo reacional, seja em relação aos compostos utilizados ou até mesmo às condições reacionais, dispostas na vertical; é importante, então, que se evite qualquer tipo de esquecimento ou até mesmo omissão nesse momento, pois isso pode tornar as análises falaciosas. Em contrapartida, na primeira linha da tabela, dispõem-se, na horizontal, os doze princípios da QV,

formando uma tabela cuja interseção significa se cada característica atende ou não ao princípio referido. Caso o princípio analisado seja cumprido, deve-se atribuir o símbolo “+”; caso contrário, atribui-se o valor “-”; e, ainda, caso a análise daquela característica e princípio não tenha cabimento, coloca-se o número “0” na tabela. Ainda assim, existe a possibilidade de se acrescentar um ponto de interrogação ao lado de cada valor atribuído quando não houver certeza sobre o que está sendo analisado. Sendo assim, apesar da subjetividade dessa métrica, a proporção entre os sinais de + e – consegue prever uma verdura maior em um processo ou outro e pode incentivar um olhar para a verdura química de forma global, pensando em todos os princípios de forma simultânea.

- **Círculo Verde:** É resultado da tentativa de eliminação dos aspectos subjetivos presentes no quadro verde. Essa métrica é constituída por um círculo que é dividido em um número específico de setores, que representa exatamente a quantidade de princípios analisados no processo reacional. Essa avaliação é feita de forma binária: caso o princípio seja atendido, utiliza-se a cor verde ou cinza claro; caso contrário, pinta-se o setor de vermelho ou cinza escuro. Além da representação das cores, é possível designar um valor numérico a cada círculo, facilitando a comparação entre dois ou mais procedimentos que apresentam círculos com distribuição de cores muito diferentes e que possa confundir visualmente. Esse valor é calculado pelo quociente entre o número de princípios cumpridos e o número total de princípios avaliados, multiplicado por 100, obtendo-se um valor entre 0 e 100. Em relação ao cumprimento ou não dos princípios para a construção do círculo, é necessário verificar os critérios dispostos no Quadro 1, proposta por Machado (2014).

Quadro 1. Critérios para avaliação dos princípios da QV na confecção do círculo verde

Princípio	Critérios
P1 – Prevenção	Não se formam resíduos, ou quando se formam têm riscos baixos para a saúde humana e para o ambiente
P2 – Economia Atômica	Reações sem reagentes em excesso (≤10%) e sem formação de coprodutos (não se considera a água)
P3 – Síntese menos perigosas	Todas as substâncias envolvidas são inócuas ou têm riscos baixos para a saúde humana e para o ambiente
P5 – Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras	Não se utilizam solventes nem outras substâncias auxiliares, ou quando se utilizam têm riscos baixos para a saúde humana e para o ambiente

P6 – Planificação para a eficácia energética	Pressão e temperatura ambientais
P7 – Uso de matérias-primas renováveis	Todos os reagentes/matérias-primas envolvidos são renováveis
P8 – Redução de derivatizações	Não se utilizam derivatizações
P9 – Catalisadores	Não são necessários catalisadores ou quando se utilizam têm riscos baixos para a saúde humana e para o ambiente
P10 – Planificação para degradação	Todas as substâncias envolvidas são degradáveis com os produtos de degradação inócuos
P12 – Química inerentemente mais segura	As substâncias envolvidas têm um risco baixo de acidente químico

Fonte: MACHADO, 2014.

A partir do quadro exposto, pode-se observar que alguns critérios envolvem a análise de riscos e perigos das substâncias químicas envolvidas nos processos reacionais. Dessa forma, é preciso procurar nas Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) referentes a cada composto seus riscos inerentes à saúde, ambiente, inflamabilidade e reatividade, de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 – Critérios para avaliação dos riscos e perigos para construção do círculo verde

Riscos	**Indicação de risco**	
Riscos das substâncias envolvidas		
Saúde	C - Corrosivo; T - Tóxico; T+ - Muito tóxico Xn - Prejudicial; Xi - Irritante Nenhuma indicação	Elevado Moderado Baixo
Ambiente	N - Perigoso para o ambiente Nenhuma indicação	Elevado Baixo
Risco de acidente químico		
Saúde	C - Corrosivo; T - Tóxico; T+ - Muito tóxico Xn - Prejudicial; Xi - Irritante Nenhuma indicação	Elevado Moderado Baixo
Inflamabilidade	F - Muito inflamável; F+ - Extremamente inflamável Nenhuma indicação	Elevado Baixo
Reatividade	E - Explosivo; O - Agente oxidante Nenhuma indicação	Elevado Baixo

Fonte: MACHADO, 2014.

Juntando as informações do Quadro 1 com o Quadro 2, é possível confeccionar o círculo verde de forma relativamente rápida, sendo uma métrica que permite uma visão rápida dos resultados de análise.

- **Estrela Verde:** É uma métrica representada por uma estrela que possui o número de pontas correspondente ao número de princípios analisados no processo e o comprimento de cada ponta vai ser proporcional ao nível de cumprimento do princípio. Esse grau é pautado em uma pontuação que vai de 1 a 3, onde 1 representa ausência total de verdura, e 3 seria algo plenamente verde; caso algum dado seja omitido no processo, atribui-se o valor 1 para o tópico que está sendo analisado, como um critério de precaução. A confecção da estrela segue os seguintes passos: 1- produzir um inventário acerca da todas as substâncias utilizadas e produzidas, incluindo solventes, catalisadores, coprodutos, etc); 2- recolher as informações de perigos de cada uma dessas substâncias nas respectivas FISPQs; 3- pontuar as substâncias (de 1 a 3) de acordo com cada risco que ela apresenta, seja para a saúde, para o ambiente ou até mesmo um risco físico; 4- pontuar o cumprimento dos princípios, também de 1 a 3, que deve seguir os critérios propostos no Quadro 3; 5- construir a estrela, a partir do preenchimento das tabelas de pontuação dos riscos e princípios disponíveis em um arquivo de Excel já programado[10]. A partir da inserção dos dados, a estrela é criada automaticamente na forma de um gráfico do tipo radar.

Quadro 3 – Critérios e pontuações para a confecção da Estrela Verde

Princípios da Química Verde	**Pontuação (p)**	**Critérios**
P1 – Prevenção	**3**	Todos os resíduos são inócuos
	2	Formação de pelo menos um resíduo que envolva perigo moderado para a saúde e ambiente
	1	Formação de pelo menos um resíduo que envolva perigo elevado para a saúde e ambiente
P2 - Economia atómica	**3**	Reações sem reagentes em excesso (≤10%) e sem formação de coprodutos
	2	Reações sem reagentes em excesso (≤10%) e com formação de coprodutos
	2	Reações com reagentes em excesso (>10%) e sem formação de coprodutos
	1	Reações com reagentes em excesso (>10%) e com formação de coprodutos
P3 – Sínteses	**3**	Todas as substâncias envolvidas são inócuas

[10] Disponível em http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/construcao_ev

menos perigosas	**2**	As substâncias envolvidas apresentam perigo moderado para a saúde e ambiente
	1	Pelo menos uma das substâncias envolvidas apresenta perigo elevado para a saúde e ambiente
P5 – Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras	**3**	Os solventes e as substâncias auxiliares não existem ou são inócuas
	2	Os solventes e as substâncias auxiliares usadas envolvem perigo moderado para a saúde e ambiente
	1	Pelo menos um dos solventes ou uma das substâncias auxiliares usadas envolve perigo elevado para a saúde e ambiente
P6 – Planificação para conseguir eficácia energética	**3**	Temperatura e pressão ambientais
	2	Pressão ambiental e temperatura entre 0ºC e 100ºC que implique arrefecimento ou aquecimento
	1	Pressão diferente da ambiental e/ou temperatura > 100 ºC ou menor do que 0 ºC
P7 – Uso de matérias primas renováveis	**3**	Todos os reagentes/matérias-primas envolvidos são renováveis
	2	Pelo menos um dos reagentes/matérias-primas envolvidos é renovável, não se considera a água
	1	Nenhum dos reagentes/matérias-primas envolvidos é renovável, não se considera a água
P8 – Reduzir derivatizações	**3**	Sem derivatizações ou com uma etapa
	2	Usa-se apenas uma derivatização ou duas etapas
	1	Usam-se várias derivatizações ou mais do que duas etapas
P9 – Catalizadores	**3**	Não se usam catalisadores ou os catalisadores são inócuos
	2	Utilizam-se catalisadores que envolvem perigo moderado para a saúde e ambiente
	1	Utilizam catalisadores que envolvem perigo elevado para a saúde e ambiente
P10 – Planificação para a degradação	**3**	Todas as substâncias envolvidas são degradáveis com os produtos de degradação inócuos
	2	Todas as substâncias envolvidas que não são degradáveis podem ser tratados para obter a sua degradação com os produtos de degradação inócuos
	1	Pelo menos uma das substâncias envolvidas não é degradável nem pode ser tratado para obter a sua degradação com produtos de degradação inócuos
P12 – Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes	**3**	As substâncias envolvidas apresentam perigo baixo de acidente químico
	2	As substâncias envolvidas apresentam perigo moderado de acidente químico
	1	As substâncias envolvidas apresentam perigo elevado de acidente químico

Fonte: RIBEIRO, M. G. T. C.; MACHADO, A. A. S. C. Construção da Estrela Verde. Portugal, c2014. Tradução própria. Adaptado. Disponível em: http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/construcao_ev. Acesso em 29 mar. 2021.

Além da parte gráfica, o arquivo disponível fornece uma grandeza numérica que traduz a área verde da estrela e permite uma comparação mais rápida e eficaz entre dois processos. Esse valor é chamado de Índice de Preenchimento da Estrela (IPE) e é calculado a partir do quociente entre a área da estrela obtida e a área da estrela que teria verdura máxima, multiplicado por 100. Quanto maior for esse valor, maior a verdura química do processo.

Como essa é uma métrica que possui uma representação gráfica, é possível comparar dois ou mais procedimentos reacionais a partir da visualização imediata e facilitada que ela traz, além de ter o IPE caso alguma dúvida exista. Além disso, é possível, a partir do desenho, identificar quais os princípios devem ser focados para que se consiga melhorar a verdura química do processo como um todo, propondo modificações pontuais e diretas no experimento, mesmo que esse procedimento não consiga ser executado. Ou seja, é possível estabelecer as estrelas verdes de um experimento proposto na literatura, sem executá-lo e, ainda assim, conseguir esverdeá-lo a partir de propostas específicas em cada princípio que possua um desempenho ruim em relação à verdura química.

- **Matriz Verde:** Essa métrica se baseia, principalmente, na análise dos mesmos critérios expostos na confecção do círculo verde (Quadro 1), somada a uma análise SWOT. Esse acrônimo é oriundo da união das palavras inglesas: *Strenghts*, que são pontos fortes; *Weakness*, caracterizados como pontos fracos; *Opportunities*, que são oportunidades e *Threats*, que são as ameaças. Em relação aos pontos fortes e fracos, caracterizados como itens de uma análise interna, Machado (2014) propôs dez dimensões de análise que estão dispostas no Quadro 4.

Quadro 4 – Dimensões de análise interna para construção da matriz verde

Dimensões de Análise	Ponto Forte	Ponto Fraco
P1 Riscos dos resíduos para saúde e ambiente	Não ocorre formação de resíduos ou os resíduos têm riscos baixos para a saúde humana e o ambiente	Ocorre formação de resíduos com riscos moderados/elevados para a saúde humana e/ou o ambiente
P2 Excesso de reagentes e	Excesso de reagentes ≤10% e não ocorre formação de coprodutos	Excesso de reagentes >10% e/ou ocorre formação de coprodutos

formação de coprodutos		
P3 Riscos para a saúde e ambiente devido às substâncias envolvidas	As substâncias envolvidas têm riscos baixos para a saúde humana e o ambiente	As substâncias envolvidas têm riscos moderados/elevados para a saúde humana e o ambiente
P5 Riscos para a saúde e dos solventes e/ou de outras substâncias	Não se utilizam solventes nem outras substâncias auxiliares ou utilizam-se mas têm riscos baixos para a saúde humana e o ambiente	Utilizam-se solventes e/ou outras substâncias auxiliares com riscos moderados/elevados para a saúde humana e/ou o ambiente
P6 Pressão e temperatura	Usa-se a pressão e temperatura ambientais	Usa-se pressão ou temperatura diferente da ambiental
P7 Utilização de substâncias renováveis	Todos os reagentes/matérias-primas envolvidos são renováveis	Pelo menos um dos envolvidos são renováveis
P8 Utilização de derivatizações	Não são utilizadas	São utilizadas
P9 Utilização de catalisadores	Não são necessários catalisadores ou têm riscos baixos para a saúde humana e o ambiente	Utilizam-se catalisadores com riscos moderados/elevados para a saúde humana e o ambiente
P10 Utilização de substâncias degradáveis a produtos inócuos	Todas as substâncias envolvidas são degradáveis a produtos inócuos	Pelo menos uma das substâncias não é degradável a produtos inócuos
P12 Riscos de acidente químico devido às substâncias envolvidas	As substâncias envolvidas têm riscos baixos de acidente químico	As substâncias envolvidas têm riscos moderados/elevados de acidente

Fonte: MACHADO, 2014.

Dessa forma, cada princípio cumprido é relacionado como um ponto forte, enquanto um que não se cumpre é considerado um ponto fraco. Quanto maior for o número de pontos fortes e, consequentemente, menor o de pontos fracos, maior será a verdura química do procedimento que se está analisando.

Já em relação à análise externa, são considerados os aspectos que podem transformar um ponto fraco em forte (oportunidades) e as dificuldades inerentes a esse processo (ameaças). O Quadro 5 expõe essas dimensões propostas por Machado (2014).

Quadro 5 – Dimensões de análise externa para construção da Matriz Verde

Oportunidades	**Ameaças**
Substituir as substâncias com riscos moderados/elevados por substâncias com riscos baixos Eliminar o uso de solventes ou substituir os solventes usados por outros com riscos baixos Otimização do processo para aumentar a economia atômica (condições estequiométricas ou quase estequiométricas) Otimização do processo do ponto de vista energético, procurando a realização a pressão e temperatura ambientais Utilização de reagentes catalíticos com riscos baixos em vez de reagentes estequiométricos Não utilização de derivatizações Substituir as substâncias não degradáveis por outras degradáveis, com os produtos de degradação inócuos; Substituir as substâncias não-renováveis por outras renováveis.	Dificuldades de realização nas condições referidas nas oportunidades por razões econômicas ou por não existirem alternativas conhecidas

Fonte: MACHADO, 2014.

A partir do quadro acima, leva-se em consideração, para as oportunidades, os fatores que podem levar ao cumprimento de princípios que ainda estão nos pontos fracos, aumentando o número de pontos fortes. Já para as ameaças, são questionados os valores externos dos mais diversos tipos que podem fazer com que o cumprimento de alguns princípios seja inviável, podendo criar dificuldades para que as melhorias necessárias sejam feitas.

Assim sendo, a matriz verde possui o esquema ilustrativo proposto abaixo (Quadro 6). Pode-se perceber, então, que essa métrica exige um detalhamento maior em comparação ao quadro e círculo verdes. No entanto, por não ser uma métrica que tem como produto algo gráfico, como as duas últimas, por exemplo, pode ser que a visualização dos resultados não seja imediata, mas isso pode ser contornado com a complementação dessa e de alguma outra métrica gráfica, como o círculo verde ou a própria estrela.

Quadro 6 – Esquema ilustrativo da matriz verde

Pontos fortes	**Pontos fracos**
Oportunidades	**Ameaças**

Fonte: elaboração própria.

Como observadas, as métricas holísticas são possibilidades viáveis de trabalhar a QV no ensino básico, focando não só nos doze princípios propostos por Anastas e Warner (1998), mas também nas oportunidades, ameaças, perigos etc. intrínsecos aos processos químicos. É importante pontuar que esses conceitos podem ser trabalhados nas escolas que não possuem o espaço do laboratório de Química, uma vez que a análise teórica dos procedimentos também pode levar ao estudo das métricas de verdura química, propondo mudanças teóricas nos experimentos. Ainda assim, esse assunto pode se tornar mais relevante para os estudantes quando são convidados a executarem as práticas e suas possíveis modificações.

No entanto, é sabido que muitas escolas e grande parte dos cursos de graduação da área de Química que formam os professores do ensino básico não apresentam as noções de Biossegurança incluídas em seus currículos, o que pode fazer com que acidentes sejam frequentes em laboratórios (COSTA *et al.*, 2020).

De acordo com esses autores, a Segurança Química pode ser definida como

> (...) um conceito global que visa assegurar a proteção da saúde, da vida, e das condições normais do ambiente, em busca de um equilíbrio entre os aspectos sociais, econômicos, e ambientais gerados pelo uso dessas substâncias. (COSTA *et al.*, 2020, p. 554)

No Brasil, esse conceito é abordado no ramo da Biossegurança e possui duas vertentes: a legal, que é amparada pela lei de número 11.105, de 24 de março de 2005, denominada de Lei de Biossegurança, além da praticada, que envolve os riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e psicossociais, fazendo parte do contexto da Segurança Ocupacional (COSTA; COSTA, 2012; CARVALHO; COSTA, 2010).

No entanto, essa discussão a nível mundial não é recente. Esse tema começou a ter grande destaque após a II Guerra Mundial, a partir da demanda elevada de novos produtos químicos, principalmente por causa da mudança da base de carvão

para petróleo. Com o rápido desenvolvimento econômico e tecnológico, as plantas industriais cresceram desenfreadamente e os processos produtivos se tornaram mais complexos. (FREITAS *et al.*, 1995). Da mesma forma, aumentou também o número de pessoas que trabalhavam com este tipo de indústria e manuseavam substâncias perigosas, desde a produção até o armazenamento, ficando expostas ao risco de acidentes e prejuízos.

Pode-se acrescentar, ainda sobre as ideias de segurança que já eram discutidas, a criação do movimento intitulado *Responsible Care* que surgiu no Canadá, em 1985, advindo da indústria química para a própria indústria química. Esse movimento tinha como objetivo a redução de emissões tóxicas através da mudança de práticas e processos químicos industriais, comunicando ao público externo à indústria essas melhorias, a fim de que pudessem atingir a primazia nas áreas de segurança, seja no viés da saúde ou ambiental (EMBER, 1991). Esse movimento corroborou com a filosofia da EPA, *Environmental Protect Agency*, criada em 1970, cujo objetivo principal ainda é proteger a saúde humana e o meio ambiente.

Sendo assim, é essencial que a discussão sobre a segurança nos processos químicos esteja em voga e os conceitos sejam disseminados para o máximo de pessoas possível. Nesse sentido, a formação de professores possui um papel fundamental, pois permite que os docentes que ali se formam tenham uma visão mais completa acerca da ciência química (LEITE; RODRIGUES, 2018).

Em relação aos órgãos públicos, foi criado em 2001 a Comissão Nacional de Segurança Química (CoNaSQ), que é vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, e que estabeleceu, em 2014, o Grupo Técnico de Educação em Segurança Química. Este grupo foi criado para promover atividades educativas, gerar discussões e ideias para que o ensino da segurança possa ser levado às instituições de ensino (BRASIL, 2018a).

De acordo com o documento gerado a partir da Semana de Segurança Química, proporcionada pela Fundacentro, que ocorreu em 2017,

> A Educação em Segurança Química deve abranger todos os processos permanentes de aprendizagem e formação individual e coletiva para a reflexão e construção de valores, saberes, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências, visando à melhoria da qualidade de vida e uma relação sustentável da sociedade humana com os produtos químicos, indispensáveis ao atual modelo da civilização. (FUNDACENTRO, 2017, s.p.)

A partir do exposto, é importante, então, que se pense nos pilares que sustentam a Segurança Química, propostos por *The Global Home of Chemical Engineers/Center for Chemical Process Safety* (AIChE/CCPS) (2007) e que serão resumidos a diante.

- O primeiro pilar é o Comprometimento com a Segurança do Processo, que envolve alguns elementos, como: cultura, que assim como todas as outras, é um processo de implementação lento e gradual, feito através de divulgação, discussões, e que depende das regras locais. Devido a essa dependência, é importante que haja cobrança de todas as partes, mesmo que a atitude de uma pessoa não afete diretamente em você. Outro elemento que justifica a cobrança é a obediência legal e normativa, já que os padrões a serem seguidos se encontram na legislação, o que pode só abranger uma parte dos riscos, já que nem tudo se encontra nas leis. Além desses dois elementos, nesse pilar é trabalhado a competência e a segurança, levando em conta o nível de conhecimento das pessoas acerca do tema, além do envolvimento da força de trabalho que é necessário o engajamento dos funcionários para que haja segurança, tendo a mesma ideia que a cultura. O último elemento é o *stakeholder* que é algum indivíduo interessado no que está sendo feito no processo químico (como acionistas ou a própria sociedade do entorno) e eles precisam estar conscientes do que ocorre e a forma como ocorre. Trazendo o paralelo para o laboratório de Química que existe nas escolas, os pais dos estudantes agem como interessados no processo que acontece dentro do laboratório e, por isso, devem ter responsabilidade também em relação à segurança de seus filhos.

- O segundo pilar age sobre a Compreensão dos Riscos e Perigos que busca conhecer e entender o processo e identificar os riscos e perigos. Nesse momento, a pergunta “o que pode dar errado?” deve ser feita, para identificar o que pode vir a acontecer de ruim e estabelecer a gravidade de cada evento para se determinar as prioridades de intervenção.

- O terceiro pilar aborda o Gerenciamento do Risco. É importante frisar que não há a premissa de que os riscos não existem, mas criam-se procedimentos operacionais, baseado no que é estabelecido no segundo pilar, para saber se há a possibilidade de modificação das etapas envolvidas no processo todo. Para diminuir os riscos de acidentes, é necessário que se tenha práticas de trabalho seguras, uma vez que essas manutenções extras, como a manutenção do sistema elétrico e de

refrigeração, podem reduzir as chances de que algo externo ao processo possa influenciar ou causar um evento acidental. Além disso, é importante que se tenha a integridade e confiabilidade do que existe dentro do espaço operacional, seja máquina ou pessoas. Dessa maneira, é necessário treinamentos e capacitações para haver uma condução do operacional sem maiores problemas, além de uma gestão de contratados e de mudança sob controle, para avaliar os riscos antes de fazer qualquer mudança interna. A partir de todos esses gerenciamentos, é essencial que haja também o gerenciamento de emergência, para que a brigada do local esteja preparada para possíveis eventos e saibam como agir caso aconteça em algum momento.

- O quarto e último pilar é sobre o Aprendizado com a Experiência, levantando que, mesmo que ainda não tenha acontecido nenhum acidente, é através das métricas e indicadores, que se consegue a precaução, como o exemplo do uso de Equipamentos de Proteção Individual. Além desse ponto, é interessante que se investigue todos os incidentes e acidentes que já ocorreram, a fim de evitar que se repitam. Para isso, é necessário que se tenha a cultura da segurança instaurada para que as pessoas entendam que a investigação não leva necessariamente à punição e, com isso, se escondam com medo de que levem a culpa dos acidentes. Esse fato é comum também nas auditorias, que, quando acontecem, costumam ter problemas omitidos para que não haja penalidades, principalmente financeiras.

Percebe-se que as medidas propostas, se colocadas em prática, conseguem prevenir possíveis acidentes químicos, em grande ou pequena proporção, como os que acontecem em escolas, devido ao manuseio de substâncias não tão perigosas quanto as da indústria química. No entanto, é válido ressaltar que é incomum existir nas escolas um cargo direcionado para a avaliação dos riscos que podem estar presentes nos procedimentos experimentais e no uso dos laboratórios. Além disso, é comum que os responsáveis depositem toda a responsabilidade no professor que está lecionando a aula, isentando a instituição de seu comprometimento.

Dessa forma, é importante que os conceitos de Segurança Química estejam presentes o quanto antes na formação estudantil para que os discentes cresçam com essa cultura e propaguem suas ideias a fim de que a população tenha consciência da responsabilidade comunitária, bem como da necessidade da precaução, principalmente em laboratórios e indústrias químicas.

Além de todos os conceitos explanados anteriormente, é importante acrescentar que o ensino focado no meio ambiente já é algo previsto desde as Leis de Diretrizes e Bases (LDB) da educação nacional, vigorada em 1996, e precisa ser colocado em prática, seja a partir dos doze princípios, seja através da filosofia verde e suas ramificações. Portanto, é necessário que haja uma reflexão acerca da legislação que versa sobre o tema e o que já vem sendo cobrado dos estudantes em exames de vestibular, como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), além do proposto pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018b).

2.4. O ensino de Química Verde

2.4.1. O que a legislação prevê

A preocupação com o meio ambiente, de uma maneira geral, já era algo previsto na Constituição da República Federativa do Brasil, proposta em 1988, quando diz que

> Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988, p.36)

A ideia presente no trecho exposto vai ao encontro do conceito de desenvolvimento sustentável aqui já apresentado, mostrando que a responsabilidade é não só do poder público, mas também de todos os cidadãos que prezam por uma qualidade de vida.

Desse modo, é importante que essa filosofia esteja presente nas escolas desde o ensino básico para que os estudantes consigam entender a relevância de suas ações e pensamentos perante o meio ambiente. Inclusive, algumas legislações vigoram há mais de vinte anos e versam sobre a educação voltada para o meio ambiente, mas o que se observa ainda são ações estanques e descoladas dos conteúdos previstos pelos currículos (SANTINELO *et al.*, 2016).

Sobre essas legislações, pode-se destacar:

- A Lei de Diretrizes e Bases (LDB) da Educação Nacional, aprovada em 1996, que em seu artigo 26, no parágrafo 1° diz que “os currículos (...) devem abranger, obrigatoriamente, (...) o conhecimento do mundo físico e natural e da realidade social e política, especialmente do Brasil” (BRASIL, 1996, p. 27836). Essa obrigatoriedade de conhecer o mundo físico e natural deixa subentendido que os discentes precisam ir além dos conteúdos previstos por cada disciplina e a necessidade da ciência sobre o que acontece além dos muros da escola, levando o que aprendem em sala de aula para seus contextos individuais e coletivos.

- A Lei n° 9.795, de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), partindo da definição de educação ambiental, que em seus artigos 1° e 2° propõe que

> Art. 1° Entendem-se por educação ambiental 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.
>
> Art. 2° A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal. (BRASIL, 1999, p. 1)

Além dessa definição ser essencial para o direcionamento da construção de aulas e atividades, fica evidente a consonância com a filosofia da QV, principalmente no que diz respeito à sustentabilidade, devendo estar em todos os níveis e modalidades de ensino. Ou seja, é necessário que os conceitos de QV sejam disseminados o quanto antes, desde o ensino básico e não se atenha apenas às universidades.

Nessa mesma lei, há a instauração da Política Nacional de Educação Ambiental, que envolve diversos órgãos e entidades relacionados ao governo e ao meio ambiente, além das instituições de ensino da esfera pública e privada, e propõe que o primeiro passo a ser feito deva ser a capacitação de recursos humanos que se volta para

> I - a incorporação da dimensão ambiental na formação, especialização e atualização dos educadores de todos os níveis e modalidades de ensino;

> II - a incorporação da dimensão ambiental na formação, especialização e atualização dos profissionais de todas as áreas;
> III - a preparação de profissionais orientados para as atividades de gestão ambiental;
> IV - a formação, especialização e atualização de profissionais na área de meio ambiente;
> V - o atendimento da demanda dos diversos segmentos da sociedade no que diz respeito à problemática ambiental. (ibid, p. 2-3)

A primeira proposta é, então, se debruçar no processo de formação e atualização dos educadores de todos os níveis e modalidades de ensino, que, conforme já foi trabalhado na introdução deste trabalho, nem sempre se volta à discussão dos conceitos de QV como disciplinas obrigatórias no currículo, o que pode formar professores distantes desses ideais.

- A Lei n° 3.325, também de 1999, que veio como uma complementação da lei 9.795 no âmbito do estado do Rio de Janeiro. Indo na mesma direção dos princípios da Química Verde, o artigo 3° desta lei prevê que, no processo educativo como um todo, todos têm direito à educação ambiental e que cabe

> à sociedade como um todo, manter atenção permanente à formação de valores, atitudes e habilidades que propiciem atuação individual e coletiva voltada para a prevenção, a identificação e a solução de problemas ambientais. (RIO DE JANEIRO, 1999, p. 2)

- A Lei n° 10.172, de 2001, que aprova o Plano Nacional de Educação e dá outras providências acerca do ensino em suas diversas modalidades e discorre que, para o Ensino Médio, “a educação ambiental, tratada como tema transversal, será desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em conformidade com a Lei nº 9.795/99” (BRASIL, 2001, p. 21). Fica claro, então, que a educação voltada para o meio ambiente deve abranger as diversas disciplinas que os estudantes têm aulas, buscando sempre integrar os conhecimentos.

Além das legislações dispostas, é importante, ainda, que nos debrucemos sobre os documentos que amparam a composição dos currículos do Ensino Médio, no caso da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), e o principal sistema de acesso ao ensino superior, que é o exemplo da matriz de referência das habilidades e competências do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

A BNCC é uma exigência do Sistema Nacional de Educação, e “apresenta os Direitos e Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento que devem orientar a

elaboração de currículos para as diferentes etapas de escolarização" (BRASIL, 2016, p. 4). Nesse sentido, a base se apresenta como um documento norteador dos currículos, sejam eles de escolas estaduais e/ou municipais ou até mesmo da rede privada. A discussão em torno dessa temática se iniciou em 2015, quando a primeira versão da BNCC foi disponibilizada (BRASIL, 2015). No ano seguinte, uma segunda versão foi proposta para debate (BRASIL, 2016) e, baseada nela, a terceira versão para o Ensino Médio foi redigida e homologada pelo Conselho Nacional de Educação em 2018 (BRASIL, 2018b).

Em relação a esse último documento da Base, focado no Ensino Médio[11] e na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (que é a área que abrange as disciplinas de Física, Química e Biologia), podemos destacar a **competência 1** que concorda com o que é posto sobre a Química sustentável. Essa competência busca

> analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e 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 global. (BRASIL, 2018b, p. 554)

Como pode ser visto, essa competência se aproxima dos doze princípios da QV quando busca ações individuais e coletivas relacionadas aos processos produtivos objetivando a minimização dos impactos socioambientais. Dentro desta competência, todas as habilidades são relacionadas à promoção de um ensino e um comportamento mais sustentáveis, conversando diretamente com a filosofia verde. Como exemplo, destacam-se **duas dessas habilidades** que apresentam em seus textos expressões chave para a QV, como desenvolvimento sustentável, toxicidade, descarte responsável, dentre outras.

> **(EM13CNT101)** Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

[11] Importante ressaltar que, ao longo da realização desta pesquisa, o governo editou a Medida Provisória 746/2016, que alterava de forma substancial a estrutura do Ensino Médio. Esta MP transformou-se na Lei 13.415, de 16 de fevereiro de 2017, que institui o chamado Novo Ensino Médio e promove mudanças estruturais neste segmento a partir de 2022, incluindo a submissão do ENEM aos novos princípios a partir de 2024, quando da conclusão das primeiras turmas sob o novo regime. Esta tese não considera estas mudanças em curso na sua análise.

> **(EM13CNT104)** Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis. (ibid., p. 555)

Já em relação à Matriz de Referência do ENEM, também na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, é válido ressaltar três competências que conversam com os princípios da QV. São elas:

- Competência da **área 3** que busca "associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos" (BRASIL, 2009, p. 8). Dentro dessa competência, cabe destacar as **habilidades 8, 10 e 12**, que propõem reciclagem, análise de perturbações ambientais, destino dos poluentes e avaliação dos impactos ambientais decorrentes de atividades sociais ou econômicas.

- Competência da **área 5** que procura entender os métodos da ciência e aplicá-lo em diversos contextos. Dessa competência, pode-se enfatizar a **habilidade 19** que pretende "avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental" (ibid, p. 9). Nessa habilidade, a importância do diagnóstico para prevenção de problemas ambientais é descrita como algo que os estudantes precisam adquirir ao longo do exame.

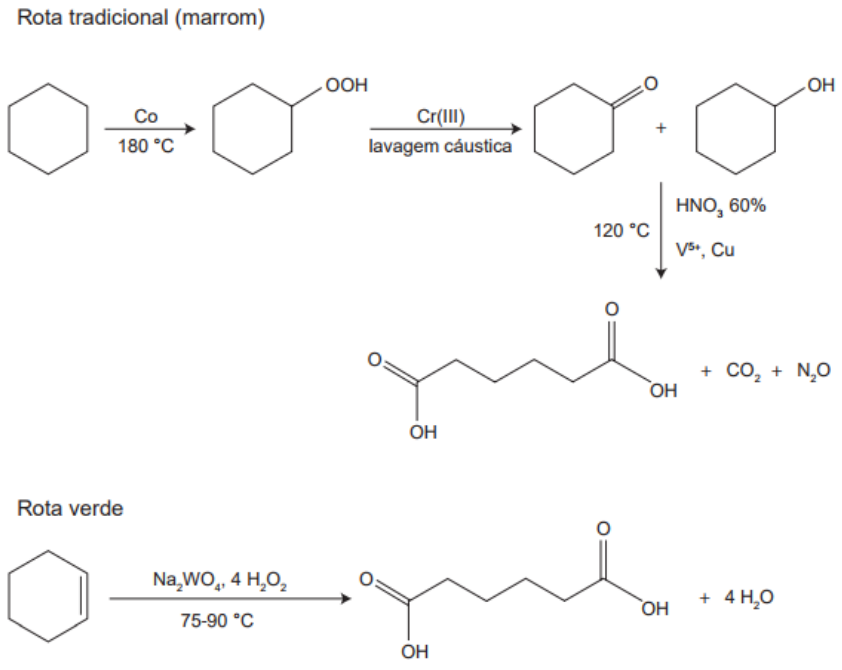
- Competência da **área 7** que, não menos importante que as demais, propõe a apropriação de conhecimentos químicos adquiridos para poder analisar, interpretar, avaliar ou ainda planejar intervenções em situações-problema. Dentro das habilidades propostas, são mais relevantes para o ensino de QV as de número **26 e 27** que, segundo o documento, procuram

> **H26** – Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.
>
> **H27** – Avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios. (ibid., p. 10)

A partir das habilidades frisadas, fica claro que os estudantes precisam ter ideia dos riscos e perigos envolvidos nos processos de produção, levando-se em conta as implicações ambientais que podem existir em cada processo, pensando sempre em propostas que possam atenuar a agressão com o meio ambiente.

Em relação às questões de exames anteriores que abordaram a QV, pode-se afirmar que apenas três questões até o ENEM de 2021 trabalharam esse tema. A primeira abordagem aconteceu no ano de 2013, trouxe uma definição proposta por Arlene Corrêa e Vânia Zuin que relaciona o conceito de QV aos impactos que algumas fontes energéticas podem exercer. Foi solicitado ao estudante, então, que ele marcasse qual fonte energética necessitava de métodos como os expostos pelas autoras para a diminuição da poluição do ar que causava, sendo a termoelétrica a única opção plausível no que tange o problema da poluição do ar atmosférico.

Já em 2015, uma nova questão abordava duas rotas sintéticas para a produção do ácido adípico, sendo uma rota denominada tradicional, ou rota marrom, que acontecia em mais de uma etapa, e a outra intitulada rota verde que foi proposta em uma única etapa. O esquema da questão pode ser observado na Figura 8.



LENARDÃO, E. J. et al. Green chemistry – os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Química Nova**. n. 1, 2003 (adaptado).

Figura 8 – Questão do ENEM 2015

Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA | INEP. Provas e Gabaritos. Brasília, 2020. Disponível em https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/enem/provas-e-gabaritos. Acesso em 25 mar. 2021.

A partir da figura exposta, a questão solicitava que o discente optasse, dentre as opções qual fator influenciava para que a segunda rota fosse verde e a primeira rota fosse marrom. A resposta versava sobre a presença de uma única etapa na rota verde.

O último item que trabalhou sobre a QV apareceu no ENEM aplicado em janeiro de 2021 que aconteceu de forma presencial. O enunciado abordava diversos princípios da QV, como a eficiência atômica, a seletividade da catálise, a quantidade de produtos obtidos, evitando a formação de subprodutos, bem como a utilização de solventes que não sejam agressivos ao meio ambiente. Sendo assim, a questão propôs cinco alternativas dentre as quais o estudante deveria escolher a reação química hipotética (A, B, C, D e E foram letras utilizadas para fazer referência às substâncias, sejam reagentes ou produtos) que conseguisse atender a todos os princípios enumerados no enunciado. A opção correta ilustrava uma reação entre um mol de A com meio mol de B produzindo de forma direta um mol de C e, ainda, utilizando um catalisador contendo um metal que não era tóxico.

De uma forma geral, essa foi a questão que mais englobou os princípios da QV, mas fica evidente que, ainda em 2021, há um enfoque apenas nos doze princípios propostos por Anastas e Warner (1998) e um consequente afastamento dos objetivos colocados dos documentos da legislação, nos quais os estudantes precisam ter uma criticidade em relação ao que acontece como um todo no meio ambiente. Isso sugere que o enfoque industrial ainda predomina frente ao universo de conceitos que podem ser abordados na filosofia verde.

É possível que isso aconteça pela forma como a QV ainda é difundida, focando no perfil técnico e reducionista, e deixando de lado outros conceitos e abordagens. Na literatura, inclusive, esse perfil é considerado uma das vertentes da QV e prevê apenas um conhecimento instrumental acerca desta temática que possibilita a redução de impactos ao ambiente a partir de processos e atividades químicas, mantendo a eficiência e o lucro. Já a outra vertente seria aquela em que novas bases racionais destinadas ao desempenho de atividades químicas são fornecidas pela QV, colaborando com processos formativos críticos e emancipatórios e tendendo a um

novo paradigma no âmbito da Química (ZUIN, 2011; SANDRI E FILHO, 2019; MARCELINO, 2020).

A partir do que foi exposto, é possível inferir que os professores deste nível de ensino não estão familiarizados com o tema, sendo necessário a realização de formação inicial e/ou em serviço sobre essa corrente da Química a fim de que possam aproximar seus alunos aos ideais da QV. Para isso, é essencial que as pesquisas sejam feitas buscando pelos autores que são referências na área, bem como os termos que conseguem agregar um maior número de trabalhos. A seguir são apresentados os resultados dos mapeamentos feitos nas publicações sobre ensino de QV no Brasil para que sirva como base na pesquisa de interessados desta área.

2.4.2. Mapeamento de publicações sobre o ensino de Química Verde no Brasil

Esta seção é fruto de pesquisa que resultou em artigo publicado na revista Amazônia pela autora desta pesquisa em ação colaborativa com integrantes do grupo de pesquisa *CTS e Educação*, do CEFET/RJ, e buscou mapear as publicações em revistas de ensino feitas até o primeiro semestre do ano de 2017 (BRANDÃO *et al.*, 2018). Além do trabalho publicado, foram atualizados os dados de 2017 até o 1° semestre de 2021 durante a disciplina obrigatória de *Estudos CTS*, do programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do CEFET/RJ.

Para a confecção do artigo, buscou-se o termo “Química Verde” em 260 revistas indexadas com Qualis/CAPES A1, A2 e B1 (quadriênio 2013-2016) chegando a um resultado de 31 artigos. Todos os dados desses trabalhos foram catalogados em uma planilha para que algumas análises fossem feitas: a partir da Análise de Rede Social, foram obtidas duas redes, sendo uma referente às 66 palavras-chave diferentes e normalizadas existentes em todos os artigos e outra dos 77 autores, buscando investigar se havia alguma relação entre eles. Além da elaboração das redes, foi feito um levantamento a respeito das referências bibliográficas mais utilizadas pelos autores para a construção de seus trabalhos. Dessa forma, conseguimos elencar obras importantes para quem deseja pesquisar na área de QV.

O primeiro grafo gerado diz respeito à relação entre as palavras-chave existentes nos 31 artigos publicados e pode ser observado na Figura 9[12].

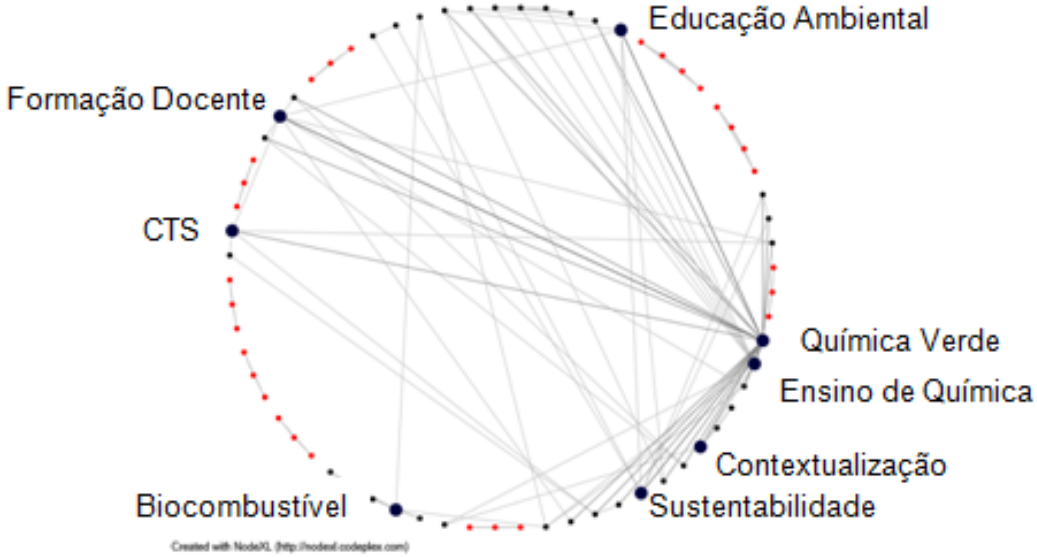


Figura 9 – Rede social de palavras-chave de Química Verde

Fonte: BRANDÃO *et al.*, 2018.

Conforme observado na figura, as palavras-chave que estão destacadas são as que apresentaram maior relevância para a rede, ou seja, possuíram maior relação com os outros vértices da rede social. A partir dos dados numéricos gerados pelo *software* que produziu o grafo, neste caso o *NodeXL*[13], observou-se que "Química Verde" é a palavra-chave que apresenta a maior relevância para a rede, o que já era esperado, por ser o objeto principal de busca da pesquisa feita.

Além disso, é válido pontuar que "Ensino de Química" e "Formação Docente" vieram logo abaixo da primeira palavra-chave. Isso pode sugerir que, mesmo que não seja um tema de ampla discussão ainda no ambiente escolar e nos cursos de licenciatura de forma explícita, essa vertente está ganhando espaço e importância, mesmo que o número de artigos em revistas de ensino seja pouco expressivo nesse recorte. Outro fato importante é a presença da palavra-chave "CTS" dentre as mais pertinentes, o que evidencia que esta abordagem pode ser uma estratégia de ensino

[12] Para mais informações sobre a metodologia da confecção e das demais métricas que são fornecidas pelo software utilizado, consulte a referência BRANDÃO *et al.*, 2018.
[13] Disponível em https://nodexl.com/

válida para que o estudante seja mais crítico, principalmente em relação às questões ambientais.

A figura 10 traz a rede social confeccionada para os autores dos trabalhos e destaca os dois que apresentaram maior relevância.

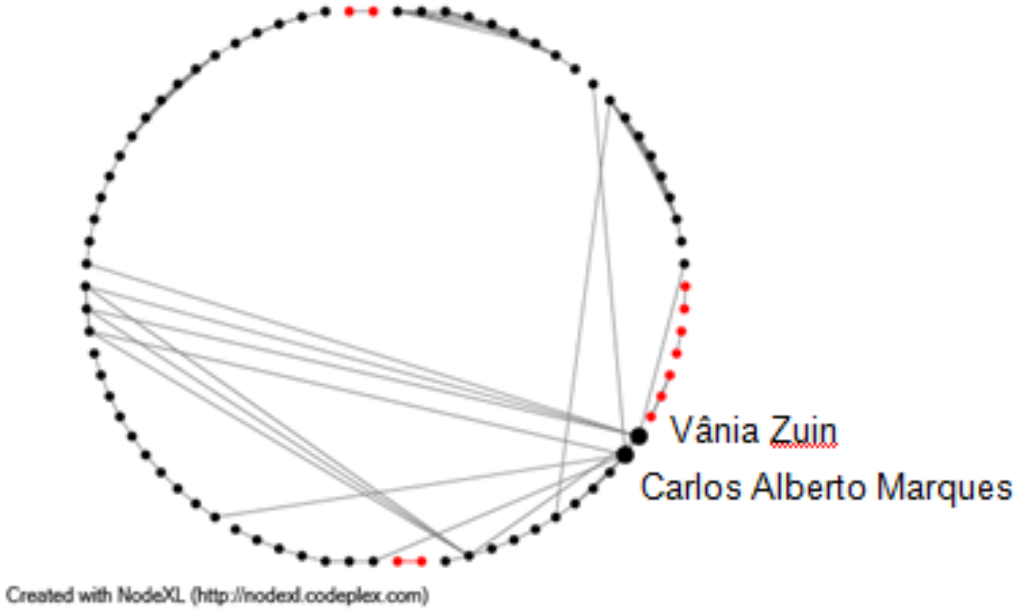


Figura 10 – Rede social de autores de Química Verde

Fonte: BRANDÃO *et al.*, 2018.

Como pode ser observado na rede social exposta, Vânia Zuin e Carlos Alberto Marques foram os autores que apresentaram maior centralidade de grau, ou seja, são os autores que conseguem estabelecer um maior número de conexões com outros vértices da rede. Os dois professores em questão possuem vasta experiência com a área de QV, sendo ativos tanto no desenvolvimento de pesquisas quanto em publicações neste ramo da Química.

Além dos grafos gerados, foram elencadas também as obras mais referenciadas nos 31 artigos em questão, para posterior análise da relevância que elas podem ter para o ensino de QV. O resultado desta análise está exposto no quadro 7.

Quadro 7 – Obras mais referenciadas nos 31 artigos

Posição	**Número de**	**Obra**

	Citações	
1	8	Lenardão, E. J. et al (2003). Green Chemistry - os 12 princípios da Química Verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa.
2	5	Anastas, P. T.; Warner, J. C. (1998). Green Chemistry: theory and practice.
3	5	Freire, P. (1997). Pedagogia do oprimido.
4	4	Santos, W. L. P.; Schnetzler, R. P. (2008). Educação em Química: Compromisso com a Cidadania.
5	4	Santos, W. L. P.; Mortimer, E. F. (2002). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência - Tecnologia, Sociedade) no contexto da educação brasileira.
6	4	Marques, C. A. et al (2007). Visões de meio ambiente e suas implicações no ensino de química na escola média.

Fonte: BRANDÃO *et al.*, 2018.

As duas primeiras obras possuem relação direta com os princípios e conceitos de QV, sendo que a primeira apresenta e discute “os fundamentos da QV, além de um breve histórico sobre seu surgimento e desenvolvimento, mostrando ainda aplicações dos princípios da QV na indústria, no ensino e na pesquisa básica em química." (LENARDÃO *et al.*, 2003, p.123). O texto ainda apresenta um conceito para QV, adotado pela IUPAC, além de explicar detalhadamente cada princípio dos doze propostos, apresentando uma aplicação industrial, bem como a possibilidade da inserção deles no ensino.

Já o segundo texto é considerado um livro base para a QV, sendo reconhecido internacionalmente, pois apresentou os doze princípios de forma original. Apesar de ser muito utilizado tanto na indústria quanto nas instituições que estudam a QV e ser de extrema relevância para a área, pode ser que ele não se encontre na primeira posição por ser apresentado em inglês, o que dificulta a compreensão. Independente disto, tanto o livro quanto o artigo são obras que merecem atenção daqueles que desejam pesquisar sobre o tema e, mais do que isso, desejam implantar a filosofia verde em suas vidas.

As quatro obras seguintes são direcionadas ao ensino e, por isso, podem ser utilizadas como uma forma de embasar conceitos fundamentais e discussões da QV nesta área. A terceira obra é de Paulo Freire e critica o ensino bancário, pautado estritamente na transmissão de conteúdos e na memorização de conceitos que é frequente até hoje. Além da crítica, preza pela superação desse ensino por outro que desenvolva o pensamento crítico dos discentes, que é extremamente pertinente e necessário para o ensino de QV e o posicionamento dos alunos perante o meio ambiente e suas escolhas.

No mesmo viés, o livro proposto por Santos e Schnetzler (2008) também propõe a ideia de que o ensino de ciências deve proporcionar uma formação com pensamento e visão críticos do meio que cerca os estudantes. Através do contexto social, os conhecimentos científicos devem ser articulados a fim de que os discentes consigam tomar decisões de forma mais consciente, tendo como proposta a utilização de uma abordagem a partir de temas químicos sociais.

As duas últimas obras possuem um enfoque maior na abordagem CTS, sendo a primeira um artigo de revisão sobre Educação CTS que apresenta a análise sobre os pressupostos dos currículos de ensino de ciências que possuem ênfase nesse tipo de abordagem. Além dessa análise, trazem à tona a relevância dos atores sociais no desenvolvimento da ciência e da tecnologia, mostrando a necessidade de relacionar esses dois entes com o contexto social para a resolução de problemas que são da esfera social. Este artigo é recorrentemente identificado como uma das obras mais citadas nos diversos mapeamentos realizados pelo Grupo de Pesquisa CTS e Educação (CHRISPINO *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2015; MELO, 2017; BOUZON *et al.*, 2018; ALBUQUERQUE, 2018; MELO *et al.*, 2021; BOCK *et al.*, 2022)

Já o último trabalho mais citado no recorte feito aborda a importância de se discutir as questões ambientais no contexto escolar e sugere que a abordagem CTS é um meio viável para isso. No entanto, para que isso aconteça é importante que essa discussão seja introduzida de forma efetiva na formação inicial dos professores. Por isso, foi feita uma pesquisa com professores de Química do ensino básico que culminou em uma categorização acerca das compreensões docentes sobre a visão do meio ambiente, as problemáticas ambientais e, ainda, a relação com a disciplina de Química e a prática docente.

O segundo momento de análise foi feito a partir da atualização dos dados que ocorreu na disciplina obrigatória *Estudos CTS,* e compilou os trabalhos publicados entre 2017 e maio de 2021 nos mesmos 260 periódicos em que foi feita a busca inicial e a partir dos mesmos buscadores. Para não segregar os resultados iniciais, o que se encontrou foi somado à planilha de busca feita em 2017 a fim de que o mapeamento pudesse ser observado de maneira completa. Dessa forma, as novas redes sociais contam com a presença de todos os artigos encontrados, inclusive os da primeira busca. No entanto, a análise das obras mais referenciadas na base de dados mais completa ainda está em execução e, por esse motivo, não será detalhada aqui.

Observa-se que, no artigo base, o montante de publicações era limitado, em uma média próxima a 2,8 publicações por ano (31 em 11 anos). Em contrapartida, se forem considerado os anos mais recentes, vê-se uma notável tendência de crescimento, o que se traduz matematicamente em uma média de 4,4 publicações por ano (22 em 5 anos). Se o ano de 2021 for desconsiderado devido ao corte precoce em maio, esta média salta para 5,5. O ganho gradual de visibilidade da QV frente aos docentes apontado no artigo publicado mostra-se aparente no Gráfico 1 e corrobora com a valorização cada vez mais presente de atividades químicas que evoquem princípios de sustentabilidade (MARQUES *et al*., 2013; SANDRI e FILHO, 2019; ROLOFF e MARQUES, 2018).



Gráfico 1 - Publicações de QV por ano.

Fonte: elaboração própria.

Acredita-se que a ausência de publicações em 2021 esteja relacionada à paralisação das atividades acadêmicas nas instituições públicas de ensino durante um fragmento majoritário de 2020, primeiro ano de enfrentamento da pandemia de COVID-19[14]. Além disso, frente à multiplicidade de periodicidades que as revistas podem adotar, é possível que no momento da busca dos artigos muitas delas, especialmente aquelas de divulgação semestral, ainda não tivessem disponibilizado uma edição sequer este ano.

[14] A pandemia de COVID-19 se instaurou mundialmente, a partir de janeiro do ano de 2020, através de uma doença infecciosa causada pelo vírus SARS-CoV-2. Com o alto índice de contaminação, fez-se necessário o *lockdown* (restrição da circulação da população em lugares públicos, permitindo apenas o acesso a farmácias e supermercados). Além disso, como forma de evitar o contágio, no Brasil, instituições de ensino e empresas transferiram suas atividades para o sistema remoto (através dos meios de comunicação tecnológicos) e assim permaneceram até o ano de 2021, em sua maioria, quando o sistema vacinal começou a ser efetivo e houve maior segurança para os cidadãos. Mais detalhes em https://www.who.int/pt.

Em relação à análise feita através das análises de redes sociais, gerou-se um grafo de palavras-chave (Figura 11) e um de autores. Como os pesquisadores principais da rede social de autores se mantiveram os mesmos do primeiro mapeamento, não houve necessidade de colocar novamente um grafo mostrando que Vânia Zuin e Carlos Alberto Marques seguem sendo os autores com maior destaque na rede. No entanto, é importante ressaltar que outros pesquisadores estão ascendendo na rede de publicações, como é o caso da professora Marilei Sandri e do grupo de pesquisa CTS e Educação, do CEFET/RJ, do qual a autora desse trabalho faz parte.

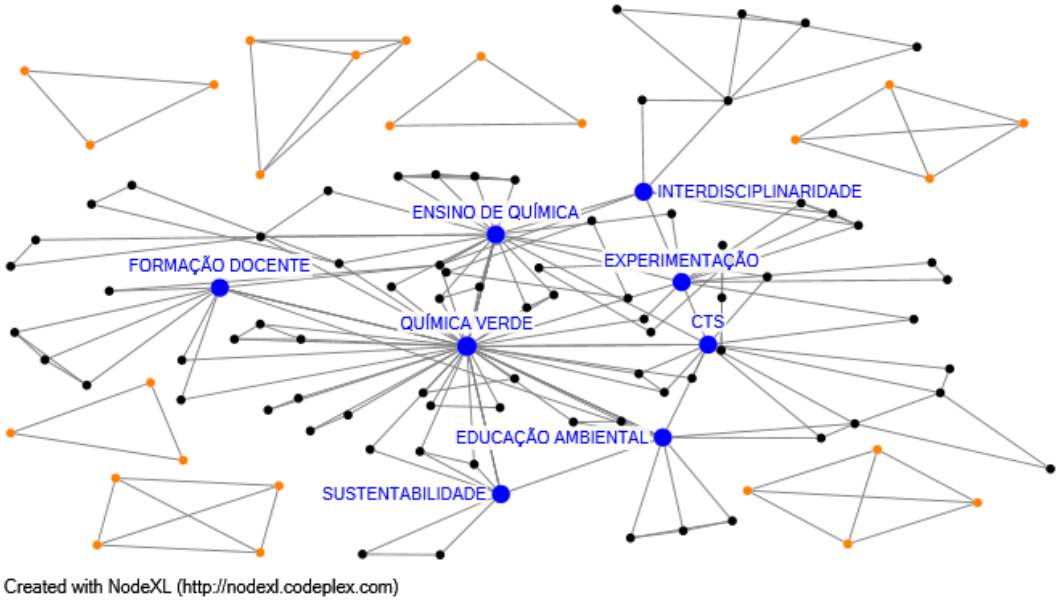


Figura 11 – Rede social de palavras-chave de Química Verde atualizada

Fonte: autoria própria.

Para melhor visualização dos vértices que serão esmiuçados, optou-se por alterações nas propriedades gráficas de alguns deles. As 8 palavras-chave de maior centralidade de grau manifestam tamanhos maiores e uma coloração azul. Para as redes desconexas, ou seja, conjuntos de palavras-chave que só se relacionam entre si, optou-se pelo seu posicionamento nas fronteiras da rede e identificação gráfica pela coloração laranja. A presença de redes desconexas neste caso pode ser um indicativo de escolhas inadequadas de palavras-chave, visto que, apesar de seus artigos correspondentes tratarem do ensino de QV, o conjunto de palavras-chave adotado não contribui para a propagação de informações e consequente crescimento da rede a longo prazo.

Ao analisar o grafo e os dados gerados pelo *software*, era esperada a notoriedade que as palavras-chave “Química Verde” e “Ensino de Química” apresentaram nesta rede social, uma vez que a busca de artigos foi realizada a partir da expressão “Química Verde” e filtrada para periódicos voltados para a área de ensino. Sendo assim, a maior centralidade de grau que estes vértices apresentam converge com o objetivo deste trabalho e corrobora o que já havia sido encontrado na primeira busca.

Em comparação ao artigo base, entretanto, é possível identificar que nesta atualização do mapeamento duas palavras-chave adquirem a 3ª e 4ª maiores relevâncias entre os 8 vértices de maior centralidade de grau: “CTS” e “Experimentação”. Em relação à primeira, antes com a 8ª maior centralidade de grau, entende-se que a apropriação dos conceitos de QV no ensino de Química através da abordagem CTS é um caminho muito frutífero, visto que

> a contextualização do ensino de Química com o enfoque CTSA, corrobora com o que Santos (2007) defende: a) o desenvolvimento de atitudes e valores em uma perspectiva humanística diante das questões sociais relativas à ciência e à tecnologia; b) que a contextualização auxilia na aprendizagem de conceitos científicos e de aspectos relativos à natureza da ciência; c) encoraja os alunos a relacionar suas experiências escolares em ciências com problemas do cotidiano (MELLO *et al*., 2019, p. 28).

Sobre a segunda, antes ausente entre as 8 palavras-chave de maior centralidade de grau, acredita-se que tenha surgido por ser uma temática mais abrangente e comum a muitas vertentes dentro da própria Química. Em adição, sabendo-se que a QV nasce em um cenário exclusivamente industrial e empírico, alicerçado pelos 12 princípios elaborados por Anastas e Warner (1998), a experimentação torna-se um campo prático e confortável de inserção direta da temática.

Outra palavra que apareceu nessa atualização que antes não havia aparecido foi “Interdisciplinaridade”. Esse é um resultado interessante e esperado a partir do momento em que houve a ascensão do termo CTS dentre os oito elencados, já que a abordagem CTS pressupõe um viés interdisciplinar, o que será trabalhado no tópico de CTS, e a QV abrange diversas áreas do conhecimento que podem dialogar entre si para que a cultura sustentável seja incorporada no ensino. As demais palavras-chave

(Formação Docente, Educação Ambiental, Química Verde, Ensino de Química e Sustentabilidade) apareceram em ambos os mapeamentos e, por isso, já foram discutidas inicialmente.

A partir das análises de redes sociais e dos levantamentos feitos no artigo, infere-se que o ensino de QV está ganhando cada vez mais espaço nas salas de aula dos mais variados níveis de ensino. Apesar de ainda ser um tema pouco trabalhado no ensino básico, e esses trabalhos, em sua maioria, abordarem a aplicação dos princípios no ensino ao invés de abordarem sobre o ensino de QV em si, é importante que se saiba quais são as palavras-chave, os autores, as obras mais referenciadas não só para quem apresenta interesse na área, mas também para que estimule mais pesquisas dessa temática no Brasil.

Além do exposto no cenário brasileiro, é válido mencionar que, em relação às publicações de ensino de QV no principal periódico americano (*Journal of Chemical Education*), essa tendência de crescimento também é observada. No entanto, o ensino ainda é associado, em sua maioria, ao desenvolvimento sustentável, mostrando potencial para enfrentar aspectos ambientais relacionados à Química. Somado a essa análise, destaca-se, ainda, um ensino bastante tradicional, e um tratamento à QV muitas vezes superficial, mais como um extra ao que é trabalhado do que um objetivo específico (MARQUES *et al.*, 2020).

Dessa maneira, é interessante que se busque cada vez mais alternativas para que o ensino de QV não fique apenas na teoria e seja praticado com os estudantes como uma possibilidade de construção de opiniões mais críticas perante o meio ambiente e o mundo em que vivem. Sendo assim, a abordagem focada na tríade Ciência – Tecnologia – Sociedade se mostra como um dos caminhos possíveis para que o ensino de QV seja viável. A seguir, serão apresentados os aportes teóricos dessa abordagem, com o objetivo que o leitor possa entender melhor como se apropriar dela.

3. Aportes teóricos da tríade Ciência – Tecnologia – Sociedade

Neste capítulo iremos abordar os conceitos da tríade Ciência – Tecnologia – Sociedade (CTS), desde as diversas definições possíveis para o acrônimo, até os que foram fundamentais para a construção da disciplina e para o embasamento das discussões propostas.

3.1. Movimento CTS e a relação com a educação

O Movimento CTS teve início em meados dos anos 1960 e início dos anos 1970 do século XX em países capitalistas desenvolvidos. Esse movimento surgiu da compreensão de que os desenvolvimentos econômico, científico e tecnológico não implicavam, necessariamente, no bem-estar social (AULER, 2002), semelhante a ideia linear de desenvolvimento vigente até então.

Isso acontecia porque, naquele momento histórico, a ciência e a tecnologia eram entendidas como salvadoras da humanidade, já que vários fatores como a produção de remédios mais eficazes, a ida do homem à lua, o controle de pragas e doenças, dentre outros, contribuíam para que houvesse o aumento da qualidade e da expectativa de vida e, consequentemente, o mito da superioridade tecnocientífica era instaurado.

Em contrapartida, outros fatos vinham na contramão da perspectiva salvacionista e alertavam que o desenvolvimento científico e tecnológico gerava impactos à sociedade e ao meio ambiente, como foi o caso do desenvolvimento das armas bélicas, as armas nucleares, os problemas ambientais que aconteciam devido ao desenvolvimento etc.

Dessa forma, em 1962, dois livros foram publicados e são consagrados como obras que impulsionaram o Movimento CTS: o primeiro é o livro de Thomas Kuhn, denominado *A Estrutura das Revoluções Científicas*, e o segundo já foi mencionado anteriormente na seção de QV, é o livro de Rachel Carson intitulado *Primavera Silenciosa* que denunciava o uso desenfreado e os efeitos do DDT no ambiente e na sociedade (AULER; BAZZO, 2001).

A partir de então, o Movimento CTS começou a tomar força e seus estudos e pesquisas seguiram algumas direções, sendo a educação uma delas. Justamente por abranger temas que são plurais como ciência, tecnologia e sociedade, falar de CTS não se resume estritamente a um conceito pronto e fechado, o que implica em baixo consenso a respeito de sua definição (AINKENHEAD, 2005). São várias as correntes de estudos e pensamentos e, nesse sentido, é importante pontuar e ressaltar aqueles conceitos que se aproximam do que a autora entende como a definição de CTS.

Como um dos principais referenciais teóricos utilizados para o embasamento teórico da disciplina, Cutcliffe (2003) relaciona com maestria a ciência e a tecnologia como um processo de construção social.

> Na atualidade, CTS concebe a ciência e a tecnologia como projetos complexos que se dão em contextos históricos e culturais específicos. O que tem surgido é um consenso com respeito a que, se bem a ciência e a tecnologia nos trazem diversos benefícios, também provocam certos impactos negativos, alguns dos quais imprevisíveis, mas todos refletem os valores, pontos de vistas e visões daqueles que estão em situação de tomar decisão com respeito aos conhecimentos científicos e tecnológicos dentro de seus âmbitos. **A missão central do campo CTS até a data de hoje tem sido a de expressar a interpretação da ciência e da tecnologia como um processo social**. (CUTCLIFFE, 2003, p. 18, grifo próprio)

De acordo com Bazzo, Linsingen e Pereira (2003),

> Os estudos CTS definem hoje um campo de trabalho recente e heterogêneo, ainda que bem consolidado, de caráter crítico a respeito da tradicional imagem essencialista da ciência e da tecnologia, e de caráter interdisciplinar por convergirem nele disciplinas como a filosofia e a história da ciência e da tecnologia, a sociologia do conhecimento científico, a teoria da educação e a economia da mudança técnica. Os estudos CTS buscam compreender a dimensão social da ciência e da tecnologia, tanto desde o ponto de vista dos seus antecedentes sociais como de suas consequências sociais e ambientais, ou seja, tanto no que diz respeito aos fatores de natureza social, política ou econômica que modulam a mudança científico-tecnológica, como pelo que concerne às repercussões éticas, ambientais ou culturais dessa mudança. (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003, p. 125)

Segundo os autores, esse enfoque se destaca pela descrição social dos elementos responsáveis pela mudança de um dado científico. A ideia não é entender a tecnologia e a ciência como propostas autônomas e que possuem uma lógica interna de desenvolvimento, mas sim analisar como as concepções e valores que cada um

traz socialmente influencia não só no desenvolvimento, mas também na consolidação dos artefatos e conhecimentos científicos (ibid.)

Para Acevedo Diaz (2009), o movimento CTS pode se desdobrar em duas propostas simultâneas, sendo

> (...) ao mesmo tempo um campo de estudo e investigação e, sobretudo, uma proposta educativa inovadora de caráter geral. A primeira perspectiva trata de compreender melhor a ciência e a tecnologia em seu contexto social, abordando, pois, as relações mútuas entre os desenvolvimentos científicos e tecnológicos e os processos sociais. Como proposta educativa geral constitui um novo planejamento radical do currículo em todos os níveis de ensino, com a principal finalidade de dar uma formação em conhecimentos e, especialmente, em valores que favoreçam a participação cidadã responsável e democrática na avaliação e no controle das implicações sociais da ciência e da tecnologia. (ACEVEDO DIAZ, 2009, p. 35, tradução própria)

Nesse sentido, o autor já expõe a questão da educação e como o movimento CTS pode contribuir para uma remodelagem curricular. Para Mello e Guazelli (2001),

> [...] o movimento CTS tem como objetivo maior apresentar um ensino de ciências voltado à formação científica e tecnológica, oferecida a todos os cidadãos, indistintamente, para que eles sejam capazes de tomar decisões responsáveis, com base na ciência e tecnologia, levando em consideração, no mesmo patamar, a sociedade, o ambiente e as dimensões afetivas, atitudinais, éticas e culturais. (MELLO; GUAZELLI, 2001, p.25)

Em consonância com os autores anteriormente citados, Acevedo Díaz, Vázquez e Manasero (2001) colocam que

> Desde a perspectiva da dimensão cognitiva atitudinal, a educação CTS pretende também uma melhor compreensão da ciência e da tecnologia em seu contexto social, incidindo nas interrelações entre os desenvolvimentos científico e tecnológico e os processos sociais. **Assim, pois, os estudantes deverão adquirir durante sua escolarização algumas capacidades para ajudá-los a interpretar, pelo menos de forma geral, questões controvertidas relacionadas com os impactos sociais da ciência e da tecnologia e com a qualidade das condições de vida de uma sociedade cada vez mais impregnada de ciência e, sobretudo, de tecnologia.** (ACEVEDO DÍAZ; VÁZQUEZ; MANASERO, 2001, p.2, tradução e grifos próprios)

O objetivo central, então, quando se pensa no Movimento CTS indo em direção à educação é formar estudantes com uma visão mais crítica acerca das situações

diversas que o mundo externo à sala de aula pode oferecer, entendendo que o que é desenvolvido científica e tecnologicamente impacta diretamente, seja de forma positiva ou negativa, na sociedade. É a oportunidade de estimular o desenvolvimento do potencial individual de cada estudante, já que “aprender a aprender e ser capaz de utilizar o que foi aprendido (para a reconstrução social, talvez) é mais interessante que massificar o conhecimento acadêmico” (AIKENHEAD, 2005, p. 121).

Sendo assim, a Educação CTS e seus desdobramentos para o ensino básico serão discutidos nos tópicos a seguir com o objetivo de evidenciar possíveis estratégias para a melhoria do ensino.

3.2. Educação CTS

Apesar de ser um conceito polissêmico, independente da corrente que se estude, a premissa CTS vai ao encontro da formação cidadã, já que prega que as posições divergentes sejam acolhidas, que se exerça o entendimento, o respeito às múltiplas opiniões e tolerando a diferença, pensando nos valores, como a ética, bem como nos direitos e deveres dos cidadãos e dos governos (CHRISPINO, 2017).

Justamente por englobar todos os fatores elencados anteriormente, fica claro que esta abordagem não é exclusiva às disciplinas designadas como ciências exatas e da natureza, já que se preocupa com a questão social e humana da cultura. Dessa forma, é importante ressaltar que Abordagem CTS deve ser encarada como uma cultura e não resumida a uma técnica de ensino.

De acordo com Chrispino (2017),

> (...) a Abordagem CTS é uma maneira de abordar o currículo escolar ou mesmo de posicionar-se frente à Educação e ao mundo real, nos seus mais diversos aspectos. Mais do que uma técnica (pois não é uma ferramenta didática que conduz a um fim de aprendizado específico para encerrar-se logo após), nem uma metodologia (pois que abarca aspectos muito mais amplos que aqueles que caracterizam uma metodologia), **CTS é uma abordagem curricular e uma escolha de política educacional**. A isso classificamos de **Educação CTS**. (ibid., p. 81-82, grifos próprios)

A Educação CTS, então, vem com o objetivo de oferecer alternativa aos currículos de ciências que são pautados única e exclusivamente em conceitos

fechados e que passam a falsa impressão de que a ciência é neutra e acabada, em outros que estimulem os discentes a refletirem sobre o acrônimo e possam assumir uma postura crítica e questionadora acerca do mundo externo à sala de aula (PINHEIRO; MATOS; BAZZO, 2007).

Dentro da Educação CTS, portanto, a maneira de pensar, organizar, apresentar e construir os conhecimentos é modificada e pode ser materializada nos diversos setores de ensino, isso é, independentemente da idade ou da proposta de formação (ensino fundamental, médio, técnico, de jovens e adultos, superior, dentre outros). É importante pontuar que a autora defende a ideia de cultura CTS e, por isso, essa maneira de ver a educação e fazê-la por meio do ensino pode ocorrer nos ambientes de ensino tradicional também, não se atendo apenas ao inovador, já que a abordagem reflete na postura do docente de apresentar os conceitos e o mundo por outra ótica. Essa visão é classificada por Chrispino (2017) como **Ensino CTS**, que pode ser refletido tanto em ações pontuais (que mais adiante será apontado como enxerto CTS) ou em cursos extensos de formação educacional.

Nesse momento, faz-se necessária uma diferenciação entre o que é proposto como Ensino CTS e o que é feito no ensino tradicional. De acordo com Yager e Ackay (2008, p. 4), é possível observar essa comparação no quadro 8, mesmo considerando que categorizações são meros modelos que visam auxiliar o entendimento de assuntos complexos.

Quadro 8 – Comparação entre ensino tradicional e ensino CTS

Ensino tradicional	Ensino CTS
Levantamento dos conceitos principais encontrados em livros didáticos	Identificação de problemas com o impacto local/ interesse / impacto pessoal
Uso de laboratórios e atividades sugeridas em livros didáticos e manual de laboratório	Uso de recursos locais (humanos e materiais) para localizar informações e resolver problemas/questões
Os alunos recebem passivamente as informações do professor e do livro didático	Os alunos estão ativamente envolvidos na busca de informações
A aprendizagem está contida em uma sala de aula e em um ano escolar	Professores ensinam para além da sala de aula, que foi usada apenas como estrutura educacional
Concentra-se na informação fornecida pelo professor como importante para que os alunos a dominem	Concentra-se no impacto pessoal, fazendo uso da criatividade do aluno
Vê o conteúdo científico como a informação que está contida nos livros didáticos e na fala dos professores	Vê o conteúdo científico não como algo que simplesmente existe para o domínio do aluno porque está gravado e impresso nos livros
Não tem consciência de carreira. Relaciona uma referência ocasional a um(a) cientista (a maioria já está morto) e seu/sua descoberta	Concentra-se na conscientização da carreira, especialmente carreiras relacionadas à ciência e à tecnologia que os alunos podem se interessar, enfatizando carreiras em

	outras áreas além da medicina, engenharia e pesquisa científica
Os alunos se concentram em resolver problemas fornecidos por professores e livros didáticos	Alunos se conscientizam de suas funções enquanto cidadãos e tentam resolver questões/problemas que eles identificaram
O aprendizado de ciências ocorre apenas na sala de aula como parte do currículo escolar	Os alunos veem o papel da ciência em determinadas instituições e em comunidade específica
A aula de ciência se concentra no que já é previamente conhecido	A aula de ciência enfoca como o futuro pode ser
Há pouca preocupação com o uso de informações além da sala de aula e o desempenho em testes	Os alunos são incentivados a desfrutar e experienciar a prática científica

Fonte: YAGER E AKCAY, 2008, tradução da autora.

A partir do colocado no quadro, fica claro que a chamada deficiência do ensino tradicional não se resume ao que ele se propõe a ensinar, mas sim ao que ele deixa de ensinar, sobretudo, à lacuna a respeito das relações da ciência com a tecnologia e a sociedade (ZIMAN, 1994). É nesse sentido que a Educação CTS se propõe, preenchendo o vazio proporcionado pelo ensino de ciências tradicional.

De acordo com Manassero e Vázquez (2001),

> No espírito deste movimento está o desejo de oferecer, através da educação das atitudes relacionadas com a ciência, uma **visão mais autêntica da ciência e da tecnologia em seu contexto social**, desvinculadas de imagens mitificadas e tendenciosas (cientificismo e tecnocracia) ao mesmo tempo que reconhece a tecnologia, como atividade diferente, integrada e equiparável com a ciência, e não só como mera ciência aplicada. (MANASSERO; VÁZQUEZ, 2001, p. 16, tradução e grifos próprios)

O objetivo da abordagem CTS é, então, superar alguns mitos pautados na neutralidade científico-tecnológica, como a ideia de salvacionismo da ciência e da tecnologia afastando-se da perspectiva da linearidade (mais ciência gera mais tecnologia, que acarretam em mais bem estar social); a superioridade teórica e prática da ciência, que não deixa espaço para uma escolha democrática e transfere as decisões a cientistas, especialistas ou técnicos em um determinado assunto, quando na verdade são problemas de todos os cidadãos; da neutralidade da ciência, visto que ela é também fruto de construção social de cientistas e da comunidade científica e o determinismo tecnológico, que se resume a ideia de que a tecnologia é autônoma e não depende do social, o que é uma inverdade (AULER; DELIZOICOV, 2001). Com essa superação, é alcançada a Alfabetização Científico-Tecnológica (ACT), um dos principais propósitos da Educação CTS, democratizando os conhecimentos científicos

e tecnológicos e que, em uma perspectiva ampliada, objetiva a problematização da visão dos estudantes a respeito das relações CTS.

De acordo com Santos e Mortimer (2002), é objetivo da abordagem CTS

> Promover a alfabetização científica dos cidadãos para que estes tenham condições de intervir de forma crítica no contexto social no qual estão inseridos, através do desenvolvimento de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores que possibilitem a tomada de decisão responsável e consciente sobre questões relativas a Ciência e Tecnologia na Sociedade. (SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 114)

Dessa forma, é importante que os docentes busquem alternativas didáticas que tenham como objetivo o exercício das diversas visões sobre um mesmo fenômeno educacional ou social. A partir do currículo proposto por cada escola e o consequente engessamento para a execução de práticas variadas, é possível observar níveis de aprofundamento da abordagem CTS, desde as propostas mais tradicionais, nas quais o currículo é mantido em cursos puramente conceituais, até aqueles em que uma questão central relacionada à ciência ou tecnologia é objeto de estudo.

O Quadro 9 expõe diversas categorias CTS em ordem crescente de prioridade em relação ao conteúdo CTS propriamente dito, e foi proposto por Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins (2011), a partir de Aikenhead (2009).

Quadro 9 – Categorias CTS para o ensino

Categorias	Descrição
1. CTS como motivação	O conteúdo CTS é apenas mencionado, pontualmente, pelo professor para tornar uma aula mais interessante para os alunos.
2. Integração pontual de conteúdo CTS	O conteúdo CTS não é escolhido para abordar temas unificadores sobre questões sociais internas e externas à Ciência. Ao invés, os conteúdos CTS são acrescentados ou infundidos em tópicos do currículo de Ciências existentes.
3. Integração sistemática de conteúdo CTS	Uma série de cursos ou pequenos estudos de conteúdo CTS são integrados nos tópicos de Ciências num curso tradicional de Ciências, para sistematicamente explorar conteúdos CTS, focando em temas unificadores.
4. Disciplina científica através de conteúdo CTS	O conteúdo de Ciências e sua sequência são escolhidos e organizados amplamente pelo conteúdo CTS. Haverá uma Biologia CTS, uma Química CTS, uma Física CTS.
5. Ciência através de conteúdo CTS	O conteúdo CTS serve como organizador para o conteúdo de Ciências e sua sequência. O *curso Logical Reasoning in Science and Technology* [LoRST] exemplifica inclusão do conteúdo de Ciência e de Tecnologia que normalmente não se encontra nos cursos tradicionais de Ciências, mas que é relevante para um acontecimento ou questão do dia a dia.

6. Ciência como conteúdo CTS	O conteúdo CTS é o foco da instrução. Os conteúdos relevantes de Ciências enriquecem esta aprendizagem.
7. Infusão da Ciência no conteúdo CTS	O conteúdo CTS é o grande foco da instrução. O conteúdo relevante de Ciências é mencionado, mas não sistematicamente ensinado. A ênfase pode ser dada a princípios científicos amplos.
8. Conteúdo CTS	Uma questão central de Ciência ou Tecnologia é estudada.

Fonte: VIEIRA; TENREIRO-VIEIRA; MARTINS (2011).

É possível observar que, segundo o autor, na escala proposta, há uma diferença significativa entre as categorias três e quatro: a primeira é pautada em um curso tradicional de ciências no qual são escolhidos conteúdos que se integrem ao que está proposto no currículo; já na categoria quatro, o curso é confeccionado a partir dos temas que envolvem a temática CTS. É nesse momento que há a transição dos currículos tradicionais para os currículos CTS.

O proposto Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins (2011), a partir de Aikenhead (2009), possui um nível de detalhamento elevado para que as práticas educacionais possam ser categorizadas de acordo com cada situação vivenciada pelos docentes em suas escolas. Além disso, diversos autores (BAZZO *et al*., 2003; BUCH, 2003; GARCÍA *et al*., 1996; LÓPEZ CEREZO, 1998; PINHEIRO *et al*., 2007; SANMARTIM e LUJÁN, 1992; WAKS, 1990) defendem que as experiências didáticas já realizadas no ensino básico viabilizam uma classificação da Educação CTS em três grandes grupos que, de uma maneira geral e meramente didática, agregam algumas das categorias de Aikenhead.

São eles:

- **Enxerto CTS** ou CTS como conteúdo de outras matérias: consiste na introdução dos temas CTS em disciplinas que já existem nos currículos. Por ser algo pontual, geralmente é feito a partir de vídeos curtos, reportagens e textos que permitem a reflexão e motivam os discentes a um debate. A vantagem de se utilizar dessa classificação é a manutenção da estrutura curricular que a escola submete ao professor que pode ser mais rígida ou flexível, dependendo da escola, o que possibilita a extensão dos enxertos.

- **Ciência e Tecnologia por meio CTS**: nessa classificação, os conteúdos das disciplinas são estruturados em acordo com os temas CTS. Dessa forma, há a possibilidade de se estruturar disciplinas isoladas, como já são vistas nos currículos, ou, ainda, propor atividades interdisciplinares inclusive com disciplinas que são das

chamadas ciências humanas, que é bastante comum quando se discute sobre a abordagem CTS, já que agrega conceitos diversos como ciência, tecnologia, sociedade, ambiente, valores, dentre outros que são polissêmicos, assim como o acrônimo que está em discussão. Essa opção acaba sendo utilizada com pouca frequência porque parte do pressuposto que os conteúdos precisam ser reestruturados através da ótica CTS, já que há uma transformação completa do enfoque tradicional com a integração da relação CTS (LÓPEZ CEREZO, 2009)

- **CTS puro** ou CTS como disciplina: o que está em discussão são os conteúdos CTS, enquanto os conteúdos científicos lecionados tradicionalmente vêm no sentido de complementação ao que está sendo discutido, podendo ser apenas mencionados, sem alguma explicação, para que se tenha uma compreensão mais ampla das relações CTS.

À vista disso, independente da classificação que tenha a proposta didática que é implementada nos colégios, é essencial que haja uma reflexão crítica por parte dos docentes que a fazem a respeito do tema elencado para ser um tema CTS. Um dos fatores importantes dessa reflexão é o fato de que os problemas que acontecem com uma sociedade não se resumem a uma única disciplina, mas sim várias. Dessa forma, reforça-se aqui a necessidade de se levar em conta a relevância da interdisciplinaridade, fazendo com que diversas disciplinas e conceitos científicos dialoguem entre si a partir de um determinado tema social.

Além dessa questão interdisciplinar que assombra os docentes devido às suas formações acadêmicas serem estritamente disciplinares, é necessário que algumas questões sejam respondidas para validarem a escolha dos temas CTS (HICKMAN; PATRICK; BYBEE, 1987 *apud* MIEMBIELA, 2001):

- Esse tema se aplica diretamente na vida dos discentes?

- Se adéqua ao nível de cognição e maturidade relacionados aos temas sociais dos estudantes?

- É um tema importante no mundo atualmente para os discentes e poderá permanecer assim posteriormente na vida adulta deles?

- É um tema pelo qual eles mostram algum entusiasmo e interesse?

- Os conhecimentos que se aplicam nesse tema se resumem a sala de aula ou podem ser aplicados em outros ambientes que não seja a escola especificamente?

A partir desses questionamentos, é possível que os temas escolhidos tenham relevância para os estudantes e para o seu entorno social, já que é necessário que eles não se esgotem no espaço físico da escola, e, assim, seja possível a execução de discussões que levem à ACT.

No entanto, ao ler sobre as possibilidades da abordagem CTS, é comum que os docentes se encantem e achem que todos os problemas enfrentados por eles podem ser solucionados ao se utilizarem dessa abordagem. É preciso, então, que ela seja encarada como “mais uma alternativa, (...) para melhoria do ensino de ciência e tecnologia, baseando-se nos princípios da formação tecnocientífica do cidadão, da educação tecnocientífica para todos e na alfabetização tecnocientífica” (CHRISPINO, 2017, p. 93).

Sendo assim, é imprescindível que tanto as vantagens quanto os limites dessa abordagem sejam levados em consideração. Em relação às vantagens, pode-se ressaltar tudo o que já foi abordado anteriormente, principalmente em relação a melhora da compreensão e de atitudes relacionados aos desafios sociais e às relações da tríade CTS. Já para as limitações, é possível elencar algumas baseadas em Miembiela (2001):

- Os docentes, como já foi citado, são formados de forma disciplinar, o que vai de encontro à proposta interdisciplinar que é premissa da abordagem CTS;

- Por muitas vezes, os próprios professores possuem alguma visão ingênua acerca da ciência, o que pode trazer discussões tendenciosas sobre a temática CTS;

- A influência que os exames externos, como provas de vestibulares e o ENEM, possuem sobre o processo educacional. Sabendo que esses exames não contemplam a perspectiva CTS, muitos docentes e escolas podem se questionar a respeito de sua utilização;

- Os conceitos científicos podem ser colocados em segundo plano, sendo assimilados em menor quantidade e, por isso, pode prejudicar os discentes;

- Medo dos docentes de perder a própria identidade do que eles entendem como professor, que é o ser dotado de conhecimento e que inicia os estudantes no campo da ciência.

Apesar dessas limitações, acredita-se que o CTS não deve ser encarado como um modismo, mas sim como uma cultura, seja qual for a corrente de pensamento que

se segue, a formação do docente e até mesmo os autores que o embasa teoricamente. Com esse pensamento, é possível estruturar a atividade didática docente se utilizando da abordagem CTS como uma das alternativas viáveis para a melhoria do ensino pautado na formação cidadã.

A seguir, serão abordadas duas das inúmeras possibilidades de metodologias que podem ser utilizadas no ensino básico como uma estratégia da abordagem CTS: a controvérsia controlada e o uso de dilemas morais no ensino de ciências.

3.2.1. A técnica da controvérsia controlada

Até agora com o que foi discutido, fica claro que o ensino de ciências precisa ser modificado a fim de que não se atenha à mecanização e à resolução de problemas matemáticos que são completamente sem sentido para os discentes. É comum, por isso, que os docentes escutem de seus alunos: “por que aprender isso?” ou, ainda, “onde isso vai ser aplicado na minha vida?”, justamente pelo fato de a parte mecânica esconder a praticidade dos conceitos (DEMO, 1998) e a ciência ser apresentada como um processo objetivo, com verdades absolutas e inquestionáveis, isenta de valores.

Dessa forma, é importante que os professores ressignifiquem suas práticas e estratégias de ensino já que podem influenciar diretamente nas concepções que seus estudantes elaboram acerca da ciência (REIS; GALVÃO, 2005). A controvérsia controlada é, então, uma metodologia viável para promover a discussão de temas sóciocientíficos, através dos atores sociais envolvidos neles, que pode favorecer a mudança de visão da ciência e estimular a interação social na sala de aula.

De acordo com Chrispino (2017), a controvérsia controlada pode ser definida como:

> um método didático de construção de consenso (pelo menos no processo de debate) minuciosamente preparado a partir de regras previamente definidas visando o exercício de (1) identificação de problemas comuns para fomentar a controvérsia; (2) o exercício de estabelecer padrões mutuamente aceitáveis para sustentar um debate; (3) a busca organizada de informações pertinentes ao tema definido; (4) a preparação da exposição em defesa da posição; (5) a capacidade de escutar a posição controversa apresentada racionalmente pelos demais participantes; (6) o exercício de contra-argumentar a partir do conhecimento dos argumentos utilizados pelos

> demais debatedores e (7) reavaliar as posições – a sua e as demais – a partir de novas informações. (CHRISPINO, 2017, p. 100)

A partir do exposto por Chrispino, é interessante entender e decifrar o que está por trás de cada um desses sete objetivos e de que forma podem ser alcançados:

1) Para identificar os problemas comuns que fomentam a técnica, o tema controverso é introduzido com materiais que estimulem os participantes a refletir sobre o que está sendo colocado, o que provoca uma imersão na controvérsia a partir do desequilíbrio cognitivo (CHAVES; CHRISPINO, 2012);

2) É importante que se estabeleçam as regras que guiarão o debate previamente, a fim de que ocorra um diálogo proveitoso e efetivo para os membros que participam;

3) Todo debate precisa de argumentos que consigam sustentar os pontos de vista de quem fala e de quem ouve. Dessa forma, é extremamente necessário que os envolvidos na controvérsia pesquisem a respeito do tema enquanto atores sociais a fim de conhecerem os pontos que precisam defender, além dos que terão que se defender;

4) Apesar de necessária, a pesquisa não representa a totalidade da controvérsia, já que não adianta conhecer bastante sobre um determinado tema se não souber se defender e expor os pontos de vista daquele ator social. Com isso, é essencial que haja uma preparação de como serão apresentados os argumentos;

5) Este objetivo é um dos mais importantes da controvérsia e talvez um dos mais difíceis de serem alcançados. Todos devem ter a capacidade de ouvir o posicionamento dos demais atores sociais de forma racional. Além disso, é fundamental que a pesquisa feita anteriormente seja base suficiente para que não venham a aparecer argumentos que sejam desconhecidos para algum ator;

6) A partir do que for escutado, é necessário que haja a réplica por parte dos demais atores sociais com argumentos consistentes e embasados;

7) Com todos os pontos de vista colocados e redarguidos, é primordial que os participantes estejam alertas para reavaliarem o que foi posto e não hesitem caso seja necessário mudar as estratégias de argumentação. Além disso, é importante que, ao

final, estejam suscetíveis a novas interpretações e possam ressignificar suas opiniões a respeito do que foi colocado anteriormente.

Entendidos os objetivos da controvérsia controlada, é essencial que se estabeleça os passos para que o docente consiga se planejar para a execução dessa complexa técnica. O primeiro deles, e o mais importante, é a escolha do tema que será utilizado. Como o nome mesmo já diz, é preciso que o tema seja controverso, ou seja, combine o conflito intelectual com a interdependência social, trazendo elementos cooperativos e que conflitam também (CHRISPINO, 2017).

De uma maneira geral, questões que envolvam o meio ambiente, que envolvam a moral e a ética de alguma problemática política, ou até mesmo que discuta os limites da ciência são exemplos que podem fomentar uma discussão boa na controvérsia controlada. Existe, na literatura, dez módulos propostos pelo Governo do Estado do Espírito Santo no ano de 2009 com temas tecnocientíficos de impacto social que podem guiar a aplicação de controvérsias, como a opção ou a necessidade do uso de agrotóxicos, a discussão sobre lei seca, a dualidade entre interesse econômico ou ecológico do lixo, dentre outros (ESPÍRITO SANTO, 2009).

Definido o tema que será colocado para discussão, é imprescindível que o docente se organize em relação ao tempo de execução da controvérsia, já que ela não se resume apenas à discussão final, mas envolve todas as etapas, desde a sensibilização da turma até a avaliação final. Justamente por levar um tempo considerável, é possível que alguns professores argumentem a não utilização desta técnica devido aos cronogramas apertados que os colégios os submetem.

Feito o cronograma e adequado à realidade de cada escola, Martin Gordillo e Osorio (2003) propõem que é necessária uma série de materiais que contribuem para o bom desempenho acadêmico. O que será apresentado aqui é uma adaptação do proposto pelos dois autores a partir da experiência da autora deste trabalho. Os materiais e ações indicados seriam:

- Uma ou mais notícias, sejam elas na forma de vídeo ou texto, que tratem sobre o assunto tema da controvérsia, de preferência mostrando mais de uma visão sobre o que será discutido, a fim de sensibilizar os estudantes e buscando que a discussão se desenvolva;

- Um questionário ou uma atividade (como nuvem de palavras, montagem de um mural etc.) que seja aplicado no início e no final da controvérsia. A aplicação inicial

justifica a necessidade de ciência dos conhecimentos e atitudes prévias dos estudantes a respeito do que será discutido, enquanto a final é feita para saber se houve e quais foram as mudanças que aconteceram ao longo da atividade;

- Divisão da turma em uma rede de atores, denominados atores sociais, que aparecem na sensibilização inicial e que apresentem necessariamente posições contrárias, a fim de que a controvérsia possa se estabelecer;

- Documentos que ajudem a embasar os argumentos de cada ator social, relacionando o conhecimento específico da área trabalhada com o que é tratado na controvérsia. Nesse momento, é importante conscientizar os alunos que quanto mais eles pesquisarem, mais embasados estarão para o momento de expor os seus argumentos e, mais do que isso, para se defenderem do que pode aparecer nos contra-argumentos dos outros atores sociais. O professor também pode selecionar arquivos que achar pertinentes para relacionar os dados científicos com o tema;

- Fichas para que os atores escrevam seus argumentos, a forma como vão usar para defendê-los, os possíveis contra-argumentos que aparecerão dos demais grupos, e o que usarão para rebatê-los;

- Fichas para avaliação de cada ator social enquanto equipe e de cada integrante dentro de um grupo. É interessante que esses critérios sejam apresentados antes do debate ser estabelecido para que o processo seja o mais claro possível e os estudantes saibam exatamente no que estão acertando ou errando.

Assim como já foi exposto, o tempo que cada etapa levará vai depender de cada escola e professor. Uma vantagem é que esta sequência pode ser adaptada e adequada aos padrões de cada instituição de ensino, além de poder envolver diversas disciplinas, já que os temas, geralmente, são interdisciplinares. O importante aqui, é, então, levar para a sala de aula as múltiplas visões que existem dentro de um tema sóciocientífico e saber que, com isso, a participação em uma controvérsia “é uma oportunidade para desenvolver nos alunos características que serão de grande valor para sua vida social e para o mercado de trabalho” (VIDAL; CHRISPINO, 2016, p. 4).

3.2.2. Dilemas morais e o ensino

Em adição à controvérsia controlada, é possível que os docentes se utilizem de outras práticas de ensino para transformar a metodologia comumente utilizada no ensino de ciências, que é pautada em conteúdos prontos, terminados e encarados como verdade absoluta, em uma que forneça aos discentes, através de atividades variadas, habilidades que possam fazê-los refletir sobre o exercício de suas cidadanias (AIKENHEAD, 1994).

Se utilizar, então, de uma estratégia de ensino pautada nas questões sociocientíficas pode ser importante para que haja uma sensibilização por parte dos alunos acerca das implicações da ciência e da tecnologia, principalmente com base nos aspectos éticos e morais que podem ser abordados em sala de aula (MARTÍNEZ PÉREZ, 2012). De acordo com o autor,

> trabalhar a questão ética da ciência em sala de aula é uma pretensão interessante para a formação, nos estudantes, de valores que favoreçam melhores processos de convivência social. no entanto, as questões éticas envolvem, na maior parte dos casos, conflitos entre diferentes concepções sobre o que pode ser caracterizado como um comportamento ou uma ação correta. (MARTÍNEZ PÉREZ, 2012, p. 224)

Isso posto, apresentar e discutir situações que já ocorreram e que se relacionam com a ciência e com a tecnologia através dos dilemas morais é uma alternativa viável que possibilita uma formação cidadã atrelada aos objetivos específicos de cada disciplina e conteúdo.

Assim como o que já foi apresentado acerca das múltiplas definições para o acrônimo CTS, os dilemas morais também apresentam diversos conceitos e definições, dependendo diretamente de quem os estuda. Dessa forma, não será fechada aqui uma única definição para dilema moral, já que o objetivo desse trabalho é utilizar os dilemas morais já existentes na literatura e transpô-los para situações que já aconteceram e, assim, contribuir para o ensino de ciências.

No entanto, é importante colocar aqui o que a autora desse trabalho entende por dilema moral. Corroborando com a ideia de Pontes (2016),

> um dilema moral é uma situação hipotética, conflituosa no âmbito da moral, das emoções e dos sentimentos, passível de ser descrita em poucas linhas e com vias de ação igualmente válidas, mas de resultados distintos. (PONTES, 2016, p. 37)

Portanto, é possível perceber que há uma complexidade no enfrentamento de um dilema, já que ao final dele nem sempre se chega a uma resolução favorável, permanecendo sem solução. Ainda assim, é muito relevante a utilização em sala de aula para que os professores consigam abordar aspectos éticos e morais relacionados à ciência que, por muitas vezes, passam despercebidos em uma aula tradicional.

Lemmon (*apud* Beauchamp e Childress, 2002) ressalta duas formas possíveis para que um dilema moral ocorra:

> 1) alguma evidência indica que o ato x é moralmente correto, e alguma evidência indica que o ato x é moralmente errado, mas nenhuma das evidências é conclusiva. diz-se algumas vezes que o aborto, por exemplo, é um dilema terrível para as mulheres que veem as evidências dessa forma.
> 2) Um agente acredita que, por razões morais, deve e não deve realizar o ato x. num dilema moral assim conformado, um agente é obrigado, por uma ou mais regras morais, a fazer x, e, por uma ou mais regras morais, a fazer y, mas o agente está impossibilitado, nas circunstâncias, de fazer ambos. As razões por trás das alternativas x e y são boas e fortes, e nenhum dos conjuntos de razões é claramente dominante. Se a pessoa age segundo qualquer um dos conjuntos de razões, suas ações serão moralmente aceitáveis sob alguns aspectos, mas moralmente inaceitáveis sob outros. (LEMMON *apud* BEAUCHAMP E CHILDRESS, 2002, p. 26)

Sendo assim, é fundamental que os dilemas propiciem debates abertos e intelectualmente estimulantes liderados pelos docentes, a fim de que os estudantes reflitam acerca das questões relacionadas à ciência e à tecnologia que interferem diretamente na sociedade. O objetivo, então, não é que eles mudem de opinião ou classifiquem o que pensam em certo ou errado. O mais importante é que haja discussão e que os argumentos sejam apresentados para que visões e pensamentos sejam livres e expandidos no que diz respeito aos valores e emoções no cenário CTS.

Como exemplos de dilemas morais da literatura, serão colocados aqui: o dilema de Heinz, o dilema do trem e a tragédia dos comuns. O primeiro dilema foi traduzido livremente pela autora a partir do publicado por Lind (LIND, HARTMANN; WAKENHUT, 1981): “Na Europa, uma mulher estava próxima de falecer de uma forma rara de câncer. Havia uma droga que os médicos acreditavam que poderia salvá-la, uma forma de rádio que um farmacêutico da mesma cidade havia descoberto recentemente. O farmacêutico estava cobrando $2000, dez vezes o que a droga

custava para ele fazer. O marido da mulher doente, Heinz, procurou todos que ele conhecia para pegar dinheiro emprestado, mas somente conseguiu juntar metade do valor. Ele contou ao farmacêutico que sua esposa estava morrendo e perguntou se ele poderia vender mais barato ou deixá-lo pagar depois. Mas o farmacêutico disse, 'Não'. Então, Heinz ficou desesperado, e invadiu a loja do homem para roubar a droga para sua esposa."

O objetivo desse dilema, então, é observar todos os atores envolvidos nele e identificar questões da ciência, como a pesquisa, o tratamento, o custo, dentro outras, além das questões éticas, legais e emocionais. Para que não fique apenas no teórico, é interessante que sejam relacionadas a ele situações que já aconteceram e estão mais próximas da realidade dos estudantes, como os tratamentos de quimioterapia que são extremamente caros, porém podem ser custeados pelo governo após pressão da população.

Já o dilema do trem surgiu em 1967 com o objetivo de justificar as diversas posições sobre a legalização do aborto (FOOT, 1967). A partir de então, ele passou a ser debatido e começou a ser utilizado em outros cenários, que é o caso colocado aqui: "Edward é o condutor de um trem cujos freios acabaram de falhar. Logo à frente, existem cinco pessoas trabalhando nos trilhos, e ele está tão perto e tão rápido que elas não conseguirão escapar. Antes das pessoas existe um desvio, que Edward pode acionar para ir para outra linha. Infelizmente, há uma pessoa na outra linha também trabalhando, e que também não conseguirá sair a tempo caso o desvio seja feito. Edward pode desviar o trem e matar uma pessoa, ou pode manter o curso, matando cinco pessoas."

Diferente do dilema de Heinz, o dilema do trem se direciona mais aos aspectos tecnológicos e o impacto que a tecnologia pode trazer sobre a vida das pessoas. Além desses, a emoção e razão que já envolve os dilemas e as responsabilidades dos envolvidos enquanto trabalhadores também são fatores que devem ser levados em consideração na hora da discussão. Esse dilema pode ser transposto, por exemplo, para o sistema de saúde brasileiro que, em muitas vezes, por falta de vagas, obriga à escolha de quem atender ou não.

Para finalizar, a tragédia dos comuns é um dilema proposto por Hardin (HARDIN, 1968) e que questiona a maneira de lidar com os bens ambientais que são de uso comum. Em consonância com a QV, versar sobre o meio ambiente é importante, principalmente no que diz respeito às responsabilidades de cada indivíduo.

De acordo com Pontes (2016), uma narrativa possível para o dilema é: “Em uma aldeia existe um pasto comum, utilizado por todas as famílias para criarem seus animais de consumo. A aldeia possui 100 famílias, e cada família pode ter uma vaca leiteira presente no pasto, para que este consiga alimentar todas as 100 vacas e se recompor naturalmente. Hardin é o mantenedor de uma dada família que se tornou muito numerosa, de forma que uma única vaca não fornece leite para que todos se fartem. Este percebe que, colocado um animal a mais, dificilmente seria percebido que existem 101 vacas ao invés de 100, e ele conseguiria obter o dobro de leite. Porém, dado o delicado equilíbrio do pasto, e seus outros usos por todos os habitantes da vila, uma vaca é suficiente para que o pasto se degrade e, a longo prazo, deixe de existir. O pasto é a principal forma de alimentação da aldeia e sua degradação certamente faria todos passarem fome. Sabendo destas informações e supondo que você é o responsável desta família, você colocaria ou não uma vaca a mais no pasto?”.

A ideia, então, é relacionar questões ambientais, além da sustentabilidade, com o protagonismo que a ciência e a tecnologia têm na motivação e no gerenciamento desses problemas. Uma situação ocorrida que pode ser relacionada ao dilema exposto é o caso da usina de Belo Monte – PA - que foi construída e gerou impactos ambientais e sociais à população ao redor.

Além desses episódios expostos que podem se relacionar de forma contemporânea com os dilemas tradicionais da literatura, é possível consultar outras situações na dissertação de Pontes (2016) que podem ser colocadas em sala de aula e que já ocorreram para que os estudantes consigam elencar os atores e argumentos envolvidos em cada uma delas e abram suas visões acerca do que envolve a ciência, a tecnologia e a sociedade.

3.3. O PIEARCTS

O Projeto Ibero-americano de Avaliação de Atitudes Relacionadas com a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade (PIEARCTS) é um projeto internacional envolvendo pesquisadores de sete países da Ibero América (Espanha, Portugal, Argentina, México, Brasil, Colômbia e Panamá) que busca avaliar de forma cooperativa temas acerca da Natureza da Ciência e da Tecnologia (NCeT) ou de Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Essa avaliação é feita a partir de um formulário que foi proposto a partir de outras duas pesquisas também esquematizadas na forma de formulários: o *Views on Science, Technology and Society* – VOSTS (AIKENHEAD E RYAN, 1992; AIKENHEAD, RYAN E FLEMING, 1989) e o *Teacher's Belief about Science-Techonology-Society*/TBA-STS (RUBBA E HARKNESS, 1993; RUBBA, SCHONEWEG E HARKNESS, 1996). Esses projetos foram desenvolvidos de forma empírica, se utilizando de pesquisas, entrevistas e respostas abertas que foram dadas por professores e alunos. As frases resultantes do VOSTS e do TBA-STS constituem as questões de pesquisa que foram utilizadas para a adaptação e consequente concepção de um novo questionário de 100 questões.

O *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad* (COCTS) é um banco que foi construído a partir da adaptação dos questionários já mencionados para as culturas espanhola e portuguesa (MANASSERO E VÁZQUEZ, 1998; VÁZQUEZ E MANASSERO, 1999; MANASSERO, VÁZQUEZ E ACEVEDO, 2001, 2003). Ele já foi melhorado, visto que não é mais um questionário com modelo de múltipla escolha, chegando a um modelo de resposta múltipla, por meio da Escala de *Likert*[15], que permite a utilização de métodos estatísticos, avaliando questões complexas acerca do conhecimento interdisciplinar da ciência, que envolve a história da ciência, a sociologia e a epistemologia, além do conhecimento didático da ciência (VÁZQUEZ *et al.*, 2008). Ambos são mutáveis com o tempo e difíceis de convergir para consensos, o que dificulta para avaliá-los. Dessa forma, por ser um questionário empiricamente desenvolvido, possui uma validez inerente como método de avaliação.

Esse questionário é, então, dividido em quatro blocos: os itens que abrangem a definição de ciência e tecnologia; um único que aborda as interações CTS, ou seja, de que forma é concebida a relação entre os três entes do acrônimo; um bloco que traz a epistemologia da ciência, e outro que expõe dois aspectos da sociologia: a sociologia externa, que trabalha a influência da sociedade na ciência e na tecnologia, a influência da ciência e da tecnologia na sociedade, além da educação em ciência e tecnologia. Outra vertente, seria a sociologia interna da ciência, que apresenta as características dos cientistas, itens de construção social, bem como do processo de tomada de decisão tecnológica (BENNÁSSAR *et al.*, 2010). Dentro de cada bloco, os itens são divididos em temas que os identificam, o que gera um número para cada questão, conforme pode ser observado no quadro 10.

[15] Para saber mais, acesse https://pt.wikipedia.org/wiki/Escala_Likert.

Quadro 10 – Divisão de temas das questões do COCTS

TEMAS	SUBTEMAS	QUESTÕES
Definições		
1. Ciência e Tecnologia	01. Ciência	10111, 10113
	02. Tecnologia	10211
	03. I+D	10311
	04. Interdependência	10411, 10412, 10413, 10421, 10431
SOCIOLOGIA EXTERNA DA CIENCIA		
2. Influência da Sociedade sobre a Ciência/ Tecnologia	01. Governo	20111, 20121, 20131, 20141, 20151
	02. Indústria	20211
	03. Exército	20311, 20321
	04. Ética	20411
	05. Instituições educativas	20511, 20521
	06. Grupos de interesse especial	20611
	07. Influência sobre cientistas	20711
	08. Influência geral	20811, 20821
3. Influência triádica	01. Interações CTS	30111
4. Influência da Ciência/ Tecnologia sobre a Sociedade	01. Responsabilidade social	40111, 40121, 40131, 40142, 40161
	02. Decisões sociais	40211, 40221, 40231
	03. Problemas sociais	40311, 40321
	04. Resolução de problemas	40411, 40421, 40431, 40441, 40451
	05. Bem estar econômico	40511, 40521, 40531
	06. Contribuição ao poderio militar	40611
	07. Contribuição ao pensamento social	40711
	08. Influência geral	40811, 40821
5. Influência da ciência escolar sobre a Sociedade	01. União das culturas	50111
	02. Fortalecimento social	50211
	03. Caracterização escolar da ciência	50311
SOCIOLOGIA INTERNA DA CIENCIA		
6. Características dos cientistas	01. Motivações	60111
	02. Valores e padrões	60211, 60221, 60222, 60226
	03. Crenças	60311
	04. Capacidades	60411, 60421
	05. Efeitos de gênero	60511, 60521, 60531
	06. Infrarrepresentação das mulheres	60611
7. Construção social do conhecimento científico	01. Coletivização	70111, 70121
	02. Decisões científicas	70211, 70221, 70231
	03. Comunicação profissional	70311, 70321
	04. Competência profissional	70411
	05. Interações sociais	70511
	06. Influência de indivíduos	70611, 70621
	07. Influência nacional	70711, 70721
	08. Ciência pública e ciência privada	70811

8. Construção social da Tecnologia	01. Decisões tecnológicas	80111, 80121, 80131
	02. Autonomia da tecnologia	80211
EPISTEMOLOGIA		
9. Natureza do conhecimento científico	01. Observações	90111
	02. Modelos científicos	90211
	03. Esquemas de classificação	90311
	04. Provisionalidade	90411
	05. Hipóteses, teorias e leis	90511, 90521, 90531, 90541
	06. Aproximação das investigações	90611, 90621, 90631, 90641, 90651
	07. Precisão e incerteza	90711, 90721
	08. Racionalidade lógica	90811
	09. Pressupostos da ciência	90921
	10. S*tatus* epistemológico	91011
	11. Paradigmas e coerência de conceitos	91111, 91121

Fonte: BENNÁSSAR *et al.*, 2010. (Adaptado)

Desse universo de 100 questões, é possível observar que algumas estão sublinhadas. Esses trinta itens correspondem ao questionário do PIEARCTS, que foi dividido em dois formulários diferentes para facilitar o preenchimento dos respondentes, já que a maioria dos itens possui mais de cinco proposições para análise, o que torna o processo de resposta cansativo.

Todas as questões do PIEARCTS possuem um formato semelhante: um problema relacionado com a NCeT é apresentado e se deseja saber qual a opinião ou qual seria a atitude do respondente em relação a esse problema. Após a exposição do problema, frases são listadas e deve ser atribuído um valor numérico que precisa estar entre 1 e 9, em ordem crescente de concordância com o que está sendo proposto, onde 1 representa total discordância e 9 corresponde à total concordância com a proposição.

Para que as frases sejam transformadas em dados estatísticos, elas foram analisadas e categorizadas por dezesseis peritos juízes das áreas de NCeT, ensino de ciências e, ainda, de CTS. Cada sentença, então, foi enquadrada em uma das três categorias: ingênua, plausível ou adequada. A partir do cruzamento do valor atribuído para a concordância (ou discordância) de cada indivíduo respondente e a classificação atribuída para cada frase pelos peritos, chega-se a um índice atitudinal tanto para cada sentença, quanto para a questão como um todo. Esse índice também é um valor numérico, porém está contido em um intervalo que vai de -1 a +1.

Dessa maneira, o PIEARCTS é um instrumento que pode ser utilizado também para analisar e validar interferências, seja na forma de metodologias diferenciadas,

como a controvérsia, que podem ser feitas nos currículos. Para este trabalho, dez questões que se aproximam das discussões feitas ao longo do curso foram selecionadas dentre as trinta disponíveis para que os discentes respondessem na forma de pré e pós-testes, com o propósito de avaliar qual é o impacto que a disciplina teve sobre as crenças, valores e atitudes de cada um deles, validando (ou não) o trabalho feito.

Além do que já foi colocado, assim como o exposto no embasamento teórico de QV, é importante que se conheçam os autores, palavras-chave e obras mais referenciadas no ensino de Química dentro do ensino CTS brasileiro. Para isso, a seguir, estão presentes os mapeamentos feitos nesta área a fim de que os pesquisadores interessados consigam buscar de maneira mais efetiva o que é relevante.

3.4. O ensino de Química e o ensino CTS brasileiro

Esta seção é fruto do artigo publicado na revista *Química Nova na Escola*, resultante de pesquisa do grupo CTS e Educação, e buscou mapear as publicações em 31 periódicos de ensino e educação feitas no período de 1996 a 2016 (BOUZON *et al.*, 2018). Devido à defasagem desse espaço de tempo, esta subdivisão ainda conta com a atualização desses dados até 2018 contida em uma dissertação de mestrado do grupo CTS e Educação (PINTO, 2021). Os demais anos ainda não foram atualizados devido ao período pandêmico que atrasou o calendário proposto.

Para a execução do artigo mencionado, fez-se um mapeamento das palavras-chave, autores e obras mais citadas sobre o ensino de Química com enfoque CTS no Brasil. As revistas consultadas foram apenas as indexadas pelas CAPES com Qualis A1, A2 e B1 (quadriênio 2013-2016) no período pontuando anteriormente. A primeira busca foi para selecionar artigos que continham em seus resumos, títulos e/ou palavras-chave o acrônimo CTS e seus desdobramentos (Ciência, Tecnologia, Sociedade; Ciência e Tecnologia e Sociedade; Ciência-Tecnologia-Sociedade, dentre outros), que resultou em 244 artigos.

Em seguida, a fim de analisar os que realmente trabalhavam com ensino de Química, fez-se uma nova busca nos títulos e palavras-chave desse universo já encontrado em CTS com o termo “química” ou até mesmo outros termos que

pudessem ter alguma relação com ele. O objeto de estudo do artigo abrange, então, 41 artigos que foram submetidos a uma análise de rede social para palavras-chave e autores, além de uma contabilização das obras mais referenciadas nessas publicações; os resultados principais serão discutidos aqui.

A primeira rede social apresentada é a palavras-chave, que permitiu pontuar os termos mais relevantes no conjunto de publicações estudado e a forma como eles se relacionam entre si. Na Figura 12, observam-se dez vértices em negrito que representam as palavras-chave que possuem maior conexão com outras palavras da rede.

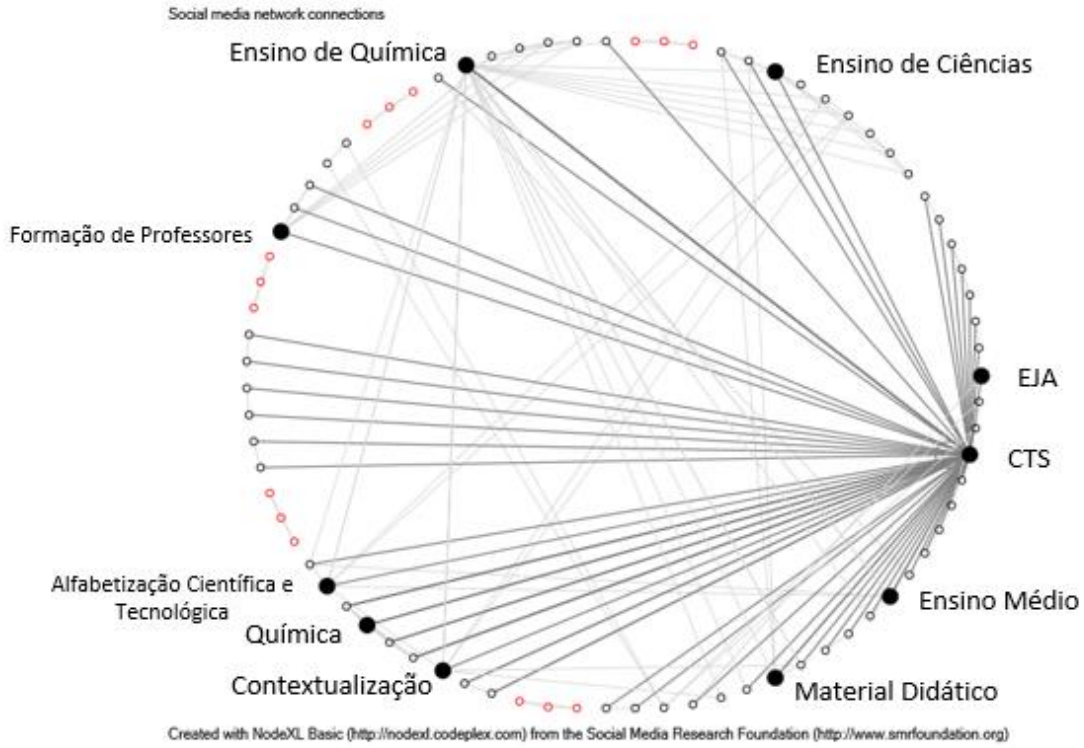


Figura 12 – Rede social de palavras-chave de ensino de Química[16]

Fonte: BOUZON *et al.*, 2018.

Antes de analisar o aparecimento dos termos destacados na figura acima, é importante mencionar que alguns vértices estão em vermelho porque são chamados

[16] Para maiores informações sobre a execução da rede social gerada, bem como dos desdobramentos de análise, consulte a referência BOUZON *et al.*, 2018.

de redes desconexas e não apresentam nenhuma conexão com nenhuma outra subrede. Nesse caso, cada rede desconexa representa um trabalho que elencou palavras-chave que não foram escolhidas por nenhum outro autor para seus artigos. Isso mostra a importância na hora de se escolher uma palavra-chave, a fim de que os trabalhos ganhem visibilidade quando forem buscados a partir de um termo específico ao tema. Caso não tivesse acontecido a busca criteriosa de artigos que são relacionados à temática, esses trabalhos não fariam parte do universo estudado, já que não apresentariam as expressões “CTS” e/ou “química” em seus títulos, resumos e/ou palavras-chave.

A partir dos dados numéricos fornecidos pelo *software NodeXL*, que estão apresentados em Bouzon *et al.* (2018), e da análise da rede social gerada, é possível identificar que os termos “CTS” e “ensino de química” foram os que apresentaram maior importância na rede, já que foram as palavras-chave que mais se conectam a outras, estando presentes na maior parte dos artigos. Somado a isso, são termos que possuem um prestígio grande na rede social já que fazem a maior quantidade de fronteiras possíveis. Outro dado importante é que se fossem tirados da rede montada, muitas subredes ficariam desconexas, pois são termos que fazem pontes entre trabalhos que podem não ter uma relação imediata, apresentando uma intermediação elevada. É válido pontuar que esses resultados já eram esperados, visto que as buscas iniciais foram feitas baseadas nessas palavras-chave.

Dessa forma, é importante analisar, também, termos que não são tão óbvios quanto esses que já foram pontuados e não eram esperados como pontos de grande destaque, como é o caso do acrônimo “EJA”. De acordo com os autores, essa aparição se deu pelo fato de que muitos docentes que atuam no ensino de jovens e adultos provavelmente buscam a aproximação do cotidiano dos discentes com o ensino de química e a abordagem CTS é uma alternativa viável para tal, especialmente se estes docentes se apropriarem das ideias e propostas de Paulo Freire para esta modalidade de ensino.

A outra rede social gerada no trabalho foi a de autores e coautores de todos os artigos, totalizando 86 escritores. Essa rede buscou analisar qual a relação existente entre os diversos autores, já que a conexão entre eles pode contribuir para a difusão de ideias em uma determinada área. Para essa análise, gerou-se o grafo disposto na Figura 13, que apresenta em destaque os cinco autores que conseguiram estabelecer mais relações com outros desse universo.

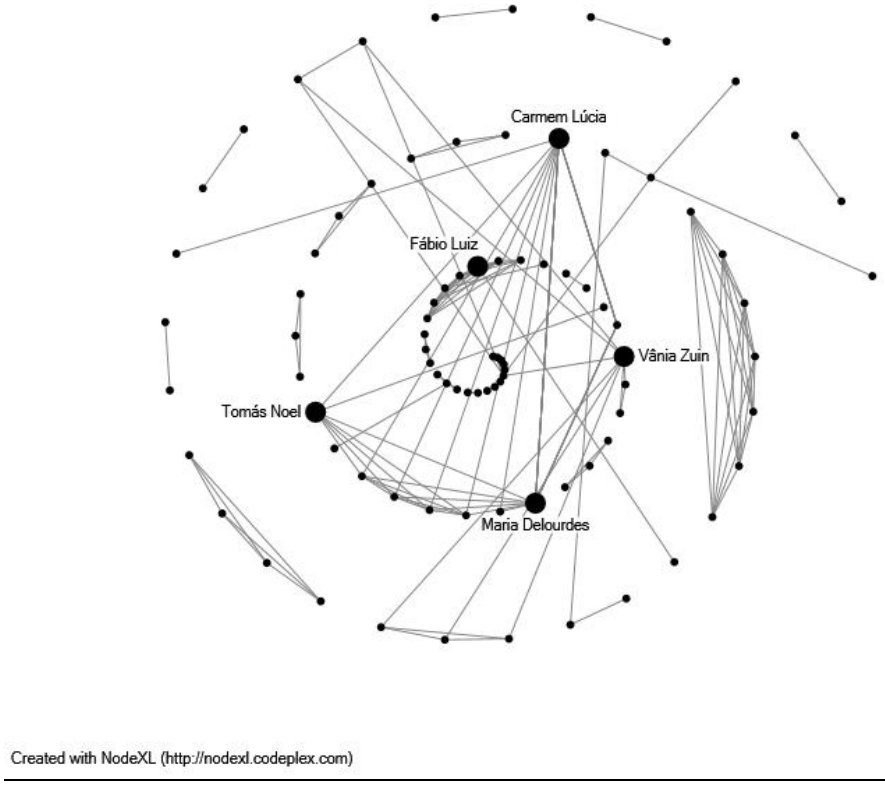


Figura 13 – Rede social de autores de ensino de Química

Fonte: BOUZON *et al.*, 2018.

Em consonância com os dados numéricos gerados pelo *software*, que podem ser observados em Bouzon *et al.* (2018), é possível ressaltar que a autora Carmem Lúcia Costa Amaral (UNICSUL), seguida das autoras Maria Delourdes (UNICSUL) e Vânia Zuin (UFSCar), foram as que apresentaram maior destaque por conseguirem se conectar a um maior número de autores desta rede social.

É importante pontuar que três dos cinco autores que possuem esse destaque considerado anteriormente são vinculados à mesma Universidade e muitos dos trabalhos publicados por eles acontecem em parceria conjunta ou com outros professores do mesmo local. Apesar de haver uma endogenia institucional, o diálogo entre esses autores contribui para que possuam uma relevância no universo de autores analisado.

Outra questão interessante de ser discutida é o fato que dos 86 autores analisados, 72 não se relacionam com outros escritores de instituições de ensino diferentes, o que justifica a quantidade de redes sem conexão na figura apresentada.

Além das redes sociais geradas, elencaram-se, ainda, as oito obras mais citadas nos 41 artigos analisados, a fim de apresentar obras que apresentam relevância para quem deseja pesquisar nesta área. Os resultados estão dispostos no Quadro 11 em ordem decrescente de quantidade de citações.

Quadro 11 – Referências mais citadas no ensino de Química

Rank	Número de citações	Referência
1	18	SANTOS, W. L. P. e SCHNETZLER, R. P. *Educação em Química: compromisso com a cidadania.* Ijuí: Unijuí, 2008.
2	15	SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p. 110-132, 2002.
3	10	AULER, D. e DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 3, n. 2, p.122-134, 2001.
4	8	ACEVEDO DÍAZ, J. A. Cambiando la práctica docente em la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Borrador, Huelva*, v.13, p. 26-30, 1996.
5	7	AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo "paradigma"? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 5, n. 1, p. 68-83, 2003.
6	6	SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. *Investigações em Ensino de Ciências,* v. 14, n. 2, p. 191-218, 2009.
7	5	COELHO, J. C. e MARQUES, C. A. Contribuições freireanas para contextualização no ensino de química. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, n. 1, p. 59-75, 2007.
8	5	FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. São Paulo: Paz na Terra, 1974.

Fonte: BOUZON *et al.*, 2018.

Como podem ser observadas, as duas primeiras obras, somadas a de Paulo Freire, foram referências de relevância também para o ensino de QV e já foram analisadas anteriormente. É válido reforçar a ideia que todas essas obras buscam superar o ensino pautado estritamente na deposição de conteúdos e na memorização, almejando uma formação de cientistas ou cidadãos que sejam capazes de interferir na sociedade em que vivem, exercendo sua cidadania.

Seguindo na análise, Décio Auler é um autor que apresenta duas referências relevantes para o ensino de Química com enfoque CTS. São elas: o artigo

“Alfabetização científico-tecnológica para quê?”, em parceria com Demétrio Delizoicov, que ocupa a terceira posição dentre as mais citadas, no qual o autor aborda os diversos significados para o termo “alfabetização científico-tecnológica”, além de seus objetivos múltiplos. Além disso, aborda os mitos que permeiam a neutralidade da ciência, analisando as duas perspectivas da alfabetização científica: a reducionista, que não problematiza a ciência e traz uma concepção ingênua, e a ampliada, que acredita na ideia de que os conceitos são apenas meios para que o aluno compreenda o mundo de maneira mais crítica. Já no artigo que ocupa a quinta posição, Auler retoma o tema da alfabetização científico-tecnológica, porém articulando com os pressupostos do movimento CTS e de Paulo Freire, valorizando a abordagem temática para superar o ensino propedêutico e disciplinar.

Ainda no viés freireano, destacam-se os trabalhos que ocupam a sexta e sétima posições dentre as oito que tiveram mais citações. O primeiro, de Wildson Santos e Eduardo Mortimer, tem o objetivo de abordar os aspectos sociocientíficos, mostrando que eles aumentam as interações em sala de aula, introduzindo atitudes e valores em uma perspectiva humanística. Já o de autoria de Coelho e Marques se embasou nas ideias de Wildson Santos, e destacou o ensino de Química voltado para a formação cidadã, a partir da abordagem científico-tecnológica a partir de temas químicos sociais. Além dessa proposta, o trabalho considera os aspectos da QV para abordar problemas do meio ambiente e relaciona com a responsabilização dos atores sociais envolvidos nas questões, excluindo a neutralidade.

Para finalizar essa análise, Acevedo Díaz reflete, em seu trabalho, a respeito da problemática da prática pedagógica dos professores, explicitando que os projetos curriculares nos moldes em que estão hoje acabam se afastando de uma abordagem CTS, que busca um problema relevante para os estudantes, a fim de que toda a discussão promovida não se esgote ao final de cada aula. Com isso, ele propõe que os docentes repensem suas atuações e se dediquem à preparação de suas aulas e à execução delas, já que grande parte dos êxitos e fracassos se deve ao clima que é gerado em sala de aula.

Na atualização feita na dissertação de mestrado (PINTO, 2021), houve o acréscimo de quinze trabalhos e a análise mostrou algumas modificações em relação ao que estava proposto no primeiro artigo.

Em relação à rede social de palavras-chave, a análise permaneceu com os dois termos mais relevantes semelhantes ao que já havia sido colocado, justificando a

busca por esses dois temas. No entanto, três palavras-chave não aparecem mais na rede: Ensino de Ciências, Química e Formação de Professores. As três expressões que as substituíram foram: Divulgação Científica, Ensino e Ensino por Temas.

É interessante analisar que a palavra-chave “Ensino” abrange um universo de temas muito extenso, já que pode se relacionar com diversas áreas e, por isso, pode apresentar relevância em uma rede, devido ao número de menções. Já o termo “Ensino por Temas” é mais específico e vai ao encontro dos pressupostos dos autores que aparecem nas referências mais citadas e que buscam a inserção de temas sociais no contexto escolar para que o estudante consiga compreender o mundo de forma crítica.

A outra palavra-chave que diferenciou uma análise da outra foi “Divulgação Científica”. A presença deste termo leva a reflexão que a abordagem CTS é uma alternativa viável para divulgar ciência, já que aproxima da população em geral os conceitos e as discussões que envolvem a tríade. Geralmente, essa divulgação é feita por meio das tecnologias de informação devido ao grande acesso e difusão delas.

Já em relação aos autores, as duas primeiras que já apareciam continuaram sendo as de maior relevância na rede atualizada. Em contrapartida, Maria Eunice Ribeiro Marcondes e José Claudio Del Pino passaram a ter destaque nos últimos anos de publicação. Maria Eunice Ribeiro Marcondes (USP) possui grupo de pesquisa, fundado em 2017, acerca das reflexões de CTSA e suas implicações no ensino, refletindo sobre a prática docente e a aprendizagem dos estudantes, o que justifica o alto grau de importância na rede gerada atualmente e não na anterior.

Já José Claudio Del Pino (UFRGS), apesar de não possuir nenhum grupo de pesquisa voltado diretamente para CTS, trabalha com temas como história e construção da ciência de forma filosófica, se afastando da ideia de ciência neutra, além de trabalhar com interdisciplinaridade que é um tema que dialoga diretamente com a abordagem CTS, confirmando a possibilidade de diversas publicações nesta área.

Em relação às obras mais citadas, o impacto da atualização foi maior nas três últimas referências que foram elencadas anteriormente, dando lugar a novas, como pode ser observado no Quadro 12.

Quadro 12 – Atualização das referências mais citadas no ensino de Química

Rank	Número de citações	Referência
1	22	SANTOS, W. L. P. e SCHNETZLER, R. P. Educação em Química: compromisso com a cidadania. Ijuí: Unijuí, 2008.
2	19	SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 2, n. 2, p. 110-132, 2002.
3	14	AULER, D. e DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 3, n. 2, p.122-134, 2001.
4	11	ACEVEDO DÍAZ, J. A. Cambiando la práctica docente em la enseñanza de las ciencias a través de CTS. Borrador, Huelva, v.13, p. 26-30, 1996.
5	9	AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 5, n. 1, p. 68-83, 2003.
6	9	LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. Ciência & Ensino, Campinas, v. 1, número especial, p.1-17, 2007.
7	8	DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. Ensino de Ciências: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002.
8	8	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, v. 13, n. 1, 2007, p. 71-84.

Fonte: PINTO, 2021.

A obra de Linsingen foi escrita com a proposta de contribuir para a percepção da importância dos estudos sobre ciência, tecnologia e sociedade (ECTS) nos campos específicos do saber, seja no ensino fundamental, médio, técnico ou superior, a fim de que se alcance a construção de currículos que sejam contextualizados com CTS. Para isso, o autor realizou uma contextualização do ensino sob a ótica do CTS, estreitando a conexão com os ECTS e as diversas possibilidades para que se alcance uma educação tecnocientífica, levando-se em consideração as especificidades socioculturais e as políticas latino-americanas, que são fatores que influenciam diretamente em uma abordagem educacional contextualizada, comprometida e socialmente referenciada.

Já o livro escrito em parceria por Delizoicov, Angotti e Pernambuco é organizado em seções, que podem ser lidas separadamente ou em conjunto, que possibilitam a discussão de situações típicas no ensino de ciências, almejando a

participação criativa e ativa dos envolvidos nelas. Uma das propostas, por exemplo, busca a desmistificação de que a ciência é feita só para os cientistas, relacionando a necessidade de elaboração de um conceito científico que abranja diversos fatores como a sua relevância social, sua produção história, dentre outros. O objetivo dos autores é fornecer informações sobre pesquisas no ensino de ciências, além de possibilitar a melhoria da formação de professores dessa área.

A última referência que aparece em destaque no recorte proposto relaciona o enfoque CTS com os objetivos previstos pela LDB, e o quanto isso é relevante para o processo de formação dos estudantes. Essa sintonia é alcançada a partir da organização curricular pautada em temas sociais que procuram favorecer atitudes críticas e de julgamento nos discentes, buscando compreender as implicações sociais nos conhecimentos científico e tecnológico. Ademais, os autores ressaltam a importância do envolvimento das diversas instâncias na modificação do processo educacional, como governos municipal, estadual, federal, comunidade escolar, dentre outros, não depositando exclusivamente nos docentes a obrigação da mudança de postura.

De uma maneira geral, essas três referências convergem para a temática das que haviam sido elencadas anteriormente, o que mostra a importância da consulta para quem deseja pesquisar na área, seja nessas que se mostraram relevantes agora, seja nas que já haviam aparecido na pesquisa de 2018.

4. Metodologia

4.1. A pesquisa

Esta pesquisa é um estudo que construiu, aplicou e avaliou uma disciplina intitulada **Educação em Química, Sociedade e Ambiente**, do curso de Especialização em Ensino de Química do Colégio Pedro II[17], inaugurado no ano de 2019, e que será detalhado mais a diante.

Esta disciplina foi estruturada, inicialmente, com pesquisas a respeito da temática envolvida (QV e abordagem CTS), cujos resultados compõem os pressupostos teóricos já apresentados anteriormente. A partir da primeira aplicação, da discussão de textos, conceitos, metodologias diversas, bem como das propostas de inserção no Ensino Básico pensadas pelos cursistas dos conceitos previamente trabalhados durante o curso, modificações foram feitas na sequência inicial.

As intervenções para este trabalho se deram nos anos de 2019 e 2021, com turmas distintas, e contribuíram para que a ementa final aqui proposta e o material utilizado durante a disciplina fossem refinados. Nos dois anos, a disciplina contou com a carga horária total de 45 horas e as ementas, bem como a organização das aulas, estão presentes nos apêndices E e H. Inicialmente, são oferecidas 20 vagas a cada edital, mas em 2019 a disciplina contou com 18 cursistas e, em 2021, apenas 11.

Com o objetivo de avaliar se houve mudança no entendimento dos discentes tanto em relação às crenças e ideais sobre CTS, quanto aos conceitos de QV , foram propostos pré-testes e pós-testes em dois momentos: (i) utilizando um recorte do questionário do PIEARCTS, a partir de 10 questões escolhidas por se aproximarem dos conteúdos que seriam discutidos durante a disciplina (Apêndice A), possibilitando a comparação quantitativa dos resultados iniciais e finais; (ii) buscando identificar a concepção acerca dos conceitos de Química Verde que os discentes possuíam antes e depois da disciplina (Apêndice B).

[17] Para mais detalhes sobre o curso, acesse o endereço http://www.cp2.g12.br/blog/propgpec/pos-graduacao/lato-sensu/quimica/apresentacao/. A atualização deste site depende, exclusivamente, da reitoria responsável pelos cursos de Pós-Graduação. Sendo assim, há defasagens em relação ao que é feito atualmente (em 2022).

Somado aos pré e pós-testes, foi aplicado um questionário estruturado exatamente após o término da disciplina, a fim de que cada discente pudesse avaliar sobre as mudanças (ou não) nos seus resultados observados nos testes feitos e, assim, pudéssemos melhor entender o impacto que a disciplina pôde proporcionar no que tange aos temas QV e CTS (Apêndice C). Além disso, um ano após a conclusão da disciplina, foi aplicado um novo questionário com os cursistas egressos que responderam ao contato da pesquisadora para saber se houve alguma modificação em suas práticas docentes (Apêndice D).

Somado a essas análises, diversas anotações a respeito das falas dos cursistas, bem como do que foi desenvolvido ao longo das aulas, foram feitas em um diário de abordo da autora desta tese, analisadas e utilizadas em diversos momentos ao longo do texto como retificação do que foi colocado. Especificamente para a turma de 2021, além das anotações, as gravações das aulas remotas foram acessadas para maiores detalhes acerca das discussões. Dessa forma, pode-se dizer que a abordagem desta pesquisa é mista (quali-quanti) (CRESWELL, 2010).

De acordo com Creswell (2010), a técnica de métodos mistos envolve coleta e análise de dados quantitativos e qualitativos em uma única pesquisa, se utilizando de questões abertas, nesse caso com o questionário de QV, a autoavaliação e o questionário com os cursistas egressos, e fechadas, representadas pelo questionário do PIEARCTS, e, com isso, de uma análise textual e estatística, respectivamente. Com procedimentos concomitantes, as duas formas de dados (quali-quanti) são coletadas e posteriormente integradas na interpretação dos resultados gerais. Dessa forma, é garantido um melhor entendimento do problema de pesquisa colocado.

Além destas classificações, pode-se dizer, também, que esta é uma pesquisa exploratória, já que, de acordo com Gil (2008), tem como finalidade desenvolver, esclarecer e modificar ideias a respeito de Química Verde, bem como de CTS.

4.2. A técnica da pesquisa – Estudo de Casos

De acordo com Yin (2001, p. 19),

> os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo "como" e "por que", quando o pesquisador tem pouco

> controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

Dessa forma, o estudo de casos foi escolhido como metodologia para este trabalho, pois se pretende analisar como a disciplina influencia na mudança de pensamento dos cursistas que participaram da mesma, bem como de que forma os novos conceitos podem chegar ao Ensino Básico, a fim de que alunos deste nível sejam formados, cada vez mais cedo, de forma crítica e conscientes do papel que possuem no meio ambiente.

É importante pontuar que o estudo de casos para a área de ensino é encarado de maneira diferente e menos engessada das pesquisas que precisam de resultados mais rigorosos, como as advindas das áreas “conceituais” da Química, a exemplo da Química Orgânica, Inorgânica etc., afinal, “seu propósito é estabelecer uma estrutura de discussão e debate entre os estudantes” (YIN, 2001, p. 20).

Dessa forma, se fez necessária a reflexão acerca dos possíveis referenciais que embasam essa metodologia e que versam sobre o ensino. O principal motivo para essa ponderação é Yin se apropriar de algo ainda muito enrijecido e estático, sem perspectiva de mudanças na análise qualitativa ao longo do estudo do caso. Nesse viés, considera-se também as orientações de Merriam (1998), que contemplam a natureza e a elaboração do conhecimento como construções sociais.

Por isso, é preciso ressaltar que esse trabalho se apropriou tanto das perspectivas de Yin quanto daquelas vindas de Merriam. O primeiro autor foi referencial para embasar a análise quantitativa do estudo de caso que é proveniente dos resultados do PIEARCTS. No entanto, se entendeu que, se limitar ao que ele propõe para explorar os dados qualitativos é manter o foco sob uma ótica positivista, sendo que o objetivo principal é conseguir identificar o que foi construído ao longo da disciplina proposta (YAZAN, 2016).

Apesar de ser uma pesquisa de caráter exploratório, este trabalho deixa claro qual é a sua finalidade e seus critérios de condução para que se atinja o objetivo inicial: uma pesquisa prévia embasada nos principais referenciais teóricos do tema e suas relevâncias, e, foi a partir dessa pesquisa, que se estruturou os conteúdos que foram trabalhados na disciplina, deixando clara a forma como foi feita a aplicação e os métodos de avaliação dela. Apesar dessa estrutura inicial ter sido proposta de forma acabada, é importante mencionar que, ao final da primeira turma, como planejado

inicialmente, toda a sequência foi avaliada e revista e, a partir do que foi obtido de resultado, modificações foram feitas para a segunda aplicação, embasando o caráter construtivista de Merriam.

Como já mencionado anteriormente, esta pesquisa contou com quatro instrumentos de coleta de dados para avaliar o impacto que a disciplina teve sobre os participantes: (1) o pré-teste e o pós-teste a respeito dos conceitos de QV; (2) o pré-teste e o pós-teste, se apropriando da mesma técnica da pesquisa do PIEARCTS, a fim de estudar os índices atitudinais dos respondentes; bem como os (3) questionários de pesquisa da autoavaliação disponibilizados ao fim da disciplina e as (4) questionários com egressos realizados um ano após o término dela.

Todos os questionários realizados foram analisados a partir da técnica da análise de conteúdo, proposta por Bardin (2009), enquanto os formulários do PIEARCTS foram submetidos à avaliação estatística. No entanto, é importante frisar que, para além dos números, o objetivo central da pesquisa é identificar se houve impacto da disciplina sobre os cursistas e de que forma isso aconteceu.

Com isso, os trabalhos apresentados por eles ao final do curso foram categorizados de acordo com os critérios de Sjöström e Talanquer (2014) e Marcelino (2020), que propõem níveis de abordagem acerca da QV. Além dessa análise, todas as mudanças comportamentais ao longo das aulas foram levadas em consideração no momento de tecer as ponderações acerca dos resultados.

4.3. Análise de conteúdo dos questionários aplicados

Para avaliar os questionários de QV, as autoavaliações e os formulários finais respondidas pelos egressos, foi utilizada a análise de conteúdo proposta por Bardin (2009) e que é definida como:

> A análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de análise das comunicações, visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 2009, p. 42).

A fim de categorizar melhor e de maneira mais simples os resultados, foi escolhida a modalidade de análise temática, na qual, após a análise, as respostas foram fracionadas em temas ou unidades de significação. Após a definição desses componentes, foram intituladas as categorias que agregam as unidades semelhantes, e que são capazes de remeter ao discurso feito pelo cursista. Tanto os exemplos de temas (ou componentes, ou unidades de significação), quanto as categorias foram colocadas em uma tabela para a análise da frequência. Esta análise permite que a pesquisa seja feita com seriedade e afaste conclusões intuitivas, uma vez que é baseado nos quatro princípios fundamentais propostos por Berelson (1952): ser sistemático, ser objetivo, abordar apenas o conteúdo manifestado pelos estudantes e quantificar.

Para fazer as duas análises, pensou-se nas três fases propostas por Bardin (2009):

- Pré-análise: nesta fase, foram lidos todos os questionários (tanto de QV quanto as autoavaliações), a fim de analisar se algum destoava dos demais. A fim de identificar o que houve modificação das respostas iniciais para as posteriores à disciplina, buscaram-se, nos questionários de QV, termos que diferenciassem as duas respostas e que fossem relevantes com o que foi trabalhado durante as aulas. Para as autoavaliações, foram utilizadas como indicadores as questões nas quais os participantes obtiveram maior diferença de comportamento, além da afirmativa própria de mudança de pensamento.

- Exploração do material: na segunda fase de análise, os textos foram relidos para que os conteúdos pudessem ser fracionados em categorias temáticas que concentrassem ideias diferentes acerca do que foi perguntado. A partir do momento em que um tema era mencionado, era inserido em um Quadro para que pudesse ser estabelecida uma frequência deste tema e, posteriormente, isso pudesse ser analisado.

- Interferência e interpretação: na última fase, tudo o que foi compilado nas fases anteriores é apresentado, possibilitando, assim, a interpretação do que cada participante trouxe em seu discurso. Esta fase estará exposta nos resultados deste trabalho.

4.4. A técnica do PIEARCTS

O PIEARCTS - Projeto Ibero-americano de Avaliação de Atitudes Relacionadas com Ciência, Tecnologia e Sociedade – (BENNÁSSAR *et al.*, 2010) foi escolhido como instrumento de análise do impacto da disciplina nas crenças e valores dos participantes por ser internacionalmente reconhecido na sociedade científica e abranger uma gama de áreas importantes que estão presentes na confecção e execução de um curso.

O formulário disponibilizado para os estudantes (Apêndice A) possui uma capa com as instruções de preenchimento, a fim de que o questionário possa ser analisado de diversas formas: por idade, gênero, formação. Neste trabalho, como não houve variação significativa dos resultados nestas vertentes, optou-se por analisar a mudança de visão dos estudantes de uma maneira geral antes e depois da disciplina, a fim de conseguir comprovar se ela foi ou não eficaz na modificação intelectual deles.

Normalmente, este questionário é respondido de forma anônima, mas para a disciplina, foi solicitado que os estudantes colocassem seus nomes antes de respondê-lo, a fim de que os dois testes (inicial e final) pudessem ser devolvidos ao final dela como forma de apoio para o preenchimento das autoavaliações. Com isso, é importante ressaltar que os resultados aqui apresentados foram computados de forma anônima, sem levar em conta a identificação que os alunos colocaram em seus questionários.

As dez questões respondidas pela turma, assim como todas as presentes no PIEARCTS, possuem o mesmo formato: um breve relato sobre alguma situação-problema relacionada à ciência, tecnologia e/ou sociedade, seguido de frases que são possíveis respostas a esse relato. Essas frases são identificadas por uma letra (a, b, c, e assim sucessivamente) e, para cada uma, deve-se colocar um grau de concordância do participante com aquela proposição de acordo com a legenda da Quadro abaixo:

Quadro 13 – Índice de concordância do PIEARCTS

DESACORDO				Indeciso	ACORDO				OUTROS	
Total	**Alto**	**Médio**	**Baixo**		**Baixo**	**Médio**	**Alto**	**Total**	**Não a entendo**	**Não sei**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**E**	**S**

Fonte: formulário do PIEARCTS.

A fim de sistematizar esses números que são concedidos às frases, as respostas são convertidas em um índice atitudinal que pode ir de -1 a +1[18]. Esses índices são relacionados diretamente com a avaliação feita por peritos juízes que julgaram as frases em ingênuas, plausíveis e adequadas. Quanto mais próximo de +1, mais adequado é o pensamento acerca de uma crença ou valor da ciência e da tecnologia, enquanto que, quanto mais próximo do -1, mais distante da adequada é a abordagem sobre aquele tema, ou seja, mais ingênua.

É preciso analisar três cenários possíveis para compreender a pontuação das questões:

- Caso o indivíduo discorde de uma proposição, ou seja, atribua de 1 a 4 para uma frase: se essa frase for adequada, seu índice atitudinal será considerado negativo, podendo chegar ao limite (-1), caso a escolha tenha sido o número 1; caso seja considerada plausível, o valor partirá de um número positivo, podendo se tornar negativo, caso se aproxime do número 1; no entanto, se ela for considerada ingênua, seu índice será positivo, podendo chegar ao limite (+1), caso sua escolha tenha sido o número 1.
- Caso o indivíduo concorde com uma frase, ou seja, atribua de 6 a 9 para a mesma: se a frase for considerada adequada, seu índice será positivo, podendo chegar no limite (+1), caso tenha atribuído o número 9 a esta sentença; se for plausível, o número partirá de um valor positivo e quanto mais próximo do 5, maior será, podendo se tornar negativo, caso se aproxime do 9; e, caso ela seja considerada ingênua, o índice atitudinal será considerado negativo, podendo chegar a -1, que é o limite, caso a escolha seja o 9.
- Caso o indivíduo esteja indeciso em relação a uma sentença, ou seja, marque 5: se ela for considerada ingênua ou adequada, o índice atitudinal é neutro, logo, é atribuído o valor 0 a ele; enquanto que se ela for considerada plausível, é atribuído o valor +1 ao índice.

Por conseguinte, é importante agregar as duas informações para que se consiga transformar as respostas em números estudáveis: o índice de concordância com o “gabarito” proposto pelo júri que analisou todas as questões, chegando, assim, em um índice de -1 a +1 para cada questão respondida.

[18] Essa conversão é feita a partir de uma planilha confeccionada pelo grupo de pesquisa CTS e Educação do CEFET/RJ.

Como o PIEARCTS é um instrumento internacionalmente reconhecido e valorizado na área de CTS, foi escolhido para ser um dos métodos de avaliação da disciplina. No entanto, apesar de trazer itens que discutem temas extremamente importantes para a ciência dentro dessas trinta questões, era necessário que fosse feito um recorte daqueles que mais se aproximavam da temática da disciplina, a fim de que não ficasse um questionário cansativo e que os respondentes não se perdessem a medida que fossem respondendo. Além disso, o intuito de estabelecer proposições que têm relação direta com o que seria trabalhado em sala de aula era o de avaliar se a disciplina conseguiria atingir seu objetivo modificando o índice atitudinal dos participantes para melhor.

Dessa forma, foi feita uma leitura nos trinta itens propostos pelo PIEARCTS e buscou-se selecionar questões que tivessem: alguma temática relacionada ao meio ambiente (seja com ciência ou tecnologia), a relação entre a tríade CTS, algo relacionado à tomada de decisões (seja no campo moral ou tecnológico), a influência da escola, a importância da responsabilidade de cada ser humano. Essas ideias iniciais foram trabalhadas em sala de aula e o intuito era observar de que forma se comportariam antes e depois da disciplina.

A partir do recorte, selecionaram-se dez questões que possuem as categorias expostas abaixo:

20141 - Influência do governo

30111 - Interações CTS

40161 - Responsabilidade social – sobre contaminação

40221 - Decisões morais

40531 - Bem-estar social

80131 - Decisões tecnológicas

20511 - Instituições educativas

40131 - Responsabilidade social – sobre informação

40211 - Decisões sociais

40421 - Resolução de problemas

4.5. Categorização dos trabalhos propostos pelos cursistas

Como já foi mencionado, ao final das aulas da disciplina, em cada turma, os cursistas elaboraram uma proposta de inserção de conceitos de QV no ensino básico por meio da abordagem CTS. A fim de compreender melhor a forma como foi planejada, bem como a profundidade das ideias nos trabalhos, foi feita uma categorização baseada nos princípios de Sjöström e Talanquer (2014) e Marcelino (2020).

É válido acrescentar que, além desses autores, outros pesquisadores também propuseram modelos para categorizar o ensino de QV (BURMEISTER; RAUCH; EILKS, 2012; GOES *et al.*, 2013; SANDRI; FILHO, 2019). O objetivo em comum desses estudos com o que é proposto nesse trabalho é conseguir classificar os projetos sugeridos pelos cursistas partindo de uma vertente técnica e instrumental do ensino de Química em direção a uma perspectiva crítica e mais abrangente (ZUIN, 2011; MARQUES; MACHADO, 2014; MARQUES *et al.*, 2007). Essa concepção vai ao encontro das discussões de Aikenhead (2009), referencial teórico desta pesquisa.

Sjöström dividiu, então, o ensino de Química em alguns patamares, levando em conta o quão humanista ele é. Essa divisão deu origem a um tetraedro (Figura 14), a partir do triângulo de Johnstone (1993) que é a base da pirâmide, meramente disciplinar, ao ápice do ensino humanístico, focado em contextos relevantes e aspectos sociocientíficos (SJÖSTRÖM, 2013).

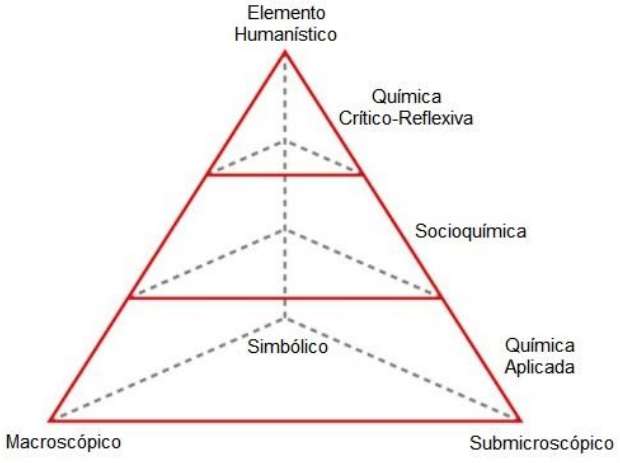


Figura 14 – Tetraedro de Sjöström
Fonte: SJÖSTRÖM, 2013 (tradução própria).

O estudo de Marcelino (2020) complementa o tetraedro acima mencionado no sentido de analisar também o ensino de QV, focando em algumas particularidades que permeiam essa temática. Dessa forma, o novo tetraedro proposto pelo autor é adaptado do exposto acima, conta com o “ambiente” como item da base, já que é impossível falar de QV e não abordar o ambiente, e pode ser visto na figura 15.

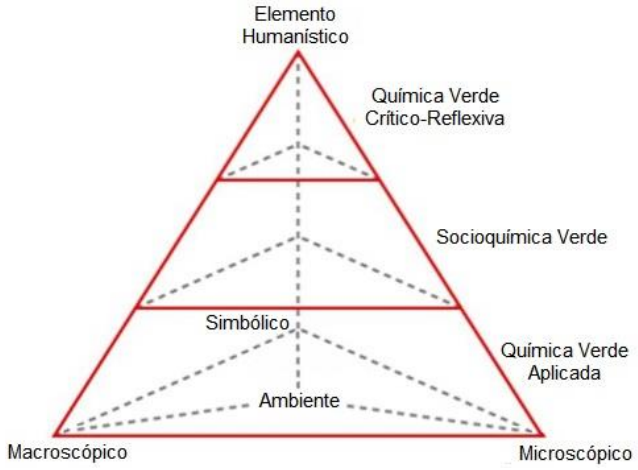


Figura 15 – Tetraedro para o ensino de QV.
Fonte: MARCELINO, 2020.

Em relação a categorização nesta pesquisa, ao longo de cada apresentação, alguns pontos foram analisados e enquadrados dentro de quatro possibilidades advindas do tetraedro (SJÖSTROM; TALANQUER, 2014; MARCELINO, 2020):

- **Nível 0: Química Pura** – é a base triangular do tetraedro e traduz o foco no conhecimento disciplinar. Por ser focado na aprendizagem de conceitos teóricos básicos e técnicas experimentais, o aluno é induzido a confiar no raciocínio pautado por regras e enfatizar a manipulação de símbolos e formas. Nesse viés, não há a abordagem da Química Verde, já que o objetivo é o conteúdo curricular de Química.

- **Nível 1: Química Aplicada** – utiliza-se de exemplos de aplicação para ilustrar a relevância dos aspectos sociais e da vida cotidiana no ensino de Química. Não há problematização e por muitas vezes os contextos são desconectados das implicações sociais, ambientais, etc., sendo abordados de maneira parcial e irrefletida. É possível que o raciocínio baseado em modelos seja favorecido com as discussões. Para a QV, esse nível traduz o uso de exemplos de práticas, além de conhecimentos da Química,

que conseguem trazer impacto positivo para o ambiente. Dessa maneira, o objetivo não é colocar em prática a QV, mas informar que ela existe como um viés da Química.

- **Nível 2: Socioquímica** – enfatiza a tomada de decisão baseada na ciência sobre questões sóciocientíficas. O conhecimento disciplinar é visto como um empreendimento humano, focando no desenvolvimento histórico do conteúdo que ali está sendo estudado para ensinar a natureza da ciência. Neste viés, muitas iniciativas podem ser vistas como exemplos de Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS), referindo-se a questões sociais e ambientais relevantes. Espera-se que o estudante consiga discutir como usar modelos para prevenir problemas e encontrar soluções, dando significado ao conteúdo enquanto resolvem problemas autênticos. O mesmo é esperado em relação aos conceitos de QV, ou seja, discute-se questões inerentes ao caráter social, os problemas que estão relacionados, bem como a forma de responder a eles.

- **Nível 3: Química crítico-reflexiva** – nesse nível, problematiza-se tanto o conhecimento do conteúdo em Química quanto o conhecimento sobre a Química, seu papel na sociedade e a forma como ela se comunica dentro e fora da sala de aula. O professor permite que seus alunos expressem suas opiniões, julgamentos e argumentos, indagando ideias e práticas científicas relacionadas a QV, bem como analisando valores que embasam as escolas dessa área. A ideia da tecnociência pode ser usada para orientar a análise crítica da natureza do conhecimento químico. Essa abordagem induz a explorar criticamente as diferentes formas de conhecer e gerar argumentos e explicações, inclusive da QV. O objetivo central é mostrar a complexidade da ciência, incluindo a relação com o ambiente, a tecnologia e a sociedade, além de deixar claro que o seu desenvolvimento não é linear e que diversas pessoas contribuem para a constução do conhecimento científico.

Para facilitar o enquadramento dos trabalhos em cada um desses pilares, critérios específicos nortearam a análise, que os autores chamam de facetas do conhecimento em Química (SJÖSTROM; TALANQUER, 2014) e podem ser encaixados em cada nível de acordo com os critérios presentes no quadro 14.

Quadro 14 – Critérios estabelecidos para os modelos de categorização

Facetas do Conhecimento Químico	Nível 0 Química pura	Nível 1 Química aplicada	Nível 2		Nível 3	
			a. Sócio-histórico	b. Sócio- científico	a. Sócio- cultural	b. Sócio- político
Questões essenciais	Foco em questões disciplinares centrais: que tipos de assunto existem?	Foco em questões de interesse público: como podemos projetar novos medicamentos?	Foco em questões sobre a natureza do conhecimento: como as ideias sobre estrutura atômica evoluíram?	Foco em questões de relevância para indivíduos e sociedades modernas: que tipo de gordura devemos comer?	Inclui questões sobre desenvolvimento e aplicação do conhecimento: quais fatores influenciam a escolha de combustíveis fósseis em detrimento de outras fontes?	Inclui questões centradas em valor de relevância para uma sociedade sustentável: os produtos químicos perfluorados devem ser permitidos na Terra?
Grandes ideias	Inclui ideias fundamentais na disciplina: a matéria é atômica	Inclui ideias de relevância nos tempos modernos: os motores de combustão produzem gases com efeito de estufa	Ver nível 0	Inclui ideias que integrem questões do CTSA: a química verde busca usar menos energia e produzir menos resíduos	Inclui ideias de compreensão e problematização de sistemas de ciência e tecnologia no contexto sociocultural	Incluir ideias que problematizem questões do CTSA visando a transformação para a cidadania crítica e a socioecojustiça
Conceitos transversais	Referem-se a conceitos disciplinares centrais: ligação química	Referem-se a preocupações sociais atuais: poluição	Ver nível 0	Consulta as questões centrais do CTSA: desenvolvimento sustentável	Refere e problematiza questões centrais do CTSA: sustentabilidade	Ver nível 3a
Dimensões conceituais	Comumente focado na dimensão composição/ Estrutura	Tendem a se concentrar na composição/estrutura e dimensões de energia	Ver nível 0	Procuram integrar as dimensões composição/estrutura, energia e tempo	Ver nível 2b	Ver nível 2b
Tipos de conhecimento	Frequentemente enfatizando interpretação e manipulação de visualizações (representações simbólicas)	Ênfase em conectar experiências e modelos usando visualizações apropriadas	Ver nível 1	Ver nível 1	Ver nível 1	Ver nível 1
Escalas dimensionais	Comumente focado em descrições submicroscópicas	Focado na construção de conexões entre descrições macroscópicas e submicroscópicas	Ver nível 1	Focado na construção de conexões entre descrições em várias escalas dimensionais	Ver nível 2b	Ver nível 2b
Modos de raciocínio	Frequentemente enfatizando o raciocínio baseado em regras e casos	Ênfase no raciocínio baseado em casos e em modelos	Ênfase em modos de raciocínio apropriados para objetivos e contextos específicos	Ver nível 2a	Ver nível 2a	Ver nível 2a
Questões contextuais	Se abordado, apenas como cenários isolados para problemas numéricos	Abordados de forma isolada ou para servir de guia na organização da apresentação do conteúdo fundamental de química	Imersão sociocultural de ideias científicas e trabalho de cientistas individuais	Questões contextuais usadas para organizar o currículo	Integração sociocultural da ciência e tecnologia	Questões crítico-democráticas usadas para envolver os alunos na tomada de decisões e atividades práticas em contextos locais e globais
Visão histórica	Não abordado	Abordadas meramente de forma isolada	Consideração de desenvolvimentos históricos de relevância para as questões em questão	Ver nível 2a	Consideração de contextos históricos	Consideração de contextos históricos no julgamento e tomada de decisão
Considerações filosóficas	Não abordado	Não abordado	Aspectos da natureza do conhecimento são considerados, incluindo a problematização de conceitos, leis e modelos químicos	Reconhecimento de dilemas éticos e morais	Considerações filosóficas sobre a natureza do conhecimento da química são levadas em conta	Considerações filosóficas incluem a integração de preocupações éticas e morais no julgamento, tomada de decisão e ações

Fonte: SJÖSTRÖM, TALANQUER, 2014 (tradução própria).

É importante mencionar que os modelos posteriores sobrepõem os anteriores e são mais abrangentes, ou seja, podem manter ou ampliar alguma característica já citada nos antecedentes. Todavia, é possível que uma mesma proposta mescle elementos de diferentes modelos. O que foi levado em consideração, ao final da análise, foi a quantidade de critérios atendidos em cada modelo, resumindo, assim, a predominância de algum deles.

5. Estrutura geral do curso de Especialização

O curso de Especialização em Ensino de Química ocorre no Colégio Pedro II, que é uma Instituição Federal de Ensino Básico e Tecnológico do Rio de Janeiro, foi estruturado durante o ano de 2018, para início em 2019 e possui chamadas anuais a partir de um Edital[19], proposto pelo Colegiado do curso. Esse Colegiado é composto por todos os docentes que lecionam nessa modalidade, além do aluno representante da turma vigente, caso queira comparecer.

O Edital de seleção propõe uma prova escrita, e os candidatos precisam ser licenciados em Química ou serem de alguma área afim (Química – bacharelado ou com atribuições tecnológicas, Tecnólogo, Engenharia Química, Farmácia ou Biologia), não havendo a necessidade de estarem atuando em sala de aula. Dessa forma, a cada ano, pode-se encontrar um número diferenciado de discentes na turma e com formações que não são necessariamente as mesmas elencadas no ano anterior, mas todos estão na grande área da Química e manifestam interesse em formação em Ensino de Química.

O corpo docente do curso é formado apenas por professores que lecionam no Ensino Básico desta mesma escola, não sendo permitido que docentes externos sejam responsáveis por uma disciplina, o que não exclui que participem como convidados em momentos oportunos. Ao todo, são 8 docentes, sendo um coordenador do curso e um coordenador geral do departamento de Química. Dos 8, 4 são doutores, e os demais mestres, que é o pré-requisito para fazer parte do corpo docente. Inicialmente, ao surgir a proposta do curso, os docentes se voluntariaram às vagas, mas atualmente, caso haja algum pedido de desligamento do curso, um edital é aberto para os professores do departamento se candidatarem. É válido acrescentar que 4 docentes do grupo inicial já se desligaram e foram substituídos. Além disso, não há nenhuma regulamentação institucional para diminuição de carga no ensino básico para aqueles que são professores na pós-graduação, o que pode gerar desinteresse.

A estrutura curricular do curso atual não é a mesma daquela proposta inicialmente. Hoje, o curso é dividido em oito disciplinas, que são: Tópicos em Química Geral, Tópicos em Química Orgânica, Metodologia de Pesquisa, Práticas Inclusivas no

[19] Para mais detalhes sobre o curso, acesse o endereço http://www.cp2.g12.br/blog/propgpec/pos-graduacao/lato-sensu/quimica/apresentacao/.

Ensino de Química, Metodologias Alternativas no Ensino de Química, Oficinas para o Ensino de Química, Pesquisa Orientada, além da que aqui é estudada, Educação em Química, Sociedade e Ambiente. Em 2018, quando o curso estava sendo estruturado, houve a proposta do coordenador da divisão de disciplina por docente que, em seguida, propôs uma ementa e apresentá-la ao grupo. Sugestões foram feitas e as ementas iniciais enviadas à pró-reitoria de pesquisa. A medida em que o curso foi iniciado, algumas ementas foram revistas e atualizadas, como esperado.

Desde que o curso foi elaborado, o objetivo central perseguido pelo corpo docente é possibilitar o professor a gerar uma atitude que contemple e desempenhe práticas adequadas para a produção do conhecimento. Portanto, auxilia no (1) aprofundamento dos conceitos que o cursista já traz e/ou (2) apresenta novos conceitos sobre Química e Educação e o incentiva a refletir e discutir sobre os papeis que o envolvem nos processos de interação do conhecimento visando transformações da sociedade. De acordo com o regulamento elaborado pelo corpo docente, são objetivos do curso

> - Promover melhoria na formação específica do professor, através da discussão dos saberes curriculares específicos e pedagógicos;
> - Apresentar ao professor estratégias pedagógicas alternativas no ensino de Química;
> - Estabelecer um diálogo entre os saberes da área específico do professor e as demais áreas do conhecimento, visando uma sólida formação teórica, tecnológica, política e ética. (COLÉGIO PEDRO II, 2019, p. 4)

Dessa maneira, todas as disciplinas foram pensadas para que os objetivos acima citados sejam alcançados. Os tópicos em Química Geral e Orgânica aprofundam os conhecimentos teóricos que foram obtidos ao longo do processo de formação dos cursistas, e que são fundamentais para uma aula embasada no ensino básico. Já as Práticas Inclusivas propõem um estudo sobre o ensino de Química inclusivo trabalhando diversas especificidades, enquanto as Metodologias Alternativas possibilitam os cursistas identificar caminhos para uma aula menos tradicional, conversando diretamente com os dois últimos objetivos e a formação mais crítica e focada na abordagem CTS e no ambiente, como é o caso da Educação em Química, Sociedade e Ambiente.

Outra proposta interessante é a ideia das Oficinas para o Ensino de Química, na qual pesquisadores referências em determinadas áreas, e externos ao corpo

docente que atua na especialização, apresentam temas de interesse do ensino, como interdisciplinaridade, história da ciência, tecnologias digitais, dentre outros. A disciplina Metodologia de Pesquisa auxilia os cursistas na elaboração de seus projetos de pesquisa final, bem como na busca e análise de referências bibliográficas, enquanto a Pesquisa Orientada se resume à orientação individual que acontece entre cada docente e seu orientando.

O curso possui carga horária de 360 horas totais, sendo as disciplinas distribuídas ao longo de um ano e, ao final delas, cada cursista deve apresentar uma Monografia que é orientada por um dos professores do curso, escolhido por ele no início do curso, em uma reunião inaugural.

Inicialmente, a organização prevista pelo Colegiado era dividir as disciplinas em dois dias. Sendo assim, no ano de 2019, de forma presencial, as aulas de uma disciplina ocorriam às quintas-feiras, no horário da noite (das 18 às 22h), enquanto as de outra, ao longo do mesmo período, era aos sábados (das 8 às 12h). Todo o material utilizado ao longo do ano foi disponibilizado na plataforma *Moodle*[20], que é utilizada institucionalmente. Dessa maneira, as aulas da disciplina desenvolvida aqui nesse trabalho foram ministradas em dez encontros presenciais que ocorreram às quintas-feiras no turno da noite.

No entanto, durante o período pandêmico, no ano de 2021, as disciplinas precisaram ser ofertadas na modalidade remota, de acordo com a orientação do Conselho Nacional de Educação (CNE)[21]. Por ausência de orientação governamental e/ou institucional, o colegiado optou pela duração de 90 minutos por aula, com tolerância de 30 minutos a mais, levando em conta que muitos cursistas poderiam ainda lecionar ao longo da semana de forma remota, o que acarretaria um excesso de tempo de tela.

Outra modificação importante proposta pelo grupo de docentes, para a turma de 2021, foi a organização das disciplinas em blocos de aulas. Os dias da semana e o horário de início das aulas eram os mesmos da turma anterior. Porém, além da duração dos encontros, uma mesma disciplina era lecionada em ambos os dias da semana (quinta e sábado), de maneira sequencial, a fim de que os cursistas conseguissem se dedicar exclusivamente ao que estava sendo lecionado por um único

[20] Acessada pelo endereço https://ead.cp2.g12.br/login/index.php.
[21] Disponível em https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/pdf/CNE_PAR_CNECPN52020.pdf.

docente. Dessa maneira, em 2021, as aulas da disciplina deste trabalho ocorreram em dez encontros remotos de 90/120 minutos.

A seguir serão discutidos os resultados das duas versões da disciplina Educação em Química, Sociedade e Ambiente (presencial e remota), mostrando o que foi feito de diferente entre elas, bem como os testes aplicados, autoavaliações, questionários com egressos e trabalhos propostos pelos cursistas.

6. A primeira intervenção

Além da docente que é a pesquisadora do trabalho e que ministrou as aulas, a primeira aplicação da disciplina aqui proposta contou com a participação inicial de 19 discentes, sendo 10 mulheres e 9 homens, e outra professora do quadro de docentes da Especialização (aqui intitulada como docente ouvinte) que compareceu a todas as aulas e participou ativamente de tudo o que foi aplicado. No entanto, com o passar do curso, duas estudantes deixaram a turma: uma foi reprovada em uma disciplina, o que não é permitido pelo fato do curso ser anual, enquanto a outra abandonou o curso por motivos pessoais. Dessa forma, os resultados apresentados são de 18 pessoas, sendo 15 delas docentes atuantes no ensino básico.

Conforme dito anteriormente, todos os participantes da turma possuíam Ensino Superior completo, sendo: um bacharel em Química, um tecnólogo em Química, um Engenheiro Químico, um licenciado em Biologia e, os demais, licenciados em Química.

Em 2019, de acordo com o calendário do colégio, a disciplina se dividiu em dez encontros presenciais de 4 horas, não havendo a necessidade de trabalhar com tarefas para serem entregues à distância. Mesmo assim, a plataforma foi utilizada pela pesquisadora com o intuito de disponibilizar todo o material que seria trabalhado, desde o cronograma até a entrega de trabalhos feitos em sala de aula, a fim de permitir maior agilidade e que se reduzisse a quantidade de papel utilizada.

É importante acrescentar que, por serem encontros muito extensos e acontecerem no horário pós-trabalho para a maioria dos discentes, optou-se por dividir a disciplina em dois momentos, separados por um intervalo de 20 minutos. No primeiro momento, discutiu-se sobre conceitos e temas de QV, e após o intervalo, houve discussão sobre CTS. No entanto, essa proposta de divisão ocorreu até a 5ª aula, para que os discentes tivessem contato com os conteúdos de QV e ainda houvesse tempo de produzir o trabalho final. Nas demais aulas, a discussão foi voltada para a abordagem CTS, o que não impediu que a temática verde fosse retomada. A ementa da disciplina e a proposta de divisão das aulas podem ser vistas no Apêndice E.

6.1. Como os encontros aconteceram

A seguir, serão expostos a sequência metodológica de acordo com os dez encontros propostos para a disciplina, bem como alguns comentários feitos pelos cursistas, e observações advindas da pesquisadora e docente:

- **1° Encontro: Apresentação do curso**

Na primeira aula da disciplina, a disciplina foi apresentada, a partir do cronograma proposto (Apêndice A), além dos critérios e datas de avaliação, bem como o andamento que seria dado à disciplina. Além disso, a proposta de trabalho final também foi discutida e foi solicitado que os membros da turma se dividissem em grupos de 4 ou 5 discentes. Uma vez divididos, conforme o combinado, cada grupo deveria apresentar um conceito a respeito da Química Verde, apresentados ao longo dos encontros ou não, se utilizando de uma abordagem CTS, tendo o Ensino Básico como público-alvo. Caso um (ou mais) dos participantes do grupo conseguisse executar a metodologia, o grupo deveria levar os resultados e discutir os pontos positivos e negativos desta implementação.

Após a discussão da dinâmica das aulas, a pesquisadora propôs a aplicação de dois dos seus instrumentos de avaliação de impacto da disciplina: um pré-teste acerca dos conhecimentos dos discentes sobre a QV (Apêndice B) e um pré-teste com 10 questões previamente escolhidas do questionário PIEARCTS (Apêndice C).

Posterior ao preenchimento dos dois questionários houve uma breve discussão a respeito da experiência ou conhecimentos prévios sobre QV. Nesse momento, apenas três cursistas disseram que possuíam conhecimento prévio acerca deste tema. Os três fizeram Licenciatura em Química no IFRJ – Campus Duque de Caxias que, conforme mencionado anteriormente, oferece uma disciplina intitulada “Química Verde” como eletiva. Ambos demonstraram dificuldade de implementar algo relacionado a este tema no ensino básico por entenderem que é uma ciência totalmente experimental e estes experimentos estarem relacionados apenas à graduação, local onde tiveram este contato. Nenhum outro cursista teve acesso aos

conceitos perguntados de maneira direta, rotulados como parte da QV, seja na graduação ou pós-graduação.

Além dessa conversa sobre o que sabiam de QV, alguns cursistas pontuaram que encontraram dificuldade em preencher o questionário do PIEARCTS, mesmo tendo estudado sobre CTS ao longo de suas trajetórias acadêmicas. Isso mostra que, apesar de ser internacionalmente reconhecido, os cursos de graduações do Rio de Janeiro não se apropriam deste instrumento e nem o apresentam aos seus discentes, e a própria complexidade de análise dele pode ser um dos motivos para que isso aconteça.

Os discentes que não estiveram presentes nesta aula foram informados que deveriam respondê-los por meio da plataforma digital utilizada no curso, a fim de que já chegassem ao segundo encontro nivelados com o restante da turma. A partir deste primeiro encontro e das aplicações feitas, ficou evidente que a quantidade de papel utilizada para que todos os estudantes respondessem foi muito exagerada e, então, para a turma de 2021, todos os pré e pós-testes foram disponibilizados virtualmente através da plataforma Moodle e uma nova dinâmica para a aula inicial foi proposta.

- **2° Encontro: Histórico e definição de QV/ Panorama CTS**

Na segunda aula, a partir do que foi respondido nos questionários sobre os conceitos de QV, foi apresentado um histórico acerca dos movimentos e ações que já trataram de questões ambientais (Clube de Roma, Conferência de Estocolmo, Relatório de Brundtland, além dos eventos ocorridos no Rio de Janeiro), bem como os conceitos de desenvolvimento sustentável.

Alguns cursistas apontaram que seria interessante para discutir em sala de aula sobre a vida que os seus alunos levam e o quanto isso pode influenciar em gerações futuras. A partir daí, foram sendo levantadas possibilidades de inserção deste conceito em sala de aula no Ensino Básico e, então, a turma pediu para que o questionário da primeira aula fosse reescrito para que pudessem trocar suas opiniões a respeito do que foi perguntado.

Além disso, discutiu-se sobre alguns conceitos que existem sobre a QV, sua definição, e seus princípios foram expostos de maneira resumida para discussão da turma sobre a viabilidade de aplicá-los no Ensino Básico. Foi unanimidade nos comentários da turma que seria impossível trabalhá-los a nível básico, principalmente por causa do conteúdo programático que já é previamente estipulado para que os

docentes trabalhem, além do tempo que é curto para cumprir com todo esse cronograma anual.

Dessa forma, é reforçada a ideia que já foi colocada anteriormente, na qual a QV resumida aos princípios se afasta do que é trabalhado em sala de aula e se aproxima dos procedimentos industriais. Em seguida, um estudante que dá aula em curso pré-vestibular perguntou como, então, discutir os princípios em sala de aula, já que essa abordagem já foi cobrada no ENEM. Com isso, o que foi discutido é a inserção da ideia geral da QV, não apenas dos seus princípios, pois as questões podem abordar a filosofia verde e não só os princípios em si.

No segundo momento da aula, começou-se a discutir sobre CTS a partir do capítulo inicial do livro *Introdução aos Enfoques CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade – na Educação e no Ensino* (CHRISPINO, 2017), utilizado como bibliografia básica para a discussão de CTS, denominado “CTS como campo de estudo em construção”. Este capítulo aborda diversas definições de CTS e discute os principais referenciais teóricos deste tema e é extremamente necessário para quem está iniciando estudos no tema. Em seguida, foi apresentado o artigo *O Ensino de Química no Ensino CTS Brasileiro* (BOUZON *et al.*, 2018) a fim de que os componentes da turma pudessem observar o mapeamento das publicações diretamente relacionadas com o Ensino de Química no contexto do Ensino CTS.

Nesse momento, uma cursista questionou se QV e CTS significavam a mesma coisa e, com isso, possuem os mesmos objetivos. Após a discussão com os colegas de turma, foi pontuado, então, que toda vez que se falava de QV, automaticamente se trabalha com os conceitos de CTS, já que a filosofia verde discute o pensamento crítico dos cidadãos para fazerem escolhas que prejudiquem o mínimo possível o planeta, enquanto a abordagem CTS leva em consideração a parte social relacionada à ciência e à tecnologia, visando a melhor participação social. Entretanto, o caminho contrário não é válido em 100% dos casos, uma vez que a abordagem CTS não discute apenas situações mais sustentáveis e, consequentemente, mais verdes, sendo algo mais global em relação à QV.

- **3° Encontro: Conceitos de QV / Ensino CTS**

No terceiro encontro, retomaram-se rapidamente os eventos de Química Verde que já haviam ocorrido no mundo e a importância de se ter uma definição para este

conceito que abrange tantas áreas. Em seguida, foi apresentado o artigo *Mapeamento de publicações sobre o ensino da química verde no Brasil a partir de redes sociais* (BRANDÃO *et al.*, 2018), com o objetivo de evidenciar as obras já publicada no Ensino de Química Verde no Brasil.

A partir dos resultados apresentados, dois cursistas levantaram os seguintes pontos:

- Quase não há referências de QV propriamente dita. Como já havia sido apresentado na aula anterior o artigo de mapeamento das obras de CTS no Ensino de Química e as referências bibliográficas de maior relevância foram bem frisadas e discutidas, os estudantes fizeram a correlação dos referenciais presentes em QV e constataram que a maioria era semelhante aos de CTS. Este é um fato também comprovado no artigo publicado na revista *Amazônia*, visto que as fontes primárias de QV não foram encontradas na pesquisa;
- Não aparecem autores advindos de universidades do Rio de Janeiro dentre os mais citados no Ensino de Química Verde. Este fato pode ocorrer porque o tema é pouco ou nada discutido nos cursos de licenciatura do estado e, por isso, não apresenta relevância para pesquisa na área de ensino, refletindo no número de autores que publicam na área.

Após o debate sobre o mapeamento dos artigos da área, foi trabalhado o conceito de economia circular, passando pela reciclagem, que é um ponto extremamente abordado no Ensino Básico, mas que é pouco trabalhado a partir das etapas envolvidas em um processo de produção de um determinado tipo de material. A maioria dos discentes já havia trabalhado de forma indireta este conceito a partir do momento que trabalharam reciclagem com suas turmas.

No entanto, foi ressaltado que a ideia de economia circular não se resume apenas à reciclagem, mas sim à uma cultura que engloba uma série de mudanças na postura e pensamentos, desde a manufatura até o descarte, passando pelo consumo, a fim de reduzir o consumo de matérias-primas, energia e água (LEITÃO, 2015).

A partir deste tópico, passou-se pelos quatro “R’s” (repensar, reduzir, reciclar e reutilizar) e três cursistas mencionaram o fato de existir algumas variações desses “R’s”, podendo chegar a até sete. Uma cursista, então, ressaltou que alguns materiais podem dar mais valor à quantidade de palavras existentes neste conceito e acabam

sendo redundantes, uma vez que não estão preocupados em ensinar o real conceito de cada delas.

No primeiro momento da aula, trabalhou-se ainda o conceito de *chemical leasing* e a relação que apresenta com a economia circular. Nenhum dos presentes possuía conhecimento deste tópico e ficaram surpresos com os exemplos mencionados e que são conhecidos por todos na atualidade. Nesse sentido, perceberam a proximidade deste conceito com interesse dos alunos, bem como dos conteúdos do Ensino Básico.

Um dos cursistas mencionou a possibilidade de introdução do mesmo a partir do tópico de Funções Inorgânicas, trabalhando a emissão de gases poluentes em transportes e, consequentemente, a importância de se repensar e reduzir a produção desses poluentes. Com esse gancho, seria possível falar tanto de economia circular quanto de *leasing* de produtos.

Para finalizar a parte de QV trabalhada neste encontro, abordou-se o tópico de produção mais limpa, pensando sobre as etapas de produção de um determinado produto e de que forma seria possível propor mudanças para que as tornassem menos poluentes. Uma cursista questionou o fato de as empresas estarem mais interessadas financeiramente do que ambientalmente. Houve, então, uma discussão sobre interesses de uma maneira geral e de que forma isso afeta as escolhas e, principalmente, a ciência.

No segundo momento da aula, os conceitos de QV trabalhados pelos discentes foram relacionados com o conteúdo do capítulo 6 da bibliografia base, denominado “CTS e o Ensino” (CHRISPINO, 2017). Este capítulo foi escolhido pela necessidade de os discentes terem contato com as expressões utilizadas neste campo, uma vez que o curso de Especialização é em Ensino. Dessa forma, todos estariam aptos a se apropriarem dos diferentes termos e abordagens em suas aulas, sabendo diferenciá-los de acordo com seus respectivos objetivos.

A partir do “gancho” feito sobre os interesses pessoais e a ciência, as falas se direcionaram à não neutralidade do ensino de uma maneira geral, e principalmente do Ensino de Ciências, e as implicações que isso tinha na construção do processo de ensino-aprendizagem. Sendo assim, pontuaram-se as diversas possibilidades de abordagem se utilizando do acrônimo acima mencionado, exemplificando-as, a fim de

que se tornasse algo mais compreensível e possível de serem feitas pelos discentes que ali estavam.

Duas cursistas trouxeram como exemplos de atividades que já se apropriaram o uso do júri simulado para discutir questões CTS. Uma delas trabalhou a respeito do uso da radioatividade, enquanto a outra sobre o uso de anticoncepcional feminino. Os demais colegas se mostraram interessados e dispostos a fazerem, principalmente enquanto elas falavam sobre o envolvimento de seus estudantes ao longo das atividades. Ao final, a docente da disciplina pontuou que o júri simulado gera uma pesquisa crítica e uma discussão importante, porém, essa discussão é feita ao redor de uma escolha entre “bom ou ruim?”, no caso da radioatividade, ou ainda “usar ou não usar?”, para o anticoncepcional.

Com isso, ocorre uma redução frente a inúmeros posicionamentos e possibilidades de discussões, o que restringe o aluno na hora de analisar os diversos pontos de vista de um determinado assunto. As duas cursistas refletiram sobre o que foi falado e concordaram, assim como o restante da turma, e uma delas perguntou, então, o que seria possível de fazer quando houvesse um tema controverso dentro da ciência para trabalhar em sala de aula. A professora encerrou a aula dizendo que isso seria visto em outro encontro e eles entenderiam melhor o que havia sido dito.

- **4° Encontro: Conceitos de QV**

Repetindo a rotina do encontro anterior, foram retomadas as discussões e conceitos já debatidos para, em seguida, apresentar os conceitos das chamadas *pegadas ecológicas*, envolvendo as pegadas de carbono e a hídrica. Esse tópico foi recebido de maneira positiva e os cursistas, que até então desconheciam, disseram ser um tema mais fácil e próximo da realidade dos alunos que possuem no Ensino Básico.

Como todos possuíam acesso à internet através dos respectivos aparelhos celulares, foi solicitado que acessassem a página eletrônica da calculadora de pegada ecológica[22] com o objetivo de saberem qual é o rastro que deixam no mundo a partir de seus hábitos. Ao terminarem, os resultados foram expostos por aqueles que se sentiram confortáveis e houve uma discussão acerca dos hábitos e consumos de cada

[22] Disponível em https://www.pegadaecologica.org.br/.

um. Nesse momento, um cursista mencionou ainda que essa discussão seria, também, uma possibilidade de trabalhar a ideia de sustentabilidade no ensino básico relacionando com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Ao falar da pegada de carbono, os cursistas relacionaram às queimadas que estavam acontecendo no Brasil à época da aula, e foi vinculado diretamente com o que já havia sido pontuado nos textos e reflexões acerca da abordagem CTS e os interesses. Em relação à pegada hídrica, foram expostos os dados de gasto de água para a manufatura de diversos produtos e todos demonstraram espanto por consumirem diversos itens de maneira constante e sem preocupação com o que é gasto no processo.

Uma cursista, então, mencionou a importância de que isso fosse inserido de forma oficial nas escolas o quanto antes, inclusive a nível de Ensino Fundamental, dando como exemplo o fato de o filho ter estudado o tópico “água” na escola, com cinco anos, e isso ter influenciado diretamente na vida da família toda no que tange o controle do consumo de água.

Com essa discussão, a docente ouvinte da disciplina pontuou que é importante que tanto a abordagem CTS quanto os conceitos de QV sejam vistos como uma cultura a fim de que a sociedade tenha práticas conscientes sem que seja necessário mostrar dados alarmantes e não se chegue a situações extremas, como as queimadas mencionadas anteriormente na aula. É interessante acrescentar que, logo em seguida, ela ressaltou que ainda é uma professora tradicional, mas que estava se esforçando para mudar sua prática docente a partir do que estava sendo discutido desde a primeira aula.

Além do conceito de pegadas, discutiu-se a respeito da avaliação do ciclo de vida de produtos, mostrando-se todas as etapas envolvidas no processo de confecção deles, desde a extração até o consumo. A partir desta explanação, foi proposta uma dinâmica na qual os estudantes deveriam julgar qual material era melhor para o meio ambiente para se usar em uma sacola (papel ou plástico), levando-se em consideração alguns fatores (acidificação, eutrofização, uso e ocupação do solo, toxicidade humana e aquecimento global). Por já estarem influenciados com a lei n° 8.473, de 15 de julho de 2019 (RIO DE JANEIRO, 2019), que obriga a trocar a sacola plástica tradicional por sacola biodegradável, bem como a cobrança para o uso dela, foi unanimidade na turma a escolha pelo saco de papel em todos os fatores.

Ao apontar os resultados expostos em um trabalho de final de curso (JOAQUIM, 2013) da qual essa ideia de dinâmica foi retirada, onde o plástico acaba sendo mais vantajoso do que o papel em todos os critérios analisados, os cursistas se mostraram surpresos. O ponto levantado na discussão foi que para aqueles fatores, o plástico era o mais indicado, mas que se pensasse em outros fatores, como por exemplo o descarte, seria melhor que se optasse pelo papel, devido ao tempo de decomposição e a composição dos materiais.

A partir desta dinâmica, alguns deles começaram a discutir entre si sobre a subjetividade da avaliação do ciclo de vida e relacionaram, diretamente, com os interesses de cada envolvido na confecção dos produtos e, consequentemente, a escolha pela produção de um produto ao invés de outro. Nesse momento, um cursista disse “Isso é muito CTS!”, mostrando que conseguia ver relação direta entre a forma de abordar os conceitos de QV e as discussões que estavam acontecendo na disciplina.

Dando continuidade aos conceitos de QV, iniciou-se uma discussão sobre segurança química, pontuando o quão comum essa prática deveria ser na sociedade em geral, encarando como uma cultura. De imediato, um cursista que atua no ensino básico e na indústria ressaltou que esta filosofia de segurança é prática frequente na indústria, mas é bastante negligenciada nas escolas, principalmente no que tange as estruturas laboratoriais e os roteiros que são executados e que são de responsabilidade direta do professor que leciona essas aulas.

Dessa forma, outros colegas começaram a discutir como essa cultura não era levada em consideração em nenhuma das escolas que trabalhavam e chegaram à conclusão de que existe a necessidade de implantação destas ideias na hierarquia do colégio, a fim de que se dissemine e consiga chegar aos alunos, sendo algo normal e não tratada de forma excepcional.

A professora ouvinte da disciplina se pronunciou, dizendo que enquanto a comunidade escolar não se envolver, prevendo riscos que podem acontecer e valorizando as medidas consideradas de menor porte, como o uso de equipamentos de proteção individual, respeitando o que for dito pelos professores, não adianta prezar pelas aulas de laboratório, afinal, a responsabilidade é de todos os envolvidos e não só de quem leciona essas aulas. Ela pontuou que é professora de laboratório no ensino básico e que, quando ocorre qualquer incidente diferente do previsto,

normalmente, são os professores os culpados, sendo que o objetivo não deve ser culpar alguém.

No cronograma proposto, estava previsto que haveria uma discussão a respeito de dilemas morais, uma intervenção didática da abordagem CTS. No entanto, a discussão a respeito dos temas de Química Verde se estendeu mais do que o previsto e, como a ideia era incentivar que os cursistas continuassem expondo seus posicionamentos, não foi possível cumprir com o que estava proposto. Dessa forma, essa prática foi transferida para a 7ª aula, a fim de aproveitar o debate para aprofundar questões sobre QV, sendo certo que a não realização das discussões CTS desta aula poderiam ser reprogramadas para os próximos encontros.

Para a aplicação de 2021, o tópico de pegadas foi movido para a aula anterior já que houve tempo de sobra e pode ser feito um “gancho” com os conteúdos trabalhados no terceiro encontro.

- **5° Encontro: Métricas em Química Verde**

Este encontro foi diferenciado dos demais, pois, além de não apresentar o segundo momento de todas as aulas (que é dedicado ao debate sobre CTS), uma docente externa foi convidada a apresentar o tema por conta de sua *expertise*,. Esta escolha foi feita porque este tema é o objeto de pesquisa de sua tese de doutorado, no CEFET/RJ, e porque acreditamos que visões e ideias de pessoas de diferentes instituições sobre o tema são importantes para enriquecer a discussão da disciplina e do curso em si.

Inicialmente, a docente apresentou a bibliografia utilizada como fundamento de sua exposição e a importância de cada uma das fontes utilizadas. Em seguida, a professora perguntou o que poderia tornar um processo químico mais verde. Alguns “palpites” foram dados, como: controle da temperatura, número de etapas envolvidas no processo, resíduos gerados no mesmo, compostos tóxicos utilizados. Com esses “palpites”, a docente analisou cada um deles e a complexidade de se conseguir atingir a todos ao mesmo tempo em um processo.

Com isso, foi inserido o conceito de métricas para orientar escolhas dentro de um processo químico, mostrando os diversos tipos que existem: massa, energia, ambientais e holísticas. A partir do detalhamento de cada um desses tipos de métricas, os cursistas chegaram à conclusão de que as holísticas seriam as mais indicadas para serem trabalhadas no Ensino Básico, apesar de também possuírem

limitações. A docente pontuou, ainda, que não é preciso necessariamente executar os experimentos para conseguir fazer as métricas deles.

A partir da escolha pelas métricas holísticas, foi discriminado o que pode ser feito (quadro verde, círculo verde e matriz verde) dentro desta vertente, mostrando as diferenças que existem entre o campo industrial e o ensino de química no que abrange o uso dos princípios da QV. Apresentou-se, então, a tabela de princípios e critérios, que é uma base para todas as métricas, e mostrou-se duas métricas que podem ser mais facilmente trabalhadas no Ensino Básico, já que esse é o intuito da disciplina.

A primeira foi a métrica da Matriz Verde, de Adélio Machado (2014), feita a partir da análise *SWOT* (pontos fortes, fracos, ameaças e oportunidades). Este tema foi trabalhado por meio de dinâmica em grupos sobre a síntese do diaminobenzeno, na qual os discentes foram convidados a fazerem um inventário das substâncias envolvidas no processo, e levantar os pontos fortes e fracos dele. Com os pontos fracos estipulados, verificou-se se existia alguma possibilidade para melhorar o experimento proposto anteriormente e confrontou-se com a síntese do corante de açafrão.

Ao terminarem, o inventário feito pela docente foi comparado com os preparados pelos grupos e um cursista chegou à conclusão de que esta análise é muito subjetiva e depende da interpretação de cada pessoa, o que demonstra uma limitação específica deste método. Outra cursista ainda questionou o fato de não haver laboratório em algumas escolas, e foi ressaltado que este método independe da execução da prática, uma vez que as análises feitas são essenciais para estipular a verdura do processo químico.

Além deste método, apresentou-se a métrica da Estrela Verde (RIBEIRO *et al.*, 2010), que possui os critérios de plenamente verde, moderadamente verde e ausência total de verdura no processo. Para a execução desta métrica é necessário um software específico[23], o que dificulta seu uso mais geral. Por isso, a proposta do software foi apresentada, mas não foi utilizada devido às limitações de dados dos discentes no momento da aula.

Nesse sentido, uma discussão foi iniciada devido ao fato de algumas escolas não possuírem acesso a computadores e, mesmo quando possuem, não conseguem o acesso à internet. A docente mostrou as vantagens e desvantagens da estrela, mas

[23] Disponível em http://educa.fc.up.pt/.

não conseguiu demonstrar as etapas de confecção com todos os detalhes, levando apenas a estrela verde já pronta para um experimento de síntese de biodiesel e a proposta de esverdeamento.

Com isso, a aula foi encerrada chegando-se ao consenso de que a matriz verde é o método mais acessível e de fácil interpretação para ser trabalhado no Ensino Básico a partir de processos experimentais. No entanto, as desvantagens também foram pontuadas, evidenciando que todas as métricas possuem limitações e que elas precisam ser levadas em conta na hora da escolha de uma em detrimento da outra.

Desta forma, todos os conceitos de QV que estavam programados para serem abordados durante a disciplina se esgotaram e as demais aulas foram destinadas a apresentação e debates sobre os conceitos de CTS.

- **6° Encontro: Controvérsia Controlada**

Esta aula foi destinada apenas à abordagem CTS e a discussão da técnica da controvérsia controlada. Em um primeiro momento, foi questionado se algum discente possuía conhecimento a respeito desta técnica e, então, a pesquisadora explicou quais seriam os pressupostos básicos para que fosse executada uma controvérsia em sala de aula, realizando uma simulação, mesmo que reduzida, daquilo que poderia ser feito pelos cursistas, com mais tempo, com os alunos de Ensino Básico. A partir do momento em que os alunos tomaram conhecimento destes tópicos, foi pedido para que eles se dividissem em seis grupos, a fim de que representassem os atores sociais envolvidos no tema.

O tema escolhido foi o **uso de biomassa e suas implicações**. Este tema tem potencial para motivar uma controvérsia controlada já que é uma alternativa viável de substituição do uso de combustíveis fósseis, porém, pode aumentar o processo de desmatamento de florestas para dar lugar a plantações de produtos que podem ser utilizados como biomassa, bem como apresentar problemas em relação ao seu armazenamento enquanto sólido, eficiência e transporte.

Em seguida, os atores sociais (AS) envolvidos neste tema foram elencados pela pesquisadora, já que os cursistas não tiveram contato previamente com este tipo de técnica, sendo eles: Latifundiário (AS1), Organização Não-Governamental (ONG)

“Alimentos para uma vida melhor” (AS2), Técnico em meio ambiente (AS3), Político da região (AS4), Médico pneumologista (AS5) e Familiares de uma criança acometida com câncer de pulmão (AS6). Ao invés de deixar os grupos escolherem cada tema que iriam defender, a fim de que se aproximassem da realidade dos alunos mais jovens, os atores sociais foram sorteados pela pesquisadora.

É importante mencionar que, caso houvesse tempo na disciplina, seria proposto que os próprios cursistas apontassem os atores sociais envolvidos a partir de uma pesquisa prévia. Este fator foi exposto a eles, que entenderam que a adaptação se resumiria a uma única aula, mas que, no Ensino Básico, a controvérsia alcança melhores resultados quando realizada em um tempo maior, principalmente por ser um tema complexo e que prevê o debate entre os AS com diversos pontos de vista.

Após o sorteio dos grupos, dois vídeos[24] (“Memória Ativa – Ouro Verde” e “Biocombustíveis”) foram reproduzidos trazendo visões diversas a respeito da produção e uso de biomassa e quatro textos de apoio[25] foram entregues para que os discentes pudessem ter uma ideia inicial do que estava sendo tratado a respeito do tema e para que fomentasse uma discussão entre os membros do grupo representante de um mesmo ator social. Em seguida, foi estipulado um tempo de 50 minutos para a pesquisa extra do que mais quisessem trazer como alegação, e que contribuísse para a defesa do próprio ponto de vista, entregando, de forma escrita, os argumentos válidos como avaliação do grupo para a disciplina.

Feita a pesquisa, cada grupo expôs seus argumentos iniciais, na ordem indicada anteriormente, sem a interferência de nenhum dos outros atores, sendo o tempo estipulado de 3 minutos por grupo. Assim que esta rodada se encerrou, deu-se início a uma nova rodada de contra-argumentos, rebatendo ao que foi colocado inicialmente. Como não havia mais tempo hábil para outra rodada de argumentos, a simulação foi finalizada com um resumo do que significava a controvérsia, seus objetivos e as opiniões dos participantes.

As principais impressões e os argumentos são sintetizados abaixo:

---

[24] Disponíveis em: https://www.youtube.com/watch?v=Qbzs6qR7A5Q; https://www.youtube.com/watch?v=QxCMOSxDgwE

[25] Disponíveis em: https://www.ecycle.com.br/biomassa/; https://energiasroraima.com.br/biomassa-como-fonte-de-producao-de-energia-tem-grande-potencial-de-crescimento-garante-a-aneel/; https://www.ecycle.com.br/projeto-de-lei-senado-626-2011-autoriza-cultivo-cana-de-acucar-na-amazonia/amp/; https://revistacultivar.com.br/artigos/impactos-ambientais-das-queimadas-de-cana-de-acucar.

- O primeiro ator social que representava o latifundiário se posicionou contra a poluição que o petróleo produz, argumentando que o álcool é uma solução para reduzir a mesma e aumentar o Produto Interno Bruto (PIB) do país. Além disso, geraria empregos e a redução do êxodo rural, aumentando a produção interna e externa;
- A ONG “Alimentos para uma vida melhor” se posicionou contra o uso de biomassa, já que concorre diretamente com a indústria alimentícia, uma vez que se utiliza de alimentos para combustível, alegando que o uso só é favorável para os latifundiários. Além de gerar uma grande quantidade de resíduos, não seria recomendado usar o solo para a produção de biomassa antes de nutrir a população e, como não tem fiscalização, é capaz de desviar a produção alimentícia;
- O técnico em meio ambiente justificou que só seria a favor do uso da biomassa caso fosse utilizado com responsabilidade, desde a política de plantação e colheita, até o descarte. Alegou que fez um juramento em sua formação que deve monitorar e seguir as leis ambientais, para além dos aspectos técnicos e econômicos. A partir do momento em que cerca de 800 mil pessoas morrem a partir da exposição a materiais particulados e que grande parte dessas partículas vêm da biomassa, esta prática precisa ser revista;
- Os políticos defenderam um desenvolvimento mais sustentável a partir do uso de etanol de 2ª geração, alegando que o Brasil tem local para essa produção, bem como capacidade e conhecimento para fazer o aproveitamento de resíduos. Dessa forma, se mostraram favoráveis ao consumo de biomassa, uma vez que já existe projeto de lei que prevê proteção ao meio ambiente e isso não precisava ser uma preocupação. Caso precisasse de assistência, o governo faria hospitais para as pessoas que necessitassem advindas do entorno;
- Os pneumologistas foram contrários ao uso da biomassa, devido aos decorrentes casos de doenças pulmonares crônicas associadas à inalação de gases tóxicos, além de catarata, bronquite e hipertensão. A queima da biomassa é pior do que a fumaça do cigarro e isso só aumenta no período das queimadas, o que pode sobrecarregar o sistema de saúde. Para os países não-desenvolvidos é pior ainda, devido ao pouco acesso à saúde;
- A família de uma criança do entorno que possui câncer no pulmão ressaltou que a queima exagerada de biomassa emite materiais muito nocivos,

> principalmente para as crianças. Ao mesmo tempo em que defendeu por causa da geração de empregos, assumiu que não tem condições de tratamento na área rural e que esse problema é falta de responsabilidade da empresa que queima, bem como do governo que não controla e não indeniza as famílias.

Após a primeira rodada de explanação, os cursistas se mostraram muito empolgados com a ideia da discussão e puxaram uma segunda rodada de argumentação, agora também pautada nos argumentos expostos anteriormente por cada grupo que atacou com ideias antagônicas às de cada ator social. Na nova rodada, os atores sociais tentaram contrapor o que foi atacado diretamente ao que lhe cabia. No entanto, as ideias gerais permaneceram as mesmas.

Ao final dessa rodada, os grupos pediram para continuar a discussão, mas, por falta de tempo, isso não foi possível. Dessa forma, foi feito um resumo do que a controvérsia representa e que vai além do debate que normalmente é proposto em sala de aula e que vai de encontro à ideia de júri simulado, onde um grupo é certo e o outro é errado, valorizando os diversos pontos de vista e tornando os alunos mais críticos em sua formação. Os cursistas demonstraram interesse em aplicar esta técnica em suas aulas e saíram do curso ainda discutindo o que poderiam ter falado mais durante as argumentações.

- 7° Encontro: Dilemas morais / Discussão de capítulos

O encontro teve início com a apresentação das “ordens de Comte-Sponville” (2008), cujas ideias básicas foram usadas para fundamentar os debates do encontro. Inicialmente, nenhum aluno já tinha escutado sobre os dilemas morais e, ao se explicar as ordens de Comte-Sponville, muito se foi falado sobre decisões tomadas a partir do individual primeiro para depois pensar no coletivo. Neste viés, falou-se sobre a não neutralidade das escolhas feitas em ciência e tecnologia e na influência que a sociedade possui – ou poderia possuir se soubesse como fazê-lo - sobre estes fatores.

Em seguida, os dilemas do *Medicamento de Heinz* (LIND; HARTMANN; WAKENHUT, 1981) e da *Tragédia dos Comuns* (HARDIN, 1968) foram apresentados e relacionados com fatos envolvidos na realidade. Porém, dois cursistas apontaram que estas histórias se afastavam da realidade dos estudantes de Ensino Básico. A partir daí, usou-se o dilema da *Tragédia dos Comuns* para fazer a analogia com a

questão de implementação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, que foi uma proposta de dinâmica em grupo.

Os discentes, então, foram divididos em quatro grupos e foi pedido que cada grupo pesquisasse mais a fundo sobre a questão da Usina, identificassem os atores envolvidos nesta situação e elencassem de que forma tomariam uma atitude quanto à escolha da implementação ou não. Além disso, era importante apontar o que a ciência e a tecnologia influenciariam em cada um desses atores. É importante mencionar que, assim como a controvérsia controlada, esta atividade também foi adaptada devido à falta de tempo disponível para a disciplina.

A maioria dos grupos escolheu os mesmos atores, porém nomeados de formas diferentes. Todos os nomes foram escritos no quadro e os próprios cursistas identificaram essa semelhança, agrupando os que representavam a mesma coisa (por exemplo: político, governador, prefeito, presidente). Cada grupo, então, ficou responsável por um dos atores, mesmo que julgasse moralmente incorreta aquela posição e mesmo que fosse diferente do que um ou mais componentes do grupo pensavam. Os atores apontaram os fatores da ciência e da tecnologia que achavam que estavam presentes e de que forma implicariam na escolha sobre a implementação da Usina.

Notou-se que, os grupos que ficaram com atores que eram menos desejados pela turma por não representarem o que eles pensavam, como políticos e a empresa envolvida no assunto, sentiram mais dificuldade em argumentar e expor os pontos de vista. Ao final da dinâmica, muitos cursistas questionaram a dificuldade de conseguir argumentar decisões com maior apelo emocional, mas julgaram ser importante saber se colocar no lugar do outro no momento do calor da escolha e elencar todos os pontos que podem ser a favor ou contra alguma posição.

Após a finalização do debate sobre o dilema moral, foram discutidos os capítulos 10 e 11 da bibliografia base, intitulados *“Sobre as variáveis que implicam nas relações CTS”* e *“Repercussão social do desenvolvimento científico e tecnológico”*, respectivamente. Com a leitura dos capítulos, alguns discentes apresentaram seus posicionamentos e sua vivência acerca do tema. Dois tópicos foram destaque durante a aula, nortearam a discussão toda e estão expostos abaixo:

- Muitos cursistas acharam importante pontuar que a ideologia e as crenças influenciam diretamente as escolhas e ter opinião é algo que faz parte do

processo de construção da ciência e da tecnologia. Se isentar, então, de tomar alguma decisão é anular essa importância e mostra passividade da sociedade. É importante, então, sempre deixar claro que o envolvimento dos atores sociais e da sociedade nos processos relacionados à ciência e à tecnologia é de extrema relevância para o progresso.

- A falta de incentivo para que os alunos do Ensino Básico participem ativamente de decisões da sociedade preocupa bastante na atualidade. Uma discente da turma que atua diretamente em sala de aula procurou fazer uma controvérsia controlada sobre o uso de plástico e, inicialmente, pediu que seus estudantes dissessem quais eram as suas opiniões a respeito do tema. A referida discente disse ainda que, neste momento, um grupo de dez alunos disseram não ter opinião formada sobre o uso ou não de plástico, já que para eles tanto fazia usar este artefato ou não. A partir deste argumento apresentado, a maioria da turma concordou. Ela disse, ainda, que seus alunos de Ensino Básico pouco se mostravam interessados e dispostos a tomar decisões desse tipo e achavam que não influenciavam diretamente no mundo externo a sala de aula. Este fator é extremamente preocupante, seja na postura da escola ou da família, já que se espera que os temas do cotidiano dos estudantes seja algo que incite suas ideias e o estimule a pensar a respeito.

- **8° Encontro: Discussão de artigos / Feedback da disciplina**

Dois artigos foram discutidos neste encontro (VÁZQUEZ *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2015). Buscou-se concluir a exposição sobre a abordagem CTS, concatenando com as ideias iniciais e mostrando a relevância do PIEARCTS, além de fazer um grande resumo dos conceitos que foram abordados ao longo do curso. Os cursistas apresentaram seus pontos de vista a respeito do que leram e relacionaram com o que foi trabalhado durante a disciplina, levantando problemas encontrados e os descontentamentos que enfrentam nos seus cotidianos escolares. São eles:

- A influência que um governo possui sobre a pesquisa é algo extremamente importante e deve ser feito independente de níveis de pobreza nos países. Este foi um ponto bem frisado por eles, visto que o governo atual não fomenta e valoriza as pesquisas que ocorrem no Brasil, sendo que existem órgãos competentes e que trazem resultados muito relevantes;

- Além disso, os resultados devem chegar à sociedade, o que implica em uma responsabilidade direta dos cientistas, já que não são responsáveis apenas pela descoberta, mas sim pela divulgação também. Uma sociedade que não sabe a respeito do que é desenvolvido nos laboratórios, não apoia este tipo de prática, já que não acha importante;
- As escolas devem se preocupar em ensinar mais *sobre* a ciência e a tecnologia para que a formação cidadã seja mais responsável. Segundo eles, de nada adianta se explicar as descobertas da ciência e os artefatos da tecnologia. Isso afasta do interesse e mostra que as coisas são prontas, o que não é uma verdade. Deve-se discutir sobre o processo de escolha e o que isso implica na sociedade, a fim de que os estudantes consigam se posicionar quando questionados;
- O livro didático ainda é uma reunião de consensos e descarta a natureza provisória da ciência. Na maioria das escolas, o livro é a única bibliografia utilizada para a formação dos estudantes e, mais uma vez, ressalta a linearidade da ciência. Dois cursistas da turma disseram que, após a discussão das aulas de CTS, começaram a preparar alguns materiais extras como textos que mostram alguns artefatos que não deram certo ou algumas discussões que fizessem os alunos refletirem e saberem mais *sobre* ciência e não só *mais* ciência.

Em seguida, a pesquisadora propôs que os discentes apontassem o que acharam de positivo e as dificuldades durante a disciplina, a fim de que, para o ano seguinte, fossem revistos o cronograma e os textos, bem como a dinâmica do trabalhado. A seguir, estão elencados os pontos positivos e negativos:

Pontos positivos:

- Conhecimento sobre controvérsia;
- Importância dos debates que ocorreram e das aulas descentralizadas;
- Discussão dos inúmeros conceitos de QV que eram desconhecidos;
- A Abordagem CTS que favoreceu a reflexão sobre a prática docente de cada um;
- Gama de conhecimentos, tanto de CTS quanto de QV, que não são discutidos na formação inicial e, por isso, não podem ser levados ao Ensino Básico;
- Possibilidade de temas que podem ser trabalhados no Ensino Básico com clareza;

Pontos negativos e sugestões:

- Inserir artigos sobre CTS que tenham metodologias aplicadas em sala de aula, caso haja tempo para discussão ou então como proposta de leitura;
- Os capítulos do livro possuem um nível de dificuldade de leitura alto, talvez fosse interessante mesclar com textos mais fáceis;
- Apesar de ser interessante, existe muita dificuldade de aplicar métricas no Ensino Básico sem ser estritamente em laboratório.

A partir destes pontos positivos, negativos, das sugestões e da percepção da docente, decidiu-se então, para a segunda aplicação, por trocar algumas sequências didáticas, incluindo artigos que possam ser lidos de maneira mais fácil e rápida e que abordem tópicos tão importantes quanto os trabalhados no livro. No entanto, assim como foi falado no momento do *feedback*, alguns pontos do livro são julgados como primordiais para a docente da disciplina e serão mantidos, a fim de que todos os estudantes possam ser apresentados a Abordagem CTS de forma mais completa.

- 9° Encontro: Apresentação de trabalho

Conforme cronograma apresentado na primeira aula do curso, a turma ficou dividida em cinco grupos, que deveriam apresentar seus respectivos trabalhos. Este encontro foi prejudicado por conta da paralisação programada para a semana seguinte, o que obrigou a pesquisadora a mover todas as apresentações para um mesmo encontro, estipulando, assim, um tempo máximo de 30 minutos para apresentação de trabalho, a fim de que fosse possível discutir o que foi proposto e os demais integrantes da turma pudessem também opinar a respeito do tema.

Com isso, os trabalhos foram apresentados e serão descritos no próximo tópico. É importante dizer que todos os grupos conseguiram atender ao que foi solicitado na primeira aula, propondo uma metodologia que inserisse algum dos conceitos de QV no Ensino Básico. Dois grupos aplicaram suas propostas e levaram resultados positivos, com interesse por parte dos estudantes que acompanharam e questionamentos pertinentes sobre as dinâmicas.

-**10° Encontro: Suspenso por conta da paralisação**

Como foi prevista paralisação neste dia e o Curso de Especialização seguiu o calendário do colégio, não houve o encontro conforme previsto anteriormente. Esse encontro seria destinado para a resposta aos questionários de pós-teste, tanto de Química Verde quanto do PIEARCTS. Dessa forma, os cursistas devolveram o material respondido no sábado seguinte.

6.2. Trabalhos propostos na disciplina

A sequência de apresentação foi definida pelos próprios grupos entre si, de acordo com a quantidade de componentes presentes no encontro no momento da exposição. A ordem aqui proposta é a mesma que ocorreu em sala de aula, mostrando, ainda, o tema geral da aula que foi pensada por cada grupo. Ao final das apresentações, a professora pediu que os cursistas que estavam assistindo a exposição dos trabalhos, externassem a opinião acerca da proposta em relação ao conceito de QV que estava sendo abordado, a forma como ele seria colocado, além da percepção acerca da abordagem CTS e da criticidade da proposta.

Trabalho 1 (T1) – Polímeros utilizando controvérsia

Este grupo propôs a discussão sobre o tema polímeros focada no uso de plásticos. Em um primeiro momento, seria entregue uma atividade (Apêndice F) para que os estudantes fizessem em casa, questionando materiais de plástico usados pelos mesmos em casa e de que forma poderia se colaborar para favorecer a reciclagem. Este tema foi escolhido porque no entorno da escola existia muito lixo descartado de maneira incorreta e, por isso, afetaria diretamente na vida dos alunos que ali estudavam.

Em seguida, os conceitos a respeito do tópico de polímeros seriam apresentados de maneira abrangente, a fim de contextualizar e exemplificar processos comuns que ocorrem e que os estudantes desconhecem. Como os discentes, na maioria das vezes, desconhecem a relação existente entre polímeros e plásticos, seria reproduzido um vídeo sobre o ciclo de vida dos plásticos[26], mostrando os impactos de cada fase do ciclo. A partir do vídeo, seria introduzido o conceito de Economia Circular

[26] Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=SkHE2clxv0U.

para poder, então, focar na reciclagem dos produtos. O importante seria não só focar no produto final, mas em tudo o que é demandado para que o mesmo exista.

Após a abordagem deste tema, seria entregue aos alunos alguns textos[27] que apresentam diversos posicionamentos a respeito da lei que extingue o uso de sacolas plásticas. A turma, então, se dividiria em grupos que representariam os atores sociais (produtores de sacola retornáveis, produtores de sacolas biodegradáveis, produtores de sacolas plásticas, ambientalistas, representantes de Supermercado, consumidores, distribuidores e políticos) e os estudantes iriam ter um tempo para pesquisar a respeito do tema e de que forma se posicionariam enquanto ator social. Em uma aula posterior, a controvérsia seria executada e a pesquisadora discutiria sobre os diversos pontos de vista levantados na discussão.

Alguns cursistas que estavam assistindo à apresentação do grupo fizeram comentários a respeito da proposta:

> "O trabalho propôs um tema relevante, a partir de uma sequência bastante interessante e não é focado apenas na reciclagem. Gostaria de conseguir aplicar com os meus estudantes." (Cursista 1)
>
> "A discussão sobre a avaliação do ciclo de vida a partir do vídeo apresentado é bem didática e palpável para alunos do ensino básico. Os atores sociais escolhidos foram inteligentes para uma discussão crítica com os estudantes. Avalio que a abordagem CTS ocorreu durante toda a proposta. Muito interessante!" (Cursista 2)
>
> "A única coisa que eu adaptaria seria para um viés interdisciplinar, trazendo a parte da biologia, em relação ao desequilíbrio do ecossistema. Poderia também trazer a parte evolutiva da história do plástico, até chegar no que temos hoje para poder contextualizar e provocar o aluno. Mas, como os colegas já disseram, é realmente bastante interessante e me instigou a aplicar também." (Cursista 3)

Esta proposta foi considerada viável pela docente da disciplina e foi aplicada por uma das cursistas do grupo em um momento posterior ao trabalho, já que, no colégio que ela trabalha, o conteúdo de polímeros é trabalhado apenas no final do ano. Após a aplicação, houve o contato com a docente da disciplina para detalhar o que ocorreu.

---

[27] Disponíveis em http://www.scielo.br/pdf/po/2012nahead/aop_0884.pdf e https://g1.globo.com/natureza/blog/ameliagonzalez/post/2019/06/10/fim-das-sacolas-dos-supermercados-impoemudanca-de-habitos-aos-cidadaos.ghtml

A cursista sentiu-se muito satisfeita, apontando que os estudantes ficaram muito interessados com a discussão do plástico e todas as etapas de sua produção. Além disso, se sentiram "culpados" pela quantidade de produtos originados do plástico que consomem, somado ao fato da maioria deles não descartar de forma adequada o que usam. Com a controvérsia, os estudantes se exaltaram com a dinâmica e entenderam a importância de defender diferentes pontos de vista, mesmo que o seu seja diferente daquele do outro ator social, a partir de embasamento teórico.

Trabalho 2 (T2) – O uso de pegadas em uma aula de óxidos

O segundo grupo propôs uma aula dividida em três momentos: contextualização teórica, dinâmica sobre pegadas e explicação sobre as pegadas. No primeiro momento, haveria uma provocação aos alunos mostrando diversas imagens do cotidiano em que encontramos óxidos de todos os tipos. Esta aula seria lecionada após a primeira explanação com o conteúdo de óxidos, ou seja, seria utilizada como uma revisão e para a inserção de novos conceitos verdes.

A partir do momento em que óxidos causadores do aquecimento global fossem evidenciados, seriam feitos os questionamentos: somente as grandes indústrias causam impactos ao meio ambiente? Qual a nossa responsabilidade com o planeta? Em seguida, seria pedido que os estudantes fizessem os cálculos das suas pegadas ecológicas[28]. Caso o colégio não oferte internet, os alunos poderiam fazer este cálculo em casa com os pais, fazendo com que as famílias se envolvam mais no processo.

Tendo feito os cálculos, cada aluno colocaria o seu resultado e seria discutido sobre a influência que cada um possui sobre o Planeta Terra, fazendo um gancho com o aumento de consumo de água e mostrando, também, a calculadora de pegada hídrica[29]. Posteriormente, os resultados das pegadas ligariam aos diversos conceitos envolvidos neste tema, como redução de consumo, reciclagem, importância de descarte, dentre outros.

Ao final da explanação, alguns comentários foram feitos pelos colegas que assistiam:

> "Apesar de usar as calculadoras e discutir sobre, senti falta de algo mais crítico que relacionasse o conteúdo que já havia sido dado

[28] Disponível em https://www.pegadaecologica.org.br/.
[29] Disponível em https://ech2o.aprh.pt/peghidrica/pt/.

> com o que estava sendo falado. Qual a importância do óxido? Me pareceu meio perdido, entende? Por que não discutir a pegada junto com a aula de óxido? Mas tirando isso, a ideia de fazer com a família me parece interessante para conscientizar.” (Cursista 4)
>
> “As imagens iniciais são interessantes, mas isso é contextualizar? Não seria só para ilustrar o que eles já teriam aprendido de forma tradicional? Acredito que a abordagem CTS só começa na discussão dos impactos ao meio ambiente e, consequentemente, com o uso da calculadora, né? Acho que eu faria diferente, trazendo também uma visão histórica, com dados sobre poluição, o aumento dela, o que polui, para que eles conseguissem entender melhor que tudo está envolvido.” (Cursista 3)
>
> “Eu achei bem interessante a proposta, principalmente por levar para casa do aluno a questão dos hábitos de consumo, de reflexão em família, e de retornar com os dados para a discussão posterior. Não é tão elaborada quanto a do primeiro grupo, mas talvez seja mais prática para inserir na correria dos colégios particulares, como é o que eu trabalho. Gostei bastante.” (Cursista 5)

Esta proposta não foi aplicada, mas certamente seria viável de ser aplicada tanto no 9° ano do Ensino Fundamental, para os colégios que possuem esse tópico nesta série, ou até mesmo para a 1ª série do Ensino Médio, quando são apresentadas as Funções Inorgânicas. O fato de propor o cálculo de pegadas para os estudantes faz com que tenham a consciência do consumo e da gravidade que isso pode ser a longo prazo. Mesmo que não se tenha tempo de usar a calculadora em sala de aula, é possível se discutir sobre pegadas ecológicas sem calcular as mesmas e deixar para fazer isso com o envolvimento das famílias é algo que pode somar bastante ao processo de ensino-aprendizagem.

Trabalho 3 (T3) – Polímeros abordados em algumas visões

Este grupo propôs duas atividades diferentes envolvendo o tópico polímeros para segmentos diferentes também do Ensino Básico: o regular e o Ensino de Jovens e Adultos (EJA). As propostas foram executadas e trouxeram resultados positivos para os professores que demonstraram interesse em aprimorar as práticas a fim de que os resultados fossem cada vez melhores.

A primeira proposta foi aplicada no terceiro ano do Ensino Médio regular com o tema plástico a partir de um debate, já que este é um tema que consta no currículo mínimo do estado do Rio de Janeiro. A professora gostaria de propor uma controvérsia, mas não houve tempo hábil para se programar e tampouco para a

execução. Em aulas prévias, foi solicitado aos alunos que fizessem uma pesquisa sobre as vantagens e desvantagens do uso do plástico para ser entregue à professora como forma de avaliação no dia da aula proposta. Neste mesmo dia, a professora abordou o tema polímeros, aguardando a postura dos alunos para ver se relacionavam com o que estava sendo apresentado. A maioria dos estudantes se posicionou dizendo que o plástico era um polímero, o que foi um "gancho" para a professora trabalhar a aplicabilidade dos polímeros, bem como seu descarte e reciclagem, além dos materiais que podem substituir o seu uso.

Neste momento, a turma se organizou em forma de roda para que começasse um debate acerca do uso excessivo a desnecessário deste material, seus impactos ambientais, o uso de materiais descartáveis e hospitalares, os polímeros usados em procedimentos estéticos, possíveis substitutos para o plástico, além de como é feita a reciclagem. Com esse rumo, a professora introduziu o conceito de economia circular e os alunos se mostraram bastante interessados, apontando que é consenso não conseguirmos extinguir o uso deste material, mas é necessário usar com consciência, e ainda deram exemplos de pessoas que trabalham com reciclagem.

A segunda proposta foi aplicada no EJA também com a temática de plástico. No entanto, esta abordagem foi híbrida, se dividindo com o ambiente virtual de aprendizagem, a partir do uso das plataformas *Google Classroom*[30] e *Kahoot*[31]. Inicialmente, a professora disponibilizou no ambiente do *Google* reportagens e vídeos sobre o tema[32], a fim de que os alunos pudessem se interessar sobre o que seria trabalhado posteriormente.

O segundo momento ocorreu em sala de aula, a partir de um questionário (Apêndice G) disponibilizado na segunda plataforma mencionada com o objetivo de fazer um diagnóstico do que os estudantes traziam em suas bagagens sobre o tema. As perguntas envolviam curiosidades, aspectos relacionados à saúde, dentre outros

[30] Disponível em *https://classroom.google.com/*
[31] Disponível em *https://kahoot.com/*
[32] Disponíveis em https://super.abril.com.br/blog/planeta/voce-sabia-que-os-peixes-que-voce-come-estao-se-alimentando-de-plastico/;
https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2017/04/engenheiros-criam-bolhas-de-agua-comestiveis-para-substituir-garrafas.html;
https://www.youtube.com/watch?time_continue=40&v=s9jRUq2jQCg

pontos, que foi o início da discussão para a introdução do conteúdo químico na turma, sempre estabelecendo um vínculo com o que havia sido perguntado.

Em seguida, foi organizado um debate entre os alunos e a professora sobre os assuntos abordados na leitura prévia e a relação com tudo que havia sido trabalhado em sala de aula: a importância do plástico na vida dos seres humanos, as suas mais diversas aplicações, o impacto causado no meio ambiente e na saúde, as novas tecnologias, os plásticos biodegradáveis e verdes, além da reciclagem.

Na aula seguinte, a professora reaplicou o questionário inicial com o intuito de avaliar se houve fixação de alguns conceitos e melhoria no senso crítico necessário para responder algumas questões. A primeira versão do questionário teve um índice de acerto de 51,28% enquanto, no final, o índice subiu para 76,92%, mostrando que a proposta foi eficaz. Além desse resultado quantitativo, a professora mencionou que o interesse dos alunos foi superior ao que ela estava acostumada a lidar no dia a dia, principalmente por ser uma turma de alunos que já chegam cansados à escola para estudar após um dia de trabalho.

Ao final da explanação, os comentários feitos pelos demais cursistas foram:

> "A primeira proposta talvez fosse mais interessante se tivesse focado exclusivamente nos procedimentos estéticos, discutindo a respeito da pressão da sociedade ao padrão de beleza imposto, o descarte desses materiais, como eles podem afetar na economia. Acredito que os alunos teriam se envolvido mais e a abordagem CTS fosse mais completa." (Cursista 6)

> "A segunda aplicação me pareceu mais completa e interessante, trabalhando com um público diferente do que estamos acostumados e trazendo a contextualização ao invés de só trabalhar o conteúdo duro. Curti bastante." (Cursista 7)

> "Eu ainda acho que daria para trazer também uma contextualização com viés histórico ao invés de só ficar pegando coisas atuais. É importante que os alunos entendam como a ciência foi construída e a forma como isso impacta diretamente nos diferentes tipos de sociedade. Mas é legal e aborda o mesmo tema do primeiro grupo de uma forma completamente diferente." (Cursista 3)

Trabalho 4 (T4) – Lixo eletrônico (e-lixo)

Esta proposta foi aplicada em uma turma de terceiro ano do Ensino Médio regular e começou com uma abordagem sobre a definição de lixo eletrônico, o avanço tecnológico e sua relação com o aumento de *e-lixo*, a composição química presente

em alguns lixos eletrônicos, as consequências ambientais e da saúde para descartes incorretos e os métodos para o descarte correto com o foco na reciclagem.

A partir do último tópico, mais precisamente sobre o descarte de pilhas e baterias, foi introduzido o conteúdo de eletroquímica usando como exemplo a pilha de Daniell. Ao final da aula, foi questionado aos alunos como eles poderiam ajudar no processo de descarte desses resíduos produzidos. Esta discussão foi fomentada a partir da execução de um vídeo[33] que retrata a evolução humana e o consumo desenfreado de aparelhos eletrônicos, aprimorados a cada versão e incentivando a troca excessiva para os modelos mais atuais, mas sem saber o que fazer com os aparelhos antigos.

Como culminância da discussão, a turma propôs um ponto de coleta de *e-lixo* na escola, com os estudantes passando em todas as salas de aula da escola com cartazes e folders para explicarem a importância do consumo consciente, bem como do descarte adequado para a saúde de todos, além do meio ambiente. A administração da escola se comprometeu em fazer o contato com alguma empresa de coleta seletiva para recolher esse tipo de resíduo.

Ao final da apresentação, os demais cursistas elogiaram bastante a proposta já implementada:

> "Muito boa a ideia de instituir um ponto de coleta, e principalmente dos próprios alunos passarem nas salas para incentivar toda a comunidade escolar em participar e se envolver de uma temática que é extremamente importante e que muitas vezes não sabemos como proceder. Parabéns ao grupo pela proposta que trabalha lindamente a abordagem CTS." (Cursista 1)
>
> "Agora entendi por que o Cursista 3 sempre falava da abordagem histórica. Realmente a contextualização como uma construção e evolutiva faz mais sentido para quem está vendo a proposta pela primeira vez. Excelente ideia, excelente vídeo. Não é preciso modificar o currículo da escola particular para isso. Perfeito!" (Cursista 2)
>
> "Muito maravilhoso tudo o que vocês pensaram, desde o conceito de QV, passando pelo lixo eletrônico e os conceitos de eletroquímica, até a culminância dos cartazes e dos alunos indo em sala. Vocês poderiam ter trazido os cartazes ou tirado foto para a gente poder ver como ficaram. Adorei!" (Cursista 8)

[33] Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=XhR_zKUn6jc.

Esta proposta é um exemplo de implantação da cultura da Química Verde que é necessária que esteja presente nas escolas o quanto antes. A mobilização da comunidade escolar é um dos fatores que influencia no engajamento de professores e alunos e, neste exemplo, foi bem-sucedido, fazendo com que a quantidade de lixo eletrônico fosse reduzida e que os estudantes levassem o consumo consciente para suas famílias e amigos externos à sala de aula.

Trabalho 5 (T5) – Fator E aplicado a uma turma de 9° ano

O último grupo propôs a inserção do conceito do Fator E em uma turma de 9° ano do Ensino Fundamental, que é um método de prevenção presente na filosofia da Química Verde. Apesar de ter sido proposto para uma aula inicial de Química, a mesma atividade poderia ser pensada para alunos que trabalham com Química Orgânica, a partir da síntese de compostos orgânicos e o que muda nas rotas experimentais.

Esta aula foi uma proposta para o primeiro contato dos estudantes com a Química e, por isso, os componentes do grupo iriam aplicar um questionário com perguntas que teriam o objetivo de levantar o conhecimento que os alunos trazem sobre a disciplina, ou seja, com quais ideias chegam ao final do Ensino Fundamental e de que forma isso pode influenciar no decorrer do ano letivo. Como a ideia não foi aplicada, as questões não chegaram a ser pensadas pelos cursistas.

A partir do questionário, seriam trabalhados em sala de aula a correlação de fatos históricos e alguns princípios da QV com o conceito de matéria, o princípio de conservação de massas e as transformações químicas e físicas, todos conceitos inicialmente abordados com alunos deste nível escolar. Nesta etapa, os doze princípios da QV seriam apresentados, porém, seria focado apenas no de prevenção e economia de átomos.

No encontro seguinte, os alunos seriam apresentados ao fator E, os objetivos deste parâmetro e suas contribuições para a Química Verde. Como dinâmica, as turmas seriam divididas em grupos e seria mostrada uma tabela com os valores de fator E de alguns segmentos da indústria. A partir destes valores, cada grupo receberia um saco com balas de cores diferentes que representariam produtos e rejeitos de segmentos da indústria. Através do cálculo do fator E (obtido a partir das

balas de cada saco), cada grupo deveria identificar o tipo de indústria representada por eles e de que forma poderiam melhorar este fator.

Ao final da apresentação, os comentários a respeito foram:

> "A proposta é bem técnica e não possui um nível de criticidade elevado, já que só pensa na aplicação direta do que significa o fator E. Realmente, é interessante levar esse conceito pra sala de aula, mas por que não em algum momento que eles tenham mais maturidade ou consigam relacionar com o cotidiano? No 9° ano, os estudantes não fazem ideia do que é reagente/rejeito. Eu repensaria." (Cursista 9)

> "A ideia da bala é boa, mas acho que não traduziria para o estudante o que acontece na realidade. Falta CTS para mim." (Cursista 2)

> "Achei bom pra QV, mas achei fraco para CTS. Qual o impacto dessas indústrias na vida desses estudantes? Não tem? Por que isso não foi discutido? Fora que apresentar os 12 princípios pra 9° ano é covardia." (Cursista 3)

Esta atividade é interessante, pois aborda um conceito que não foi trabalhado na disciplina (fator E) e que, mesmo parecendo distante dos estudantes de Ensino Básico por se tratar de algo industrial, o grupo conseguiu pensar em uma aproximação a partir de uma metodologia diferenciada e que tornou o conceito mais fácil de ser entendido. No entanto, a ausência de criticidade da proposta, bem como da correlação do cotidiano dos alunos com os conceitos de QV, pode fazer com que esta vertente continue sendo vista de forma meramente técnica.

6.2.1. Categorização dos trabalhos

Com o embasamento nas ideias de Sjöström e Talanquer (2014), os trabalhos apresentados (e representados pelas siglas mencionadas anteriormente) foram classificados de acordo com categorias, aqui chamadas de facetas do conhecimento químico, a fim de entender se eles se aproximam de uma perspectiva conteudista, ou caminham em direção a um ensino de Química crítico-reflexiva. Dessa forma, cada faceta foi analisada individualmente, permitindo que um mesmo trabalho pertença a diferentes níveis. Ao final, para se enquadrar no tetraedro proposto pelos autores, levou-se em consideração o nível em que mais facetas foram contempladas. Os resultados da categorização podem ser observados no quadro 15.

Quadro 15 – Categorização dos trabalhos propostos em 2019

Facetas do Conhecimento Químico	**Nível 0** Química pura	**Nível 1** Química aplicada	**Nível 2**		**Nível 3**	
			a. Socio-histórico	b. Socio-científico	a. Socio-cultural	b. Socio-político
Questões essenciais		T5		T2; T3	T1	T4
Grandes ideias			*	T2; T3; T5		T1; T4
Conceitos transversais		T5	*	T2; T3	T1; T4	*
Dimensões conceituais		T2. T5	*	T1; T3; T4	*	*
Tipos de conhecimento		T1; T2; T3; T4; T5	*	*	*	*
Escalas dimensionais		T2; T5	*	T1; T3; T4	*	*
Modos de raciocínio			T1; T2; T3; T4. T5	*	*	*
Questões contextuais		T5		T2	T3	T1; T4
Visão histórica		T2; T3	T1		T4; T5	
Considerações filosóficas			T3; T5	T2		T1; T4

Fonte: elaboração própria.

Os quadrados que possuem um asterisco indicam que naquela faceta não há diferença para um nível anterior, como por exemplo, as grandes ideias do nível 2a são equivalentes com as expostas no nível 0. Dessa forma, nesses casos, os trabalhos foram colocados nos níveis em que apresentam as classificações (para o exemplo citado anteriormente, ele seria enquadrado no nível 0 e não no 2a). Os detalhes a que se referem esses asteriscos estão expostos nos pressupostos metodológicos (Quadro 14).

A partir do quadro, pode-se observar que nenhum dos trabalhos se enquadrou no nível 0, representado pela base do tetraedro, que traduz um ensino meramente conteudista. Esse é um resultado positivo, mas esperado, já que a tarefa solicitada era que a abordagem CTS estivesse presente, caracterizando um ensino mais crítico a partir da inserção de algum conceito de QV.

No entanto, o grupo que propôs a discussão do fator E para turmas de 9° ano (T5) trouxe um enfoque mais técnico e aplicado aos conteúdos de Química e aos princípios da QV, sem problematizar ou contextualizar usando questões que pudessem levar os estudantes a tomarem decisões a partir do envolvimento na proposta. Apesar de focar em uma questão que é relevante, como a poluição gerada

por diferentes tipos de indústrias, e tratar de forma prática um conceito que, aparentemente, não consegue se aproximar do currículo do ensino básico, o grupo não aprofundou a discussão CTS. Dessa forma, por apresentar mais facetas no nível 1, T5 foi enquadrado no primeiro setor do tetraedro, designado de Química Aplicada.

Enquanto isso, os trabalhos T2 e T3 foram analisados e pertencem ao segundo pilar, intitulado Sócioquímica. A pior abordagem de ambos os grupos é a visão história que foi abordada nas duas propostas de maneira isolada, sem focar no desenvolvimento, pertencente ao nível 1. Todavia, é válido pontuar que o grupo proponente da aula de pegadas (T2) não trouxe nenhum aspecto referente ao nível mais crítico, enquanto o outro conseguiu estabelecer a integração sociocultural da ciência e da tecnologia a partir do momento que argumentou a importância dos plásticos, seus tipos, a relação com as tecnologias e os impactos positivos e negativos que advém deles, situando as questões contextuais no nível 3.

Nesse sentido, a aula para trabalhar pegadas dentro do conteúdo de óxidos é importante porque consegue abordar a temática verde em um momento totalmente oportuno do currículo, mas ainda apresenta a dimensão conceitual direcionada para estrutura e dimensões de energia, focando na construção de conexões entre o macroscópico e o submicroscópico e, por isso, possui algumas facetas no nível 1.

Entretanto, as duas propostas apresentam metade dos atributos no subnível sóciocientífico, refletindo os valores éticos e sociais das temáticas abordadas. Além disso, discutem sobre os custos e benefícios/malefícios sociais, econômicos e ambientais das atividades químicas, nesses casos relacionados às pegadas ecológicas e atividades industriais (T2) e ao uso e descarte de plásticos (T3). Nessa perspectiva, são possibilidades para se alcançar uma Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) e, por isso, estão no segundo patamar do tetraedro.

Das cinco apresentações, apenas duas (T1 e T4) se destacaram por conseguirem chegar ao topo da pirâmide, sendo consideradas propostas que abordam a Química de maneira crítico-reflexiva. É interessante pontuar que ambas tiveram as dimensões conceituais, escalas dimensionais, modos de raciocínio e tipos de conhecimento em níveis anteriores porque são definições que se enquadram também nos patamares seguintes.

Ainda assim, o trabalho referente a polímeros (T1) não levou em conta os contextos históricos referentes ao tema, se restringindo apenas aos desenvolvimentos ao longo do tempo. É possível que esse viés não tenha sido observado devido o grupo não ter aplicado a proposta e, por isso, não conseguiram expressar o que seria abordado ao longo da controvérsia. No entanto, o que foi avaliado aqui diz respeito apenas ao apresentado por eles e não às possibilidades que podem existir ao aplicarem.

Contrapondo-se ao T1, o trabalho referente a lixo eletrônico apresentou contextos históricos no momento da sensibilização com os estudantes, mostrando a importância de cada cenário para o aumento ou diminuição desse tipo de resíduo. Como o grupo conseguiu aplicar, os cursistas apontaram que essa vertente instigou a curiosidade dos discentes e foi importante para um maior envolvimento deles.

É válido acrescentar que tanto T1 quanto T4 tiveram boa parte de suas facetas localizadas na visão sociopolítica, focando em questões que trazem valores relevantes para uma sociedade sustentável, e problematizando ideias advindas do acrônimo CTS para que o ensino possa ser mais crítico. Nesse viés, os trabalhos fazem parte do último nível do tetraedro. A organização espacial de todos os trabalhos pode ser vista na figura 16.

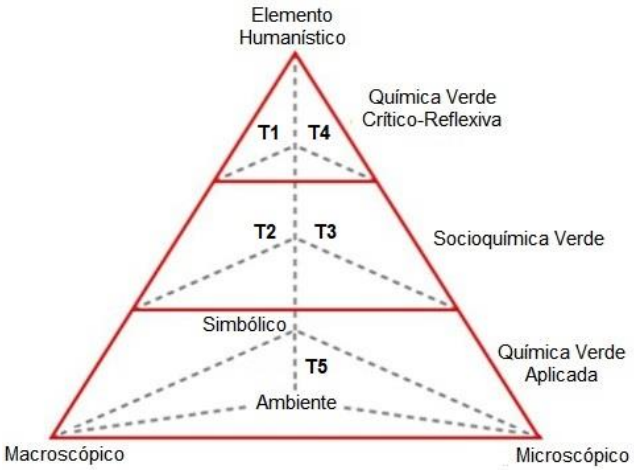


Figura 16 – Tetraedro inserindo os trabalhos de 2019
Fonte: elaboração própria.

Sendo assim, apesar de todas as propostas atenderem o que foi solicitado ao longo da disciplina, e trabalharem conceitos de QV no ensino básico, nenhum deles versou sobre os ODS e nem todos os grupos conseguiram trazer a reflexão crítica para seus trabalhos. Essa característica também foi percebida por alguns cursistas

que, ao apresentarem suas opiniões sobre as apresentações, pontuaram a ausência de uma abordagem mais problematizadora, considerando hipóteses para que isso pudesse ser melhorado.

6.3. Análise dos testes de Química Verde da turma de 2019

O questionário proposto para analisar o que os cursistas já traziam de conceitos de QV e sua relação com o ensino foi estruturado em dois blocos de perguntas: a primeira delas buscava saber, de uma maneira geral, o que cada um sabia a respeito de QV. Esta pergunta tinha o objetivo de levantar se já haviam tido algum contato denso com esta vertente e o que conseguiram extrair deste contato. A segunda pergunta se referia à possibilidade de exploração desta área da Química no Ensino Médio, buscando saber de que forma poderia ser explorado ou, caso negativo, por que não é possível que se explore.

É importante mencionar que, inicialmente, foi colocado este nível de ensino porque é onde a Química é trabalhada diretamente. No entanto, ao lidar com cursistas que dão aula de Biologia, foi colocado que o contato com a Química é feito, por eles, no 9° ano do Ensino Fundamental. Desta forma, a pergunta foi modificada para a segunda aplicação com o termo Ensino Básico, podendo abranger as duas seções expostas.

Análise da primeira pergunta: o que você sabe a respeito de QV?

A partir do que foi respondido e conforme foi exposto na metodologia anteriormente, as respostas foram fragmentadas em unidades de significação que, quando agrupadas, deram origem às categorias. É importante salientar que uma mesma frase (ou unidade de significação, ou componente) não se enquadrou em mais de uma categoria. No entanto, um mesmo cursista pode ter sua resposta desmembrada em diversos componentes e, por isso, é possível que se enquadre em uma ou mais categorias. Para facilitar a compreensão da análise de conteúdo feita, alguns exemplos foram escolhidos para ilustrar cada categoria. Os resultados do pré-teste da primeira turma estão elencados na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise temática sobre o conceito de QV, de acordo com o pré-teste da turma de 2019

CATEGORIA	TEMAS, UNIDADES DE SIGNIFICAÇÃO OU COMPONENTES	EXEMPLOS	FREQUÊNCIA																	TOTAL DA CATEGORIA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Sustentabilidade	Relação com a sustentabilidade/DS	"Focada na sustentabilidade"							X			X						X			5
		"Baseada no desenvolvimento sustentável"											X							X	
Reducionismo à QA	Agressão ao meio ambiente	"Produtos menos agressivos ao ambiente"	X														X		X		15
	Impactos ambientais atenuados	"Redução de dados ambientais para a natureza"		X						X											
		"Mecanismos para diminuir impactos no ambiente"			X											X	X				
	Preocupação com descarte	"Acabar com descarte inadequado"					X														
	Preservação do meio ambiente	"Preservar o ambiente"							X										X		
		"Efeitos positivos para o meio ambiente"									X				X						
	Química e ambiente	"Atrelado à Química Ambiental"											X	X							
Princípios da QV	Foco nos 12 princípios	"Produtos mais eficientes"	X																		5
		"Baseada em 12 princípios"				X		X				X								X	

Fonte: elaboração própria

A partir do que foi exposto, pode-se analisar que a maioria das respostas apresentou temas que se relacionam com a remediação dos problemas ambientais já existentes, bem como a necessidade de se ter um olhar mais preocupado com a preservação e agressão ao ambiente. Todas as unidades de significação que remetiam à essa visão reduzida da QV foram agrupadas na categoria “Reducionismo à QA”, já que são ideias congruentes com a definição da Química Ambiental.

Essa confusão é comum, principalmente porque os cursos de graduação, pouco dialogam com temática ambiental crítica (PEREIRA *et al*., 2009), e, quando o fazem, encaram a Química como remediadora dos problemas que já existem (ROLLOFF; MARQUES, 2014; CARNEIRO; MOURA, 2018). Entretanto, é importante pontuar que a discussão sobre QV requer mais do que a menção aos princípios conhecidos. É necessário um processo de ressignificação da Química tradicional de forma a agregar uma visão sistêmica e complexa, que não se restringe ao regime disciplinar e centrado no conteúdo (MACHADO, 2011; ZUIN, 2011; ZANDONAI *et al*., 2013; VILCHES; PÉREZ, 2011; PITANGA; 2016).

Partindo-se da análise dos testes e dos componentes dessa categoria, sempre que houve oportunidade ao longo da disciplina, a diferenciação da QV para a QA foi discutida, para dirimir esse equívoco, diminuindo a possibilidade de nova ocorrência. Muitos cursistas demonstraram surpresa ao entenderem que essas correntes não são sinônimas e, consequentemente, não possuem os mesmos objetivos.

Outro tema importante, e que foi discutido com os cursistas em diversos momentos das aulas, foi o abordado em que a QV apresentava relação com o desenvolvimento sustentável ou com a sustentabilidade, nome este atribuído à categoria. Em meio as 5 respostas, pôde-se observar frases como “é a parte da Química focada na sustentabilidade” (cursista 7), e “Visa o desenvolvimento sustentável” (cursista 18). No entanto, quando questionados durante a aula sobre o que seria esse tipo de desenvolvimento, e até mesmo que significa focar na sustentabilidade, nenhum dos 5 respondentes conseguiram explicar.

Acredita-se, então, que esses componentes apareceram nas respostas porque remetem a um termo (sustentabilidade) que é bastante valorizado por veículos de comunicação para caracterizarem ações que são amigáveis ao ambiente (SANDRI; FILHO, 2016). Isso foi ratificado quando um dos cursistas apontou em sua fala que “a mídia vem chamando a atenção para o que é desenvolvido ambientalmente correto e, consequentemente, sustentável” (cursista 11).

De acordo com Zuin (2011, p.33),

> o slogan propagandístico que pode vir associado à Química Verde, e é espetacularmente difundido pelos canais de divulgação, não estimula mais discussão, reflexão e posicionamentos críticos do conceito e seus usos, pois ele se realiza como imagem autossustentável. (tradução própria)

Dessa maneira, apesar das respostas escritas não terem apontado para uma concepção reduzida acerca do conceito de desenvolvimento sustentável, quando questionados, as falas iniciais feitas, inclusive de cursistas que não apresentaram esses componentes, permitiram identificar uma visão focada no aspecto preservacionista do ambiente. Assim como na primeira categoria discutida, os encontros da disciplina foram conduzidos com o objetivo de também ampliar esse conceito

Em relação à última categoria elencada, intitulada de “Princípios da QV”, a maioria das respostas apresentou a unidade de significação que dizia que esta corrente era baseada em 12 princípios. Esse resultado já era esperado, uma vez que os precursores deste conceito, Anastas e Warner (1998), elencaram essas premissas norteadoras que embasam até hoje a prática verde. No entanto, reduzir a QV aos princípios é priorizar apenas o aspecto técnico e experimental que é estudado, sem focar na filosofia que está por trás deles (ZUIN, 2011; MARCELINO, 2020).

Sendo assim, é possível identificar que as respostas iniciais dos cursistas acerca do que conhecem são pertinentes, porém se aproximam de uma visão reducionista da QV, a qual Zuin (2011) intitula de técnica ou instrumental. Entretanto, é importante ressaltar que a maioria desses cursistas não teve nenhum contato direto com essa corrente ao longo de suas formações, o que pode justificar de certa forma a visão ingênua que possuem. A partir desses resultados, a disciplina foi conduzida de maneira a ampliar esses conceitos que eles já traziam, buscando problematizá-los e discutindo de forma crítica.

Com o fim da disciplina, este questionário foi reaplicado e as categorias podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise temática sobre o conceito de QV, de acordo com o pós-teste da turma de 2019

CATEGORIA	TEMAS, UNIDADES DE SIGNIFICAÇÃO OU COMPONENTES	EXEMPLOS	FREQUÊNCIA																	TOTAL DA CATEGORIA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Princípios da QV	12 Princípios	"Pautada em 12 princípios"										X				X					2
Socioquímica	Relação da sociedade com o ambiente	"Associa questões socioambientais e a Química"		X		X				X					X						15
		"Desperta o senso crítico integrando o ambiente e a sociedade"					X		X			X					X		X		
	Tomada de decisão	"Discute o ambiente e a tomada de decisão"			X			X			X			X				X		X	
Química sustentável	Prevenção	"Analisa processos para prevenir impactos ambientais"			X		X							X	X	X	X				19
	Definição de QV	"Elimina/diminui o uso ou produção de substâncias nocivas ao ambiente"							X		X		X					X			
	Ser sustentável	"Processos e produtos mais sustentáveis"	X	X		X				X				X		X	X	X			
		"Química mais sustentável"						X				X									

Fonte: elaboração própria.

A partir das respostas dadas e comparando ao que foi respondido nos pré-testes, é possível apontar algumas diferenças importantes. A primeira delas é que a maioria dos cursistas respondeu à pergunta envolvendo dois ou mais temas da Tabela, o que reflete em respostas mais completas e que abrangiam possíveis respostas para o papel da QV. Inicialmente, acredita-se que eles podem ter respondido de forma mais resumida por não serem familiarizados com a temática, o que foi modificado ao longo das discussões e das aulas.

Essa diferença apareceu, principalmente, nas respostas que trouxeram novamente a categoria que aborda que a QV é pautada em 12 princípios, já que agora os cursistas não se reduziram apenas a essas premissas. Tanto o cursista 10 quanto o

14 conseguiram ampliar seus conhecimentos a respeito dessa temática. No entanto, é possível analisar que o primeiro considerou dimensões que anteriormente não foram levadas em consideração no momento inicial, como é o caso do despertar do senso crítico em questões que relacionam o ambiente e a sociedade, e que não ocorreu na resposta do outro colega.

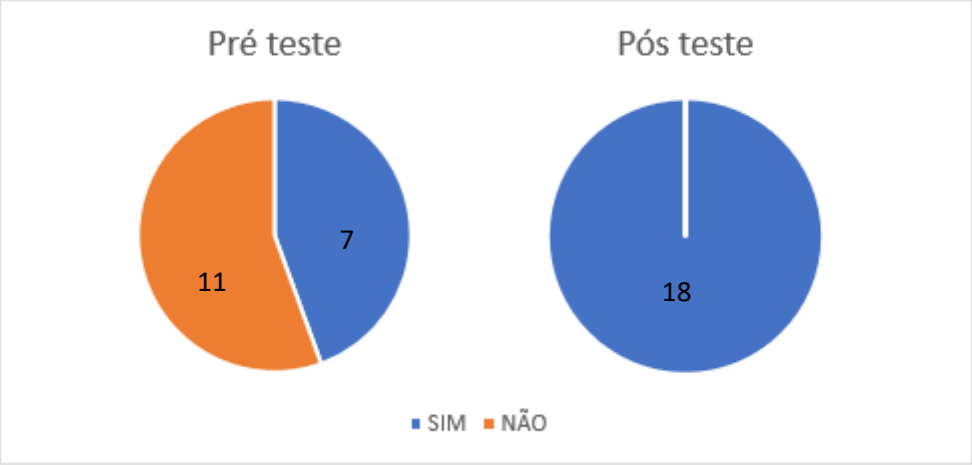
Outra diferença significativa na análise das respostas foi a presença de componentes que relacionam a sustentabilidade – categoria “Química Sustentável”, agora abordando mais o princípio da prevenção do que da remediação – com a faceta social (aqui intitulada “Socioquímica”), incentivando uma tomada de decisão mais crítica, o que requer uma participação efetiva dos indivíduos perante o ambiente, pensando, sentindo e se movimentando para a construção do bem coletivo (ZUIN, 2011).

Com isso, pode-se dizer que a disciplina atingiu o seu objetivo neste primeiro ano no que diz respeito à compreensão da complexidade inerente ao conceito de QV. Acredita-se que todos os conceitos trabalhados, bem como as discussões e metodologias propostas pelos próprios grupos foram essenciais para que as ideias se tornassem mais coerentes e passassem a levar em conta a sustentabilidade socioambiental, que é tão importante para a formação mais crítica e para o ambiente.

Análise da segunda pergunta: você acha que QV pode ser abordada no Ensino Básico? Se sim, como? Se não, por quê?

O primeiro questionamento feito foi se os discentes achavam que a QV poderia ser abordada no Ensino Básico. O Gráfico 2 demonstra os dois momentos da aplicação: o primeiro (da esquerda) referente ao primeiro posicionamento dos discentes, enquanto o da direita representa a opinião deles após o fim da disciplina.

Gráfico 2 - Opinião dos discentes a respeito da aplicação de QV no Ensino Básico em 2019



Fonte: elaboração própria.

Como pode se observar na imagem, inicialmente, mais da metade da turma (11 componentes) julgou não ser possível a aplicação dos conceitos de QV no Ensino Básico, sendo que, após a execução da disciplina, 100% dos participantes passou a acreditar que seria possível que essa prática acontecesse, o que já é considerado um fator positivo para a ocorrência do curso.

As próximas tabelas foram elaboradas com os temas que apareceram como justificativas para as respostas dadas anteriormente: a primeira (Tabela 3) com os motivos dos que não acreditavam ser possível a implementação no primeiro momento, a Tabela 4 apresenta as análises dos que acreditavam ser possível no pré-teste e, finalmente, a última que demonstra o que apareceu como resposta do pós-teste de todos os discentes da turma (Tabela 5).

Tabela 3 - Análise temática para a justificativa da não implementação da QV no Ensino Básico, de acordo com o pré-teste da turma de 2019

CATEGORIA	TEMAS, UNIDADES DE SIGNIFICAÇÃO OU COMPONENTES	EXEMPLOS	FREQUÊNCIA																	TOTAL DA CATEGORIA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Mudança na escola	Mudança de paradigma escolar	"Necessário mudança de paradigma escolar"	X									X	X								5
		"Precisa de práticas e discussões que são contrários à dinâmica escolar"					X			X											
Investimento	Investimento no espaço escolar	"Com investimento em infraestrutura"	X						X										X		4
	Investimento nos procedimentos laboratoriais	"Precisaria de otimização de processos e aproveitamento de resíduos"									X										
Conteúdo programático	Projetos	"Só se for com projetos extracurriculares"		X																	9
	Ciência experimental	"É experimental, não dá para fazer em sala de aula"		X					X									X		X	
	Fuga do conteúdo previsto	"Se afasta da realidade do conteúdo programático"								X		X	X						X		

Fonte: elaboração própria

A partir da Tabela 3, pode-se observar que aproximadamente metade dos respondentes apontou dificuldade para a implementação da filosofia da QV devido à mudança necessária do paradigma da comunidade escolar como um todo, que foi enquadrado na categoria “Mudança”. O modelo vigente de escola e, principalmente, de ensino de Química ainda é considerado excessivamente conteudista, no qual os docentes pouco recorrem à contextualização (SOUSA; IBIAPINA, 2021; SOUSA; PEREIRA; PIRES, 2022). De maneira ampliada, pode-se dizer que

> “na escola brasileira, o ensino de Ciências tem sido tradicionalmente livresco e descontextualizado, levando o aluno a decorar, sem compreender os conceitos e a aplicabilidade do que é estudado.” (MONTENEGRO, 2008 p. 27)

Esse padrão de ensino já se perpetua durante anos (MARQUES *et al*., 2007), e é comum que os professores cheguem à sala de aula reproduzindo a forma como foram instruídos. Dessa maneira, ao questionar os cursistas sobre essa temática, eles argumentaram que, para promover discussões que são diferentes das aulas tradicionais, não haveria tempo disponível e a gestão escolar não acharia pertinente. Sendo assim, por ser convencional, é preciso que a reflexão sobre o paradigma escolar abranja toda a comunidade, para que todos entendam a importância de aulas contextualizadas em que os conceitos sejam compreendidos.

A segunda categoria da Tabela indica que os cursistas apontaram a necessidade de investimento tanto na infraestrutura do colégio, quanto nas práticas executadas no laboratório, e por isso levou o nome de “Investimento”. De fato, para que haja otimização dos processos, como é previsto na QV, e aproveitamento dos

resíduos, é preciso um novo olhar sobre os procedimentos experimentais. Por certo, este é um problema que existe em muitas escolas que não apresentam alternativas de descarte adequadas para as práticas executadas. Alguns colégios já contam com parcerias de empresas que fazem esse descarte, mas isso não é uma regra, o que pode justificar o fato de ter sido a resposta de alguns.

Em relação à infraestrutura das escolas, quando questionados a respeito por falta de maiores informações em suas respostas, os cursistas alegaram que nem todas as instituições apresentam laboratório. Além disso, algumas que possuem esse espaço, nem sempre conseguem os materiais e reagentes necessários para que as práticas aconteçam. Nesse sentido, entendeu-se que a visão de investimento na infraestrutura se direciona exclusivamente à existência do espaço físico do laboratório, desde que este seja equipado, retratando o caráter técnico e experimental da QV.

A categoria que apresentou a maior frequência engloba unidades de significação que remetem ao conteúdo programático. O primeiro componente e o último dessa categoria são entendidos pela docente da disciplina como complementares. A ideia de que a QV se afasta do que é proposto nos currículos de Química tradicionais, sendo um conteúdo a mais para lecionar, é bem comum para quem não tem contato com os diversos conceitos que a filosofia verde engloba. Geralmente, esse ideal se aproxima mais dos 12 princípios, levando para o campo industrial da Química e, de fato, se afastando do conteúdo programático do Ensino Básico.

Com esse movimento, se torna complicado inserir outros conceitos que não os inúmeros já previstos no currículo, o que pode justificar as respostas que tiveram esse enfoque. Portanto, se apropriar de projetos extracurriculares se torna uma opção viável para trabalhar temáticas que são interessantes, mas que não conseguem ser discutidas em sala de aula por conta do tempo escasso (SAMPAIO, 2022).

Por fim, a última unidade de significação desta categoria remete ao fato de que a QV é uma ciência estritamente experimental e que, como existem escolas que não possuem espaço para aulas práticas, seria inviável de fazê-la, conforme já foi apontado no questionamento da categoria “Investimento”. Um cursista ainda ressaltou durante a aula inicial de QV que, mesmo possuindo laboratório, seria difícil introduzir algumas práticas por causa da complexidade que seriam as práticas referentes a esta corrente para o Ensino Básico e que pode ser realmente um fator importante (COSTA, 2011).

Em oposição aos que responderam de forma negativa à implementação da QV, 7 cursistas já acreditavam que esse movimento no Ensino Básico era possível, e a análise de suas respostas está na Tabela 4.

Tabela 4 - Análise temática para a justificativa da implementação da QV no Ensino Básico, de acordo com o pré-teste da turma de 2019

CATEGORIA	TEMAS, UNIDADES DE SIGNIFICAÇÃO OU COMPONENTES	EXEMPLOS	FREQUÊNCIA																	TOTAL DA CATEGORIA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Química Orgânica	Relaciona com a Química Orgânica	"Em Química Orgânica"			X			X													3
		"Abordando polímeros"															X				
Conscientização ambiental	Discussão contextualizada com o meio ambiente	"Educação ambiental"												X							4
		"Debates, projetos"												X	X	X					
Mudança nas aulas de laboratório	Relação com práticas experimentais	"Modificando as aulas práticas, reaproveitando rejeito ou sem rejeito"				X															2
		"Formas mais limpas de fazer reações"						X													

Fonte: elaboração própria.

A partir das respostas fornecidas, foi possível chegar a 3 categorias. A primeira delas é que este conceito pode ser trabalhado diretamente em Química Orgânica, mostrando aos alunos processos reacionais mais limpos do que os convencionais, ou a partir da abordagem do conteúdo de polímeros.

É interessante pontuar que essa justificativa foi dada pelos 3 cursistas que vivenciaram isto na graduação, através da eletiva já mencionada anteriormente, lecionada pela professora de Química Orgânica. Ou seja, as discentes julgam ser possível explorar a Química Verde no Ensino Básico, desde que seja da mesma forma que elas já vivenciaram na graduação. Esse movimento é comum, já que “na essência, os professores de ensino médio tendem a manter as mesmas concepções da ciência química que lhes foi passada na universidade” (MALDANER, 1999, p. 290).

Apesar de evidenciar uma visão restritiva sobre QV, é importante considerar que esses cursistas recorreram ao que apreenderam durante suas formações para justificar uma possível abordagem no Ensino Básico. Dessa forma, é fundamental que essa corrente esteja presente nos processos de formação de professores para que consiga ser levada aos anos iniciais de ensino e aprendizagem. Não menos importante, é valoroso que a QV seja trabalhada de forma abrangente, com a amplitude de conceitos que engloba.

Outra categoria presente na resposta de 3 cursistas, foi a intitulada “Conscientização ambiental”, na qual os componentes remeteram à educação ambiental, através de debates que contextualizassem, além de projetos

extracurriculares que fizessem a comunidade escolar se conscientizar da importância que é a mudança de hábitos perante o meio ambiente. O que chama a atenção nesta justificativa são os projetos extracurriculares, sendo uma opção viável e interessante para a implementação, e a melhor maneira para não atrapalhar o sequenciamento do conteúdo programático já previsto.

No entanto, a falta de tempo hábil (dentro e fora de sala de aula) para fazer qualquer coisa diferente do previsto pelas escolas é algo que aflige muitos professores, e foi uma das justificativas de outros colegas para que a alternativa de projetos extracurriculares não fosse viável. Ou seja, essa ideia dividiu a turma em opiniões divergentes, já que o fator tempo foi considerado um problema para uns e não para outros.

A última categoria criada na análise das respostas diz respeito à mudança nas aulas de laboratório, já que foca em reaproveitamento de rejeitos e formas mais limpas de executar as reações. Este ponto é interessante, pois contrapõe exatamente uma das justificativas dadas por outros cursistas para a não implementação da QV. De fato, não são todos os colégios que conseguem desfrutar desta possibilidade devido a inúmeros fatores, sejam eles estruturais ou financeiros.

Seria interessante que todos tivessem acesso às aulas experimentais, e, com isso, pudesse ser realmente aplicado conceitos da QV atrelados à experimentação. No entanto, é importante dizer que, para os colégios que possuem essa estrutura, tratar resíduos e estudar reações para que sejam mais verdes é uma opção viável e que ajudaria na implementação desta filosofia.

Com o fim da disciplina, o questionário foi reaplicado e, além do primeiro dado obtido no gráfico já exposto anteriormente (Gráfico 2), onde 100% dos cursistas tiveram o posicionamento positivo para a exploração da QV no Ensino Básico, pode-se observar na Tabela 5 a análise temática para as justificativas desse posicionamento unânime.

Tabela 5 - Análise temática para a justificativa da implementação da QV no Ensino Médio, de acordo com o pós-teste da turma de 2019

CATEGORIA	TEMAS, UNIDADES DE SIGNIFICAÇÃO OU COMPONENTES	EXEMPLOS	FREQUÊNCIA																	TOTAL DA CATEGORIA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
CTS	Conscientização socioambiental	"Contextualizando e levando para a sala de aula situações relacionadas ao ambiente que tragam consciência ao aluno"	X			X			X						X	X			X		22
		"Contextualizando os conteúdos específicos com aspectos sociais e ambientais para conscientizar"		X						X			X	X							
		"Conscientizar e trazer a importância de cada um nas decisões da sociedade"			X			X												X	
	Responsabilidade social	"Discutindo a responsabilidade social dos estudantes e suas famílias"					X						X		X						
	Técnicas didáticas	"Usando diversas metodologias, como as alternativas, e técnicas como a controvérsia"										X					X	X	X		
	Abordagem	"Se utilizando da abordagem CTS"							X					X							
Conceitos de QV	Conceitos gerais trabalhados em sala de aula	"Com conceitos como pegadas ecológicas, R's da sustentabilidade em diversos conteúdos químicos"		X	X		X	X				X		X							11
		"Métricas ou conceitos teóricos"				X											X			X	
		"Métricas, sendo que não precisa fazer a prática pra saber o que fazer para esverdear"						X			X										

Fonte: elaboração própria.

A partir da Tabela 5, é possível notar que as 18 respostas foram desmembradas em apenas 2 grandes categorias: CTS e Conceitos de QV. Apesar desse número diminuto, é importante mencionar que 13 dos 18 respondentes apresentaram mais de um tema em suas justificativas, o que demonstra que eles não vislumbraram só uma alternativa para a abordagem da QV no Ensino Básico.

Além disso, vale a pena observar que, dos 11 cursistas que inicialmente disseram não ser possível trabalhar com QV, 7 deles estão no grupo que trouxe mais de um tema em suas respostas. Isso demonstra que a disciplina contribuiu não só para que contemplassem a abordagem, mas também para que a idealizassem de maneira ampliada.

A categoria que apresentou maior número de unidades de significação foi a intitulada “CTS”, englobando 4 temas distintos. O primeiro deles foi a conscientização socioambiental, seja a partir da contextualização relacionada a aspectos sociais, ou através da discussão sobre a importância individual no processo de tomada de decisões que envolvem o meio ambiente. Esse componente é extremamente importante, e dialoga diretamente com o de responsabilidade social, não deixando a comunidade escolar alheia ao processo.

Ambos vão de encontro ao ensino de Química meramente conteudista, que não faz sentido para o estudante, e corroboram com a formação de cidadãos aptos a

participarem ativamente e de maneira crítica frente a questões sociais (SANTOS; MORTIMER, 2002; ACEVEDO DÍAZ; VÁZQUEZ; MANASSERO, 2001; BATISTA; VIANNA, 2022).

Os outros dois componentes dessa categoria diz respeito ao que se apropriar para traballhar a QV, seja como abordagem, seja como técnica didática. É importante pontuar que as técnicas e metodologias que apareceram foram todas, pelo menos, mencionadas ao longo das aulas da disciplina. Por certo, a abordagem CTS é um caminho que favorece a integração do ensino de Química com o desenvolvimento científico-tecnológico (SANDRI; FILHO, 2016; CARNEIRO; MOURA, 2018; COSTA, 2011).

A outra categoria que foi abordada pelos respondentes apontou conceitos de QV que haviam sido trabalhados ao longo da disciplina, como as pegadas ecológicas, a dinâmica dos R's, *chemical leasing*, economia circular e avaliação do ciclo de vida. Citar esses conceitos específicos é importante porque demonstra que os discentes tiveram facilidade em correlacioná-los com conteúdos programáticos do Ensino Básico e, assim, podem aplicá-los com facilidade.

Um ponto interessante de destacar é a menção à utilização das métricas holísticas. É sempre válido reforçar o fato de que nem todos os colégios possuem aulas experimentais e que alguns cursistas acharam esse conceito mais difícil de chegar aos seus alunos justificando, talvez, o motivo para ser menos frequente nas justificativas. No entanto, é válido apontar que dois cursistas indicaram que seria interessante a utilização de métricas para comparar processos reacionais, mesmo que eles não sejam executados pelos alunos, já que podem ser teóricos. Dessa maneira, poderiam apenas propor experimentos mais verdes, tendo a ciência de que modificações podem ser feitas em prol do esverdeamento.

É possível observar, então, que, antes da disciplina, apenas 3 cursistas tiveram contato com esta corrente em suas formações iniciais, sendo estritamente experimental, o que acarretou em uma visão reduzida da QV por parte de todos os cursistas. Ao final da disciplina, percebeu-se que todos ampliaram suas concepções acerca deste conceito, vislumbrando alternativas para o trabalho dele no Ensino Básico.

A partir dos resultados expostos, entende-se que a disciplina conseguiu atingir seu objetivo inicial que era explorar conceitos e abordagens de QV que pudessem ser

abordados no Ensino Básico. Formar professores que trabalhem essa corrente é importante para que a consciência e responsabilidade de cada estudante e suas famílias sejam fomentadas desde cedo e o processo de ensino-aprendizagem se torne mais prazeroso.

Ainda assim, é preciso verificar se as concepções que os cursistas traziam acerca da tríade CTS se modificaram também ou não. Para isso, a análise dos testes do PIEARCTS encontra-se descrita no próximo item.

6.4. Análise dos testes do PIEARCTS da turma de 2019

A partir das médias de referências obtidas pela pesquisa previamente citada na fundamentação teórica, bem como as médias dos pré-testes e pós-testes aplicados no curso, montou-se o Quadro 16. A primeira coluna deste Quadro representa o assunto da questão que foi respondida, seguido das médias obtidas na aplicação do PIEARCTS na amostra geral na segunda coluna; já a média do pré-teste encontra-se na terceira coluna, enquanto na quarta coluna, a média do pós-teste para cada questão. Além dessas, a quinta e a sexta colunas apontam se houve melhora (SIM ou NÃO) entre os pré-testes e pós-testes, no caso da quinta coluna, e entre a média global e os resultados de pós-teste. A fim de resumir os resultados, adicionou-se, ao final do Quadro 15, as médias de cada coluna, exceto a de questões, para que fosse possível fazer uma comparação geral da turma de 2019.

Quadro 16 – Resultados do PIEARCTS 2019

Questão	Médias da amostra geral	Média pré-teste	Média pós-teste	Melhora entre os testes	Melhora entre teste e média global
20141 - Influência do governo	0,247	0,337	0,392	SIM	SIM
30111 - Interações CTS	0,326	0,475	0,651	SIM	SIM
40161 - Responsabilidade social (contaminação)	0,340	0,360	0,447	SIM	SIM
40221 - Decisões morais	0,191	0,132	0,194	SIM	SIM
40531 - Bem estar social	-0,123	-0,061	0,160	SIM	SIM
80131 - Decisões tecnológicas	0,011	0,138	0,261	SIM	SIM
20511 - Instituições educativas	0,242	0,211	0,361	SIM	SIM
40131 - Responsabilidade social (informação)	0,223	0,277	0,310	SIM	SIM
40211 - Decisões sociais	-0,028	-0,180	-0,071	SIM	NÃO
40421 - Resolução de problemas	-0,163	-0,328	-0,280	SIM	NÃO
Média	0,127	0,136	0,243	SIM	SIM

Fonte: elaboração própria.

Como pode ser observado no Quadro 16, foi unânime a melhora entre as médias dos pré-testes e dos testes finais. No entanto, para que haja aprendizagem significativa, os critérios adotados internacionalmente definem que é necessária uma mudança de 0,100 pontos nas médias finais gerais, enquanto, individualmente, é necessária uma modificação de 0,200 pontos (BENNÁSSAR et al, 2010). Dessa forma, é preciso analisar a média de cada questão separadamente para entender se houve ou não uma aprendizagem por parte dos respondentes.

Não obstante, é importante analisar de forma geral, inicialmente, e comprovar que, a partir dos resultados obtidos, a disciplina obteve êxito em sua primeira aplicação já que a média geral aumentou 0,107 pontos entre os testes inicial e final, enquanto, em relação à média da amostra geral aumentou 0,116 pontos, mostrando que em ambos os casos houve alteração significativa de aprendizagem de acordo com os critérios internacionais.

Além disso, é válido ressaltar que apenas duas questões não tiveram melhora em relação à média global e isso será analisado posteriormente. O gráfico 3 ilustra o comportamento de melhora das dez questões respondidas pelos componentes da pesquisa tanto no pré-teste (linha azul tracejada) quanto nos testes finais (linha laranja pontilhada).

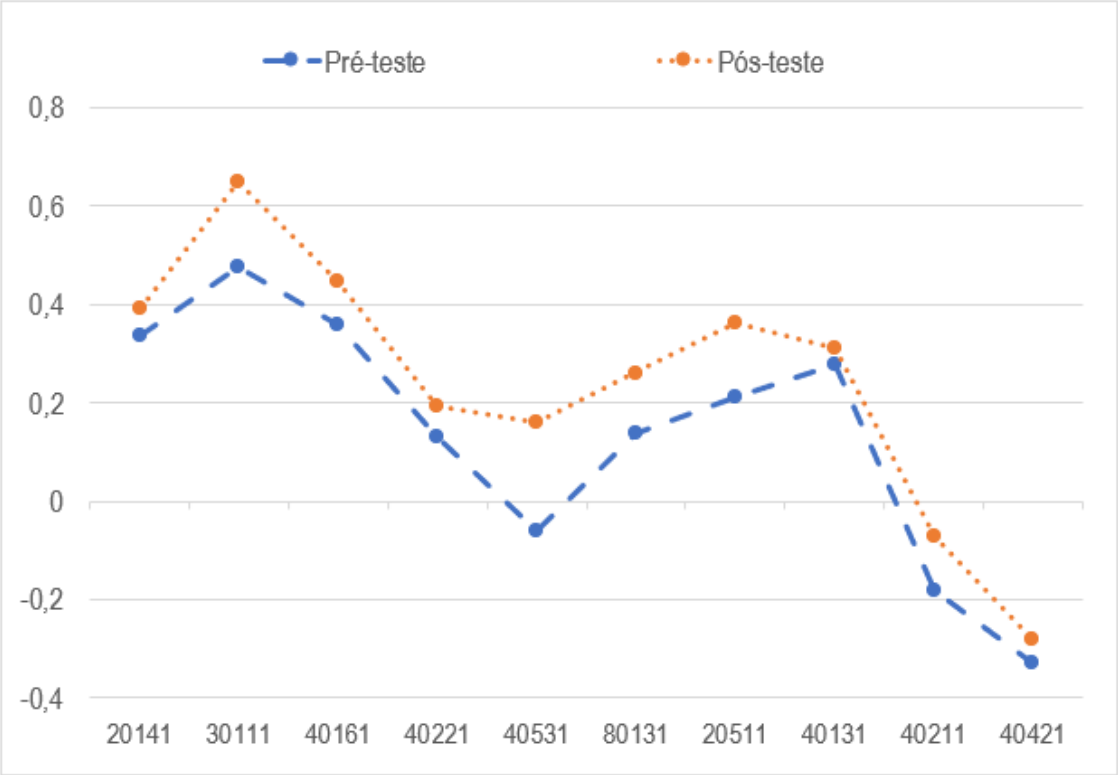


Gráfico 3 – Resultado das questões do PIEARCTS
Fonte: elaboração própria.

Para uma análise mais detalhada do comportamento destas questões, selecionaram-se aquelas que apresentaram diferença no índice atitudinal acima de 0,100 pontos entre os testes final e inicial, totalizando cinco questões (40531, 30111, 20511, 80131 e 40211) a fim de entender o que foi apontado pelos discentes como ingênuo, plausível e/ou adequado. Além dessas, serão discutidas as duas questões que se distanciaram da média global (40211 e 40421) e o fato de, mesmo tendo se afastado da média, uma dessas questões ser a que teve uma mudança significativa. Segue abaixo estas análises:

40531 – Bem-estar social: Esta questão aborda a relação direta da tecnologia com o aumento da qualidade de vida do país e, inicialmente, obteve uma média de índice atitudinal negativa (-0,061), o que representava uma aproximação de uma visão ingênua acerca desta relação, mas já era superior à média global. Após o teste final, esta média se tornou positiva (0,160) e, apesar de não ser o maior valor dentre as médias finais, foi a que apresentou a maior variação entre os dois testes (0,221 pontos) e a segunda maior diferença entre a média final e a média global (0,283 pontos), o que caracteriza maior mudança no pensamento dos respondentes. Em

relação às frases que tiveram maior desacordo por entenderem que são ingênuas (e realmente serem) foram:

- Sim, porque a tecnologia sempre melhorou o nível de vida e não há razão para que o não faça agora.

- Sim, porque a tecnologia cria trabalho e prosperidade. A tecnologia ajuda a tornar a vida mais agradável, mais eficiente e mais divertida.

Enquanto as frases que obtiveram maior acordo e, de fato são consideradas adequadas, dos componentes da pesquisa foram:

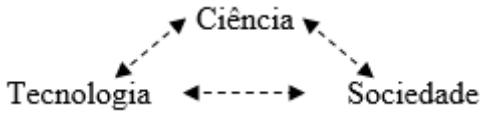
- Sim, mas só para aqueles que a podem usar. Mais tecnologia destruirá postos de trabalho e fará com que haja mais gente abaixo da linha de pobreza.

- Sim e não. Mais tecnologia tornaria a vida mais agradável e mais eficiente, MAS também causaria mais contaminação, desemprego e outros problemas. O nível de vida pode melhorar, mas a qualidade de vida pode não melhorar.

30111 – Interações CTS: Esta foi uma questão que, inicialmente, alguns discentes não tinham entendido como responder por não ser uma frase, mas sim, um esquema. Houve uma explicação breve sobre o que a questão estava pedindo (identificar de que forma os respondentes achavam que ciência, tecnologia e sociedade se relacionavam; se um implicava diretamente no outro ou não e se era linear ou havia troca, além da diferença entre as setas que estavam relacionando os três) e, foi interessante observar que, durante as aulas, vários discentes apontaram que tinham respondido de maneira equivocada porque todos se relacionavam de maneira bilateral e não como já haviam colocado. Isso pode ser refletido diretamente no resultado, o qual obteve a maior média final (0,651) dentre as dez questões e a maior diferença entre a média final e a média global (0,325 pontos). No entanto, como a média do pré-teste já havia sido elevada, obteve-se a segunda maior diferença entre os testes (0,176 pontos).

O esquema proposto que obteve a maior média e foi considerado o mais adequado para a turma foi o da letra E, representado pelo esquema que apresenta apenas relações bilaterais e onde toda a tríade se relaciona entre si (Figura 17):

Figura 17 – Esquema da questão 30111 do PIEARCTS



Fonte: PIEARCTS, FORMA 1

Em contraponto ao adequado, os esquemas que foram considerados os mais ingênuos, foram os propostos pelas letras A, B e G, expostos abaixo:

A) Ciência ⟶ Tecnologia ⟶ Sociedade

B) Tecnologia ⟶ Ciência ⟶ Sociedade

G) Ciência ⟷ Tecnologia

Sociedade

20511 – Instituições educativas: Esta questão apresenta a quarta maior média final (0,361) e a terceira maior diferença entre as médias finais e iniciais (0,150 pontos). Além disso, a diferença entre o pós-teste e a média global foi de 0,119 pontos, sendo a quinta maior dentre as dez.

A questão relaciona o êxito da ciência e da tecnologia diretamente com a existência de bons cientistas, técnicos e engenheiros. A partir disso, justifica que para isso existir, é necessário que as escolas foquem mais no estudo de ciências e fornece justificativas para que os alunos estudem ou não mais ciências em seus colégios.

A única frase considerada adequada e que justifica que os alunos precisam ter mais aulas de ciências na escola foi:

- Deve fomentar-se (incentivar) que os estudantes estudem mais ciências, mas um tipo diferente de cursos de ciências. Devem aprender como a ciência e a tecnologia afetam as suas vidas diárias.

Em contrapartida, três frases foram consideradas as mais ingênuas, obtiveram maior grau de desacordo por parte dos respondentes e são justificativas para que não estudem mais ciências nas escolas. São elas:

- Porque não funcionará. Algumas pessoas não gostam da ciência. Forçar-lhes o estudo, será perder tempo e afastá-los-á da ciência (vai afastá-los da ciência).

- Porque nem todos os alunos podem compreender a ciência, apesar de que isso os ajudaria nas suas vidas.

- Porque nem todos os alunos podem compreender a ciência. A ciência não é realmente necessária para todos.

80131 – Decisões tecnológicas: A questão obteve a quarta maior diferença entre o pré-teste o pós-teste (0,123 pontos) e a terceira maior entre a média final e a média global (0,250 pontos). Além disso, possui a sexta maior média final (0,261) dentre as dez questões escolhidas para serem respondidas.

Esta questão aborda a colocação em prática de novas tecnologias desenvolvidas e que essa escolha depende diretamente das vantagens que elas trazem para a sociedade sendo melhores quando comparadas às desvantagens. Em seguida, traz proposições que discutem essa afirmativa, sendo que as duas consideradas mais adequadas tanto para os respondentes da pesquisa quanto para os peritos juízes foram:

- A decisão depende de algo mais do que só as vantagens ou desvantagens da tecnologia. Depende do bom funcionamento, do seu custo e da sua eficiência.

- Muitas tecnologias novas puseram-se em funcionamento para ganhar dinheiro ou alcançar poder, ainda que as suas desvantagens fossem maiores que as suas vantagens.

Enquanto isso, a frase que possuiu maior desacordo por parte dos discentes foi:

- A decisão de usar uma nova tecnologia depende principalmente dos benefícios para a sociedade, porque se há demasiadas desvantagens, a sociedade não a aceitará e essa pode travar o seu desenvolvimento posterior.

É importante pontuar que mesmo sendo uma frase com certo grau de desacordo, o índice dessa frase, mesmo depois da melhora considerável da turma ainda se aproximou mais da categoria ingênua, ou seja, alguns discentes ainda atribuíram graus de concordância a uma frase que é considerada ingênua. No entanto, como houve uma melhora considerável, é válido pontuar.

40211 – Decisões sociais: Esta foi a quinta questão com maior diferença entre os testes final e inicial (0,109 pontos), mas, apesar disso, não conseguiu superar a

média global, sendo uma das duas que não alcançaram esta média. Além disso, é importante pontuar que foi uma das questões que obteve média final negativa.

É uma questão que aponta que os cargos mais importantes perante a ciência (cientistas e engenheiros) devam ser os únicos a tomarem a decisão sobre assuntos científicos porque são as pessoas que mais conhecem sobre estes assuntos no país. Em seguida, as frases são propostas para discutir sobre esta sentença que introduziu o assunto.

A respeito dos resultados, é interessante apontar que:

- A frase “a decisão deveria ser tomada de maneira partilhada. As opiniões dos cientistas e engenheiros, outros especialistas e os cidadãos informados deveriam ser tidas em conta nas decisões que afetam a nossa sociedade” foi a que teve maior concordância entre os participantes, sendo que ela é considerada adequada, ou seja, o índice atitudinal foi alto;

- A frase “porque têm o conhecimento e podem tomar melhores decisões que os burocratas do governo ou as empresas privadas, que têm interesses criados” teve alguma concordância por parte dos respondentes, sendo que ela é considerada uma frase ingênua, já que justifica que as decisões devam ser tomadas apenas por quem for instruído academicamente no assunto, apresentando assim, um índice negativo;

As demais frases tiveram um aumento em relação aos índices atitudinais, mas não foram suficientes para superarem a média global, considerada baixa, talvez por trazer conceitos ainda enraizados na sociedade, onde as pessoas que devem tomar decisões são aquelas com alguma relevância na mesma área que se está discutindo e não a partir da opinião de todos os envolvidos na decisão.

40421 – Resolução de problemas: O resultado desta questão não está dentro das maiores diferenças, mas ela foi separada para discussão por não ter conseguido alcançar a média global, apesar de ter apresentado uma leve melhora do teste final para o inicial.

O tema da questão é a resolução de problemas práticos da vida cotidiana (como cozinhar, tirar um carro de uma zona de gelo etc.) a partir do que se tem de conhecimento de ciências e tecnologia aprendidos nas aulas de ciências como pensamento sistemático, como por exemplo, formular hipóteses, recolher dados, ser

lógico. A partir desta proposição, são feitas afirmações que justificam o fato de usar os conhecimentos de ciências e tecnologia apreendidos em aulas ou não.

Sobre os resultados, é possível analisar que:

- A frase “as ideias e fatos que aprendi nas aulas de ciências por vezes ajudam-me a resolver problemas ou a tomar decisões sobre coisas como cozinhar, não adoecer ou explicar uma ampla variedade de fenômenos físicos (por exemplo, o trovão ou as estrelas)” foi a frase com maior índice de concordância e, por ser considerada adequada, obteve um índice atitudinal bastante elevado;

- As frases “biologia, química, geologia e física não se apresentam práticas para mim. Tratam detalhes teóricos e técnicos que têm pouco a ver com o meu mundo de cada dia” e “os meus problemas cotidianos são resolvidos pela minha experiência passada ou por conhecimentos que não estão relacionados com a ciência e a tecnologia” foram as que tiveram os piores índices atitudinais. A primeira é considerada plausível, mas teve grande discordância por parte dos discentes, que acreditam, ainda, que as disciplinas de ciências trazem subsídios para a resolução de problemas. Já a segunda foi julgada como adequada e teve grande discordância também por parte dos respondentes. Isso mostra que há um enraizamento no sistema de ensino que denota grande responsabilidade e um perfil salvacionista para a ciência, no qual os problemas práticos do cotidiano conseguem ser resolvidos apenas pelos conteúdos apreendidos e excluindo as experiências de vida.

6.5. Análise das autoavaliações

O questionário de autoavaliação foi enviado de maneira virtual, via *e-mail*, para todos os componentes que participaram da disciplina durante os três meses de execução, junto com o arquivo que continha todas as informações sobre os questionários do PIEARCTS e seus resultados.

Pediu-se, então, que os discentes comparassem seus resultados inicial e final, observando se houve ou não melhora nos mesmos. Além disso, foi questionado aos respondentes se eles perceberam mudança de pensamento entre os momentos de resposta, apontando, caso positivo, os motivos que os levaram a essa modificação conceitual. A ideia era saber como os cursistas se sentiam após a disciplina,

independente de melhora ou manutenção de resultado, em relação às concepções que traziam e que foram discutidas ao longo do curso.

Como o questionário foi enviado de maneira remota e após o término das aulas, dois componentes da pesquisa não sinalizaram recebimento do e-mail e, por isso não responderam à autoavaliação, sendo excluídos do universo de pesquisa apenas para esse item de avaliação. Dessa forma, a fim de contabilizar os questionários respondidos, a pesquisa contou com um total de 16 participantes.

De maneira semelhante à metodologia utilizada para os questionários de QV, as respostas foram lidas e divididas em temas que eram apontados, com o objetivo de contabilizar a frequência com a qual essas unidades apareciam. Os resultados estão expostos na Tabela 6.

Tabela 6 – Análise das autoavaliações da turma de 2019

CATEGORIA	TEMAS, UNIDADES DE SIGNIFICAÇÃO OU COMPONENTES	EXEMPLOS	FREQUÊNCIA																	TOTAL DA CATEGORIA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Aulas da disciplina	Participação na aula	"Muita troca de experiência"	X			X			X						X		X				32
		"Discussões da disciplina"	X			X		X		X	X	X	X	X				X		X	
	Conteúdos e leituras	"Conceitos de QV"	X			X						X					X			X	
		"Textos relacionados a CTS"		X		X			X	X			X	X			X				
	Dinâmicas executadas	"Dinâmicas da controvérsia e dilemas"			X					X		X		X			X				
Superação	Ideias ingênuas e mitos da ciência	"Percepções ingênuas anteriores"		X				X	X	X		X			X			X			12
		"Superação de mitos como a neutralidade da ciência"								X	X			X				X		X	
PIEARCTS	Análise do PIEARCTS	"Dificuldade em analisar o PIEARCTS inicialmente"		X				X			X				X					X	5
Prática docente	Percepção de mudança na prática	"Aplicação do que foi trabalhado na disciplina na prática docente"			X								X		X			X		X	5
Negação	Ausência de mudança	"Não consegui perceber mudança"																	X		1

Fonte: elaboração própria.

A partir da Tabela 6, pode-se estabelecer algumas observações importantes. Dos 16 respondentes, 15 confirmaram haver modificação em seus pensamentos antes e depois da disciplina, independente de melhora ou manutenção dos resultados. Independente dos motivos que deram, este fato é relevante, pois mostra que a disciplina foi capaz de, não só inserir conceitos novos como os discutidos em QV e CTS, mas também de fomentar reflexões necessárias à modificação de pensamento dos cursistas.

Em contraste ao apontado anteriormente, apenas um membro da pesquisa julgou não haver mudança de pensamento antes e depois da disciplina, justificando ser pouco tempo para modificar o que já trazia de bagagem e acreditando ser correto

o que tinha de pensamento inicial. É interessante pontuar que o cursista apresentou uma mudança em seu questionário PIEARCTS de 0,211 pontos, o que é considerado acima do limite (0,200 pontos) para uma modificação conceitual por parte dos peritos juízes internacionais. Dessa forma, entende-se que esta mudança pode não ter sido sensível a ele, mas foi eficaz, pois refletiu em uma melhora considerável no questionário.

As discussões que ocorreram durante o curso foram apontadas em grande parte das respostas, totalizando maior frequência para a categoria “Aulas da disciplina”. Neste tópico, as unidades de significação abordaram os conteúdos abordados, leituras e dinâmicas feitas, além da participação efetiva dos cursistas nas aulas. Muitas das discussões foram iniciadas com exemplos trazidos pelos participantes de suas vivências, o que pode justificar o fato de ter sido o tema com maior relevância dentre os demais dessa categoria.

A segunda categoria da Tabela representa a superação das concepções ingênuas iniciais acerca dos temas trabalhados no questionário, e de alguns mitos relacionados à ciência, e, que a partir do que foi discutido durante a disciplina, foi sendo modificado. Isso é interessante porque não é comum que as pessoas assumam que pensavam de maneira ingênua e que isso foi superado a partir de algumas discussões e leituras. Logo, estes foram pontos importantes para o resultado da pesquisa, pois reflete que alguns dos objetivos iniciais foram atingidos.

A categoria seguinte, intitulada PIEARCTS, demonstra que as modificações nos valores numéricos podem ter acontecido porque, inicialmente, alguns cursistas tiveram dificuldade para entender a metodologia de preenchimento. No entanto, todos eles complementaram suas respostas dizendo que havia concepções ingênuas no primeiro momento do preenchimento e isso foi superado.

Por fim, mas talvez o mais importante, a aplicação do que foi trabalhado na disciplina motivou os cursistas a observarem uma mudança na prática docente deles, que designou a categoria “Prática Docente”. Em contato posterior com alguns desses respondentes, eles disseram que mesmo sem tempo de conseguir fugir do conteúdo, a maioria de suas aulas vem sendo com um viés mais crítico acerca dos aspectos sociais que envolvem o meio ambiente e o ensino de Química. Com essa fala, é possível entender que a disciplina agiu como facilitadora para que o comportamento docente de, pelo menos, alguns dos cursistas fosse ampliado para um olhar crítico-reflexivo (MARCELINO, 2020).

7. A segunda intervenção

A turma da segunda intervenção teve início em março de 2020, mas, devido à pandemia de COVID-19, ela foi interrompida antes mesmo que os discentes tivessem a primeira aula da primeira disciplina. No período entre março e setembro, as aulas se mantiveram suspensas, pois não era sabido se todos conseguiriam ter acesso remoto e se suas franquias de dados seriam suficientes para aulas síncronas.

O colégio não retornou presencialmente no ano de 2021 e, por isso, ficou acordado em colegiado que as aulas retornariam de maneira remota a partir de setembro, com a obrigatoriedade disciplinar de se utilizar a plataforma Moodle[34] como parte da carga horária, já que foi acordado em Colegiado que não seria indicado que se ficasse as quatro horas previstas em tela.

Dessa forma, as aulas tiveram uma reestruturação: os encontros passaram a ser tanto na quinta-feira, quanto no sábado, para uma mesma disciplina, com duração de uma hora e trinta minutos para cada dia de aula, podendo extrapolar em trinta minutos, o que, somado, representa, em média, a carga horária semanal presencial proposta anteriormente. É importante ressaltar que o número de encontros não foi alterado devido ao calendário proposto em colegiado para contemplar todas as disciplinas.

A segunda intervenção, então, contou com a proposta de dez encontros, além de uma atividade no formato de fórum que foi colocada na plataforma digital, ofertados entre março e abril de 2021. A turma era composta por 18 cursistas, todos oriundos de cursos de graduação de Química, seja bacharel ou licenciatura, sendo nove homens e nove mulheres. No entanto, devido ao aumento de trabalhos pessoais externos ao curso de especialização, somado às tarefas que as disciplinas disponibilizavam e ao tempo de tela que começou a ser muito elevado, 7 deles desistiram antes de chegar o momento da intervenção. Dessa forma, a turma foi composta por onze componentes, sendo seis homens e cinco mulheres.

Uma característica que diferenciava essa turma da primeira intervenção é que menos da metade (cinco) dos cursistas estava trabalhando em sala de aula, enquanto na primeira, a maioria estava atuando como docente. Desses, apenas três

[34] Disponível em https://ead.cp2.g12.br/login/index.php.

trabalhavam em colégios da rede pública, sendo que um era diretor de uma escola do estado do Rio de Janeiro. No início do curso, havia outro cursista que era diretor de escola, mas ele desistiu ao longo das disciplinas, devido aos fatores que já foram apontados.

Diferente também da primeira intervenção, os encontros não tiveram intervalo, por se tratar de aulas mais curtas. Com isso, não foi possível fazer discussões com enfoques diferentes em momentos separados, como foi feito no primeiro ano. A ideia, então, foi organizar os dias por temáticas que pudessem ser debatidas ao longo de uma hora e meia (com a possível extensão de trinta minutos), modificando o que foi apontado pela primeira turma e que teve acordo da docente da disciplina após a reflexão. É válido pontuar que, a todo o momento, a abordagem CTS e os conceitos de QV se mantiveram entrelaçados, ou seja, mesmo que um dia fosse destinado apenas aos conceitos de QV, também era discutida a maneira de se trabalhar com eles no ensino básico, retornando ao CTS a todo tempo. A proposta do cronograma se encontra no Apêndice H.

O que teve maior impacto na mudança do curso foi a troca de grande parte da bibliografia de CTS. Essa proposta foi feita porque os cursistas da primeira turma tiveram grande dificuldade com a leitura dos textos propostos. Dessa forma, a docente optou por manter apenas um capítulo do que estava proposto e escolheu a nova bibliografia com base nos resultados do artigo de ensino de Química e CTS (BOUZON *et al.*, 2018), a fim de que eles pudessem ter acesso às referências mais relevantes para a área que estão pesquisando.

Além dessa mudança, foi proposto que os questionários de pré-teste fossem respondidos antes das aulas da disciplina para que o primeiro encontro não fosse perdido apenas com o preenchimento deles. Para isso, a pesquisadora ocupou parte da última aula da disciplina anterior a sua para explicar aos discentes como era feito o preenchimento e possíveis dúvidas que poderiam surgir ao longo dele. Ao fim da explicação, dois links do Google Formulários[35] foram disponibilizados, sendo um para o pré-teste de QV e um para o PIEARCTS. Esses formulários foram criados gratuitamente e as respostas são geradas em uma planilha que fica armazenada na nuvem de dados da docente responsável.

[35] Disponíveis em https://forms.gle/qL8t4DLEYugXGTsn6 e https://forms.gle/dbJTkeatMjq8hQUQ6.

O que foi mantido da primeira para a segunda turma não será descrito novamente na estrutura metodológica, a fim de que o texto não se alongue, mas os comentários relevantes feitos pelos cursistas serão pontuados.

7.1. O que mudou da primeira intervenção? Como aconteceu?

A partir do que foi feito na primeira intervenção e adequando os conceitos que seriam discutidos no tempo proposto pelo esquema do ensino remoto, a segunda intervenção da disciplina apresentou o seguinte formato metodológico:

- 1° Encontro: Apresentação da disciplina/ Discussão CTS

A primeira mudança, que foi significativa para o esverdeamento da disciplina, foi a execução dos questionários antes do início das aulas, totalmente online, que reduziu consideravelmente a quantidade de papel gasto na primeira aplicação. Como os questionários já haviam sido preenchidos anteriormente, no primeiro encontro foi feita uma apresentação geral sobre a disciplina, o método avaliativo, bem como dos cursistas para um entrosamento com a professora.

Além disso, foi feita uma introdução a respeito do que seria a abordagem CTS, apresentando o mapeamento bibliográfico feito e publicado pela docente a fim de justificar a bibliografia que seria consultada ao longo da disciplina. Em relação ao mapeamento feito, foi pontuado por um cursista a ausência de obras de referência que sejam estrangeiras, já que isso é bastante comum nas diversas áreas da Química e para o ensino se restringiu a apenas uma no idioma espanhol.

Sendo assim, discutiu-se a respeito da dificuldade de compreensão de textos que não se encontram na língua materna, principalmente aqueles que se encontram escritos em inglês e o quanto o acesso ao inglês ainda se mantém elitista. Além disso, foi colocado por outro cursista que os textos em espanhol acabam sendo de mais fácil entendimento por se aproximarem do português e a interpretação se torna também mais fácil, mesmo que não se tenha um curso na área.

Como o primeiro texto (SANTOS; MORTIMER, 2002) já havia sido disponibilizado na plataforma, ouviu-se as impressões dos discentes a respeito dele, e algumas ponderações foram feitas em conjunto:

Um dos cursistas que dá aula em uma escola pública para EJA questionou os colegas em qual nível da abordagem CTS cada um se colocaria. Muitos pontuaram que pouco discutiram sobre isso, ou até mesmo não discutiram, durante suas formações e que, por isso, apresentam dificuldade de proporcionar aulas que se afastam do conteúdo químico formal. O professor do EJA voltou a se colocar dizendo que nessa modalidade de ensino é mais fácil promover discussões que se aproximem da realidade de seus estudantes, por serem mais maduros e já estarem afastados da sala de aula por anos, fazendo com que o considerado tradicional não funcione de forma eficaz, sendo a abordagem CTS um diferencial.

Outra barreira apontada por um cursista foi a respeito da dificuldade de se planejar aulas que sejam contextualizadas historicamente, trazendo novamente a questão da ausência dessas discussões ao longo dos cursos de graduação. Alguns cursistas que fizeram graduação na UFRJ disseram ter tido uma única disciplina que resgatasse algo nesse sentido, mas que era um enfoque pontual.

Após essas discussões, um cursista questionou se era válido realmente fazer alguma ação individual quando, na realidade, o sistema educacional brasileiro vai em uma direção completamente contrária, se assemelhando a um tsunami. A partir de então, outros colegas se colocaram reafirmando a importância das ações individuais e do quanto um professor e sua forma de pensar e agir influencia diretamente na vida dos seus alunos, o que deixou o questionador mais confortável e disposto a mudar sua prática.

A partir do que foi discutido e das impressões gerais a respeito do texto, a turma sinalizou que a leitura foi fácil e fluiu de forma positiva. Essa é uma percepção importante e que contrapõe o ocorrido na primeira turma, quando indicaram uma certa dificuldade para compreensão da bibliografia. Dessa forma, a mudança feita já começou a indicar, desde a primeira aula, sinais de que seria bem aceita pela nova turma.

- 2° Encontro: Conceitos de QV

Neste encontro foi apresentado o histórico da Química Verde a partir dos principais eventos, o conceito de desenvolvimento sustentável, a definição e os princípios da QV, além da apresentação do artigo sobre mapeamento de QV no Brasil, publicado na revista *Amazônica* (BRANDÃO *et al.*, 2018). A sequência didática foi a mesma da primeira intervenção.

Ao se abordar o histórico a partir dos principais eventos e acidentes ocorridos, alguns cursistas se mostraram surpresos de a discussão acerca dos problemas ambientais já ter sido iniciada há mais de 40 anos e, ainda, muitas pessoas e indústrias só se preocuparem por causa da “moda” e dos benefícios que isso pode trazer a elas. Um breve debate foi feito a respeito dessas falas e do que é ser sustentável de fato.

Em seguida, com a definição de desenvolvimento sustentável apresentada, os cursistas que mencionaram em seus pré-testes que a QV prezava pela sustentabilidade foram questionados sobre o que seria, então, uma Química sustentável. Dois não souberam responder enquanto o terceiro disse que seria uma Química menos agressiva ao ambiente, diminuindo os problemas ambientais, sem mencionar os demais pilares do tripé da sustentabilidade. Nesse momento, ficou claro que o conceito de sustentável trazido pelos estudantes em seus pré-testes era raso e não compatível com a complexidade inerente a esta ideia.

Após a discussão sobre Química sustentável, a definição de QV foi apresentada seguida dos princípios propostos por Anastas e Warner. Um cursista, então, pediu a palavra e disse que em seu colégio há um capítulo de apostila do 9° ano do Ensino Fundamental destinado aos princípios da QV e que nenhum professor se sentia à vontade de dar essa aula, porque eles só reproduziam o que estava escrito, sem entender qual era o objetivo por trás desses princípios. Foi questionado, então, qual era a proposta do colégio em colocar um capítulo apenas com os princípios e ele respondeu, então, que era porque a única coisa que já caiu de QV no ENEM foram os doze princípios.

Outro cursista, então, pediu a fala e disse que entende a necessidade de se trabalhar os princípios no ensino básico, mas que imagina ser um conteúdo muito complexo para um discente do Ensino Fundamental, que ainda nem teve contato com o que seria uma reação química e não sabe o que é reagente e produto, quem dirá relacionar o que é tóxico e/ou seguro. O primeiro, então, respondeu dizendo que, apesar desse capítulo ser dado no final do ano e os discentes já saberem o que é uma

reação química, eles não sabem realmente o que significa ser menos tóxico ou mais seguro perante o ambiente, nem fazer escolhas a respeito disso.

A discussão se encaminhou para a complexidade dos princípios e como isso é abordado atualmente no ensino básico baseado, principalmente, nas questões do ENEM que já abordaram esses conceitos. Uma cursista demonstrou uma dificuldade maior de conseguir relacionar o que é exposto nos princípios com o que é lecionado de conteúdo nos currículos e alegou ser esse o motivo de não mencionar a QV ao longo de suas aulas. A maioria da turma convergiu para a ideia de que os princípios seriam mais bem abordados em aulas de laboratório que dessem para os discentes observarem na prática o que está ocorrendo.

- 3° Encontro: Conceitos de QV

A 3ª aula foi destinada para a discussão de economia circular, *chemical leasing* e os conceitos de pegadas (que inicialmente estavam na aula seguinte, mas na reorganização do tempo e da disciplina, se encaixaram melhor nesta). A metodologia foi a mesma utilizada no primeiro ano, apenas com a diferença do rearranjo dos temas, mas mantendo o que foi trabalhado dentro de cada tema.

Um cursista pontuou que nunca havia se dado conta que a QV abrangia tantos conceitos importantes, que não chegam aos alunos em formação, e que poderiam ser discutidos em diversos momentos do conteúdo químico previsto nos currículos. Já outra colega disse que o único conceito que já havia tido contato com essas denominações foi, na feira de ciências de sua escola, quando um grupo de alunos apresentou um trabalho sobre pegadas, mas relacionado à Biologia, e que nunca imaginou que esse conceito poderia ser inserido em uma aula de funções inorgânicas, separação de misturas, eletroquímica ou polímeros, por exemplo.

Outro cursista apontou a importância de não se banalizar nem romantizar o que está por trás da economia circular, como os R’s da sustentabilidade. Ele disse que isso sempre foi ensinado nas aulas de ciências e que, da forma como é lecionado, os alunos tendem a achar que tudo deve ser reciclado, enquanto o que foi apresentado é que a reciclagem é a última oportunidade que se dá aos produtos, justamente por ser mais difícil de ser feita.

Outro momento importante foi a discussão a respeito do *leasing* de produtos, não só químicos, mas do que já é feito atualmente e muitos estudantes usufruem dessa filosofia sem entender qual é o objetivo por trás da proposta. Quando o *leasing* de produtos químicos foi discutido, nenhum cursista disse conhecer o que seria esse conceito e uma mencionou que as escolas já poderiam estar se utilizando dessa ideia para evitar a quantidade de produtos comprados para limpeza e, consequentemente, resíduos gerados.

- 4° Encontro: Conceitos de QV

Neste encontro foram discutidos os seguintes conceitos: produção mais limpa, avaliação do ciclo de vida dos produtos, biomassa e segurança química, que foram trabalhados da mesma maneira que a 1ª turma.

A discussão foi mais acalorada quando os tópicos Avaliação do Ciclo de Vida e Segurança Química foram abordados. O primeiro deles gerou surpresa quando a dinâmica da sacola de papel X sacola de plástico foi feita e a discussão se encaminhou para a importância de as pessoas entenderem todos os fatores envolvidos em uma escolha de produto. Um cursista chegou a pontuar que a mídia induz a população ao consumo de produtos que são mais favoráveis à economia e não levam em consideração todo o ciclo de vida que está envolvido.

Além desse apontamento, outro cursista ressaltou o interesse que está por trás de cada escolha de produto, independente do ciclo de vida. Sendo assim, discutiu-se a respeito da subjetividade do ciclo de vida e dos interesses que perpassam todos os setores, inclusive a ciência, fazendo um paralelo com o movimento CTS.

Dessa forma, outro colega pontuou que é importante que os docentes tenham essa transparência na hora de lecionar para que não formem discentes que encaram o processo educacional e seus conteúdos como neutros e acabados. Essa fala foi interessante porque remeteu ao que havia sido discutido na primeira aula e demonstrou que a leitura dos textos propostos com viés CTS estava sendo feita, mesmo que o foco naquele momento fossem os conceitos de QV.

Em relação à segurança química, dois cursistas se mostraram indignados com a falta de discussão acerca dessa questão e da cultura que envolve, principalmente, os procedimentos experimentais. Um deles nunca deu aula para o ensino básico, mas

destacou que, mesmo fazendo um curso de Química na graduação, nunca teve contato com todos os pilares que sustentam a segurança, seja em sala de aula ou dentro de um laboratório. Os demais componentes da turma concordaram e um colega corroborou dizendo que é impossível implementar essa filosofia nas escolas, porque a comunidade escolar não está preocupada com o que é feito da porta para dentro.

Nesse sentido, o outro estudante que estava inconformado com o que foi apresentado pela professora pediu a fala e disse que a culpa caso ocorra algum acidente em sala de aula e/ou laboratório é sempre do professor, e que essa filosofia de “caça às bruxas” para se determinar um culpado desanima a execução de práticas laboratoriais e, consequentemente, empobrece o ensino de Química.

Houve, então, uma concordância em massa com a fala do colega, e outro cursista apontou que em seu colégio há professores que fazem práticas em sala de aula, sem se preocuparem com o que pode acontecer e com o que a legislação permite. Ainda assim, esses docentes são ovacionados pela comunidade escolar porque levam experimentos que mudam de cor, saem fumaça, e são denominadas “aulas show”, hipnotizando os alunos, sem abordar o real sentido da experimentação, o que desmotiva os professores que vão à contramão dessa filosofia.

Concluindo a aula, foi consenso que a filosofia da segurança química precisa ser incorporada aos poucos nos colégios, partindo dos professores responsáveis pelas disciplinas práticas, e conscientizando a comunidade escolar de que a segurança é responsabilidade de todos, e não deve ser vista como algo extraordinário para os laboratórios, o que acaba sendo comum.

- 5° Encontro: Métricas holísticas

Assim como no primeiro ano, a docente externa foi convidada para lecionar a aula de métricas, a fim de que isso não fosse um diferencial que pudesse impactar nos resultados. No entanto, ela precisou adequar o formato de sua aula ao remoto, excluindo as dinâmicas feitas presencialmente por causa do tempo escasso. Dessa forma, ela apresentou os conceitos das diversas métricas, como na aplicação anterior, levando o foco para as métricas holísticas (quadro verde, matriz verde, círculo verde e estrela verde), deixando a atividade de simular uma matriz e confeccionar a estrela como uma atividade optativa para depois da aula.

Ao apresentar a metodologia do círculo verde, um cursista questionou a professora se ter um experimento com o círculo 100% verde seria considerado utópico. Em resposta, mostrou que a simplicidade de um experimento tende a ter círculos mais verdes, mas que se afastam do que é feito geralmente nas aulas ou procedimentos experimentais.

Outro colega de turma ainda questionou se, para essa metodologia, todos os princípios são considerados iguais, ou seja, possuem o mesmo valor, não sendo possível favorecer um em detrimento do outro. A docente pontuou que não é possível beneficiar um princípio ou outro, que seria subjetivo e de acordo com o interesse pessoal de quem estivesse executando a prática. Por isso, essa é considerada uma das limitações do círculo.

Além dessas ponderações, ao ser apresentada a matriz verde em relação às oportunidades, o mesmo cursista que questionou a respeito da utopia do círculo, informou que durante a sua graduação, várias sínteses foram feitas, inclusive a do corante proposta pela professora convidada ao longo da explanação. No entanto, durante a sua graduação os resíduos foram descartados na pia, sem grande preocupação com quantidade de resíduo em relação ao produto que realmente importava e o que estava sendo lançado de fato. Pontuou, ainda, que essa cultura do olhar verde para experimentos também deve ser introduzida nas universidades para que todos sejam formados com esse viés.

A docente concordou com o cursista e disse que as pesquisas estão sendo direcionadas nesse sentido. Em seguida, ela concluiu a aula apresentando a métrica da estrela verde, sendo considerada a mais completa e complexa pela turma.

- 6° Encontro: CTS e o ensino

Além dos textos que abordam a dinâmica do PIEARCTS, este foi o único encontro relacionado à CTS que se manteve da primeira para a segunda turma, visto a especificidade dele e a importância de termos que são essenciais para o entendimento da abordagem CTS. Houve uma discussão intensa a respeito dos termos, níveis de ensino pautados no CTS e, ainda, autocríticas a respeito das práticas de ensino dos discentes.

Logo no início da aula, um cursista disse da importância de favorecer condições para que o aluno desenvolva uma cultura de criticidade no que se refere à ciência de forma natural nas aulas, ou até mesmo a partir de discussões pontuais. Além disso, outros pontos foram levantados ao longo da aula e são importantes para destaque.

Um dos cursistas apontou que achou interessante a diferenciação entre cotidianização e contextualização, mostrando que muitos fazem a introdução no início da aula como se fosse contextualizar o tema e, na verdade, não executam isso. Discutiu-se, então, sobre a dificuldade de se contextualizar e a necessidade da visão interdisciplinar, o que dificulta as ações principalmente por conta de nossa formação estritamente disciplinar, e os próprios alunos demonstram estranheza quando uma atitude nesse sentido é feita.

Logo após, uma cursista colocou que a desvalorização e a parte financeira do colégio particular abafam muito essa vontade de fazer diferente, mas que ao longo das aulas e das discussões trazidas pelos demais colegas o pensamento já vinha mudando, e por menor que seja essa mudança, já era válida para uma formação que não seja neutra e ingênua.

Para finalizar, um cursista sinalizou que o texto foi muito bem escrito e que um dos pontos altos é a conceituação dos diferentes termos de CTS, até que culminou na ideia cultural. Além disso, apontou que foi muito interessante os exemplos de projetos apresentados, mas que parecem se afastar do nosso currículo, e que podem não ser aplicados na íntegra, porém são adequáveis a nossa realidade curricular. Nesse mesmo encontro, introduziu-se a ideia inicial da controvérsia sobre o uso de **Defensivos Agrícolas ou Agrotóxicos,** que foi desenvolvida na aula seguinte. Foram disponibilizados dois links de textos que discutem as diversas facetas do uso deles[36] e, ainda, um vídeo de uma reportagem televisiva que vai nesse mesmo sentido[37].

A turma, então, foi dividida em quatro grupos (três deles com três componentes e um com dois), e cada grupo escolheu um dos atores sociais disponíveis para representar: População (AS1), Produtor rural (AS2), Trabalhador rural (AS3) e Indústria (AS4). Foi solicitado, ainda, que cada grupo postasse na plataforma até o dia

[36] Disponíveis em https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2018/07/agrotoxico-faz-mal-e-possivel-nao-usa-lo-veja-o-que-e-verdade-e-mentira-no-debate.shtml e https://www.dm.jor.br/cotidiano/2015/10/agrotoxicos-beneficios-e-maleficios/.

[37] Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=0zANxFUIspc&t=3s.

da controvérsia um documento com os seus argumentos iniciais, as possíveis críticas que receberiam e quais argumentos utilizariam para rebatê-las.

- 7° Encontro: Controvérsia Controlada

Nesse encontro, a controvérsia foi executada a partir da pesquisa aprofundada de cada ator social em relação ao uso de **Defensivos Agrícolas ou Agrotóxicos**, como são chamados no Brasil. Cada um dos quatro grupos escolheu um representante para falar e teve cinco minutos para expor os seus argumentos iniciais. Na segunda rodada, as críticas foram colocadas em relação ao que foi exposto inicialmente, também respeitando o tempo de cinco minutos. Após serem levantadas críticas, os grupos tiveram mais uma oportunidade de reafirmarem suas posições, rebatendo ao que foi dito, no mesmo tempo proposto inicialmente.

A ideia inicial da docente era finalizar a discussão nesse momento, mas os discentes pediram que houvesse mais uma rodada de posicionamentos, que foi atendida, mesmo que o tempo da aula fosse extrapolado. Após esse último momento, foi feita uma síntese a respeito da técnica da controvérsia controlada e possíveis desdobramentos para o ensino básico.

Os argumentos utilizados serão agrupados por ator social e resumidos abaixo:

- Ator social 1 – População: O grupo se dividiu em duas falas: uma que representou a população que trabalha na fábrica com a produção de agrotóxicos, que alega ter que chamar de defensivo agrícola, e sustenta a sua família. Por isso, defende o uso dessas substâncias, porque aumenta a produtividade no campo, e o fazer mal é *fake news* para tentarem derrubar a indústria e a economia. Além disso, aponta que a comida orgânica é o triplo do preço e que tudo é questão de escolha, mas que se lavar o alimento e usar conforme o rótulo não tem problema. Em contrapartida, outra parte do grupo se posicionou como a população passiva que recebe há décadas comida contaminada. Alegam ser veneno e fazer mal ao ser humano e à terra, já que possuem parente que trabalhou no campo por anos e tem câncer na boca, não conseguindo se alimentar. A indústria aponta o crescimento, mas a fome só aumenta. Para onde está indo a comida? Todos são responsáveis!
- Ator social 2 – Produtor rural: Defende o uso de defensivos agrícolas para evitar perdas e diminuir o valor dos alimentos, utilizando apenas a quantidade

necessária, se atentando para o clima e utilizando a técnica do manejo integrado de pragas, além dos EPI's e do cuidado com seus trabalhadores. Quando questionado por eles, se defendeu dizendo que os cursos de instrução de manuseio são ofertados e feitos por eles, mas que não tem culpa se não colocam em prática para própria segurança. A indústria também deveria fornecer rótulos mais didáticos e explicativos e cuidar do descarte, já que os produtores não são os únicos envolvidos no assunto. Enquanto os defensivos tiverem seus usos legalizados, não é crime utilizar a quantidade estipulada.

- Ator social 3 – Trabalhador rural: A maioria não sabe ler, trabalha há trinta anos no campo, não sabe por que toda semana se troca de agrotóxico, ninguém explica. As embalagens são enterradas e as crianças acabam ficando com alergia porque brincam próximo. Os familiares já demonstram sintomas de câncer e as condições de trabalho são cada vez piores. Não denunciam porque ficam com medo, mas não tem fiscalização. Precisam trabalhar por causa da alimentação, mas ao mesmo tempo são eles que recebem a "chuva" de agrotóxicos. Único apoio que recebem é das ONGs. A briga fica entre indústria e produtor rural, mas quem está exposto são os trabalhadores que acabam pagando a conta.
- Ator social 4 – Indústria: Defende o uso dos defensivos agrícolas, pois é a partir deles que a população não fica desabastecida, permitindo a alimentação em massa. Prezam pela segurança, através do *Food Security* e fornecem ficha técnica de manuseio e de utilização correta. Além disso, o quanto é colocado nos alimentos é uma preocupação dos produtores e não deles. É preciso que toda a comunidade das lavouras seja instruída ao uso correto e tenham noção dos benefícios gerados, e por isso reafirmam o compromisso com a sociedade em geral. A segurança química dentro da indústria e com seus rejeitos é uma responsabilidade, inclusive sempre tentam melhorar as moléculas para que os processos se tornem sustentáveis, mas o que fazem com seus produtos a partir da venda, já é responsabilidade de quem o consome.

A discussão seguiu respeitosa até o final, quando foi retomada a sequência teórica da controvérsia controlada, desde a escolha dos temas, seus objetivos e o que é importante de se estipular para os alunos do ensino básico, principalmente em relação às regras. Os estudantes se interessaram bastante pela técnica e demonstraram vontade de aplicar assim que fosse possível.

- 8° Encontro: Dilemas morais e discussão CTS

Diferente da primeira turma, nesta os dilemas morais foram apenas apresentados e relacionados com possibilidades de discussões para serem feitas no ensino básico, já que a duração da aula não era a mesma da primeira intervenção. Um cursista pediu a fala e disse que já havia estudado os dilemas morais em Filosofia, enquanto aluno de ensino básico, mas não pensava que pudesse se utilizar em uma aula de Química. Ele demonstrou grande interesse de aplicar e discutir com seus alunos.

Outro cursista ressaltou a necessidade de o professor respeitar as emoções e crenças de todos os alunos na hora que for aplicar um dilema, porque é comum que haja um julgamento quando as ideias de uma pessoa são diferentes das nossas. A docente, então, reforçou que os dilemas morais podem gerar opiniões e ações diferentes e que as ordens para a tomada de decisão podem mudar entre os indivíduos, ou seja, alguns podem priorizar a emoção, enquanto outros podem favorecer à razão.

Além disso, ele retomou a fala e trouxe a ideia de que o dilema não precisa, necessariamente, de uma aula específica para a aplicação, já que estamos rodeados de dilemas relacionados à ciência e à tecnologia diariamente. Dessa forma, é válido tentar introduzir sempre que possível esses temas para problematizar para seus alunos os fatores envolvidos em uma escolha que têm influência da sociedade e que pode ser moralmente correto/incorreto.

Em seguida, uma cursista pontuou que acredita que os livros didáticos não colaboram para essa problematização em relação ao que é ensinado e questionou a professora se ela acreditava que a proposta do novo Ensino Médio e a BNCC mudariam esse cenário. Pela proposta inicial de se trabalhar com projetos que envolvam a abordagem CTS e ter tópicos que estão diretamente relacionados com a Química Verde, a docente disse acreditar que poderia ser um movimento para a modificar o formato do ensino atual, mas que é necessário que os docentes se envolvam nessa proposta para que realmente consigam ter um resultado.

Além disso, foi feita a discussão do artigo “Contribuições Freireanas para a contextualização no ensino de Química”, de Coelho e Marques (2007), sendo este último um dos autores relevantes para o ensino de Química Verde no Brasil.

Um dos cursistas sinalizou que muitas pessoas defendem que são adeptas das ideias e propostas de Paulo Freire, mas suas práticas se distanciam desse discurso. Além disso, pontuou que considerou o texto pretensioso, já que as menções de QV soaram artificiais e implantadas ali para justificar o rótulo simpático e necessário que é falar das preocupações com o meio ambiente, sem entrar no mérito do que seria realmente a proposta da QV, apenas ressaltando a importância de se prever os problemas.

De fato, esse é um texto que menciona a Química Verde como uma possibilidade de trabalhar os temas químicos sociais se aproximando do viés de Freire, mas aborda isso de forma específica para a mineração e, posteriormente, faz um resumo da importância de se trabalhar as crises ambientais, focando nas indústrias químicas, inclusive a carbonífera.

Dessa forma, a colocação do aluno foi entendida, já que durante a disciplina diversos assuntos relacionados à QV foram apresentados como possibilidades de trabalho no ensino básico, mas foi discutido, também, que aquela contextualização prevista no artigo, mesmo sendo pontual, era possível de ser feita apoiada nas bases da QV.

Finalizando a discussão, outra cursista informou que está fazendo material didático no formato da BNCC para um sistema de ensino brasileiro e disse que, por exigência, era necessário ter questões de vestibulares anteriores, o que iria na contramão da abordagem CTS, dos temas socioquímicos e dos conceitos de QV. No entanto, outro colega pontuou que, para ele, era completamente coerente que isso acontecesse, já que a entrada nas universidades está cada vez mais elitista. Nesse sentido, manter o ensino particular pautado em exames de vestibulares é garantir a entrada de alunos mais privilegiados nos cursos superiores.

- 9° Encontro: Discussão do PIEARCTS

O penúltimo encontro foi destinado à apresentação do PIEARCTS. Inicialmente, foi feita uma exposição do projeto pela docente, com aspectos gerais, formas de calcular e exemplos de resultado. Em seguida, foram discutidos os artigos que foram utilizados também na primeira turma, para que todos pudessem sanar as dúvidas que apareceram quando preencheram o formulário pela primeira vez.

Após a apresentação, alguns comentários foram feitos e houve uma discussão sobre alguns pontos. O projeto ibero-americano não é difundido nas universidades brasileiras, e é de extrema importância para que todos conheçam e discutam sobre questões da ciência e da tecnologia. Alguns cursistas apontaram que, se tivessem tido contato com os questionários e discutissem sobre temas que são presentes neles, teriam outra visão, menos ingênua, mas ressaltaram que esse talvez não seja o objetivo das universidades.

Corroborando com o que foi discutido na primeira intervenção, falaram a respeito da neutralidade científica nos livros didáticos e apostilas confeccionadas pelos sistemas de ensino brasileiros. É muito difícil ter a contextualização histórica das descobertas e, quando tem, é meramente ilustrativa, para constar que tem, cumprindo os requisitos do PNLD.

Muito se discutiu sobre a influência do governo e dos cientistas na sociedade, principalmente porque o mundo está atravessando um período pandêmico. Nesse momento, o combate às *fake news*, o apoio à divulgação científica e o respaldo ao que está sendo desenvolvido pelos cientistas são tópicos que o atual governo não fortifica. Sendo assim, os cursistas pontuaram que os professores de ciências possuem a responsabilidade de mostrar aos seus alunos a realidade quanto ao papel da ciência e dos cientistas. No entanto, apontaram que se os professores têm concepções ingênuas, como as colocadas no artigo disposto na ementa, isso se torna mais complicado, porque é possível que eles acabem formando novos alunos com ideias iguais as deles. Por isso, é essencial que esses questionários sejam aplicados na maior quantidade possível de escolas e universidades para que esses temas sejam discutidos o quanto antes.

- Tarefa na plataforma

Como houve uma semana na qual os dois encontros caíram em dias que foram considerados ponto facultativo, os discentes ficaram uma semana sem aula síncrona e, por isso, foi proposto um fórum que justificasse a carga horária do curso. Dessa forma, foram disponibilizados dois artigos (ACEVEDO DÍAZ, 2009; AULER; DELIZOICOV, 2001). Cada aluno deveria criar uma postagem no fórum que tivesse as suas visões críticas acerca dos textos disponibilizados e, se desejasse, reagir ao que já havia sido postado por um dos colegas de turma.

Alguns comentários foram selecionados e grifados pela docente da disciplina a fim de ilustrar o que foi discutido na plataforma:

> "Pensando nos objetivos de uma educação científica verdadeiramente crítica, realizar uma **abordagem reducionista teria o objetivo implícito e camuflado (e por isso, ideológico) de reduzir o aporte de conhecimentos que os indivíduos possuem para participar nas decisões científicas** — mesmo que de forma razoável. (...) Por isso, em qualquer instância da educação científica, devemos sempre reforçar uma ideia que os autores reiteram no texto: "as mudanças acontecem porque favorecem grupos". E os principais beneficiados com essas mudanças geralmente não ficam visíveis. Desvelar o que está por trás dessa realidade naturalizada vai muito ao encontro com a educação problematizadora a que se propõe Freire, como os autores bem trazem à tona. **"Ler" o mundo ao redor criticamente, rompendo com a "cultura do silêncio", são atitudes que podem ser instigadas justamente pela aproximação dos pressupostos da abordagem CTS**." (Cursista 10)

> "Sobre o texto do Acevedo Díaz, achei importante o autor ressaltar que, **quando se orienta a disciplina de acordo com os pressupostos CTS, deve-se deixar bem claro os objetivos dessa abordagem.** Como os alunos comumente não estão acostumados a esse tipo de proposta, **a primeira impressão pode ser de estranhamento pois a aprendizagem até aquele momento esteve pautada em uma lógica de resultados.** Estuda-se para avançar nas séries, e não para aprender — que dirá aprender sobre o que se está aprendendo. A colaboração entre professor e aluno, o trabalho em equipe e a autoestima para participar nas discussões não são valorizadas no ensino tradicional." (Cursista 11)

> "A meu ver, iniciativas mencionadas no texto e baseadas na democratização do conhecimento, tais como as tão in voga popularização e divulgação da ciência, **podem ser uma importante ferramenta no combate à descrença e refutação da ciência com base em meras opiniões como vemos nesses tempos de fake news**. Contudo, essa democratização precisa ser feita de forma cuidadosa para que se evite cair novamente na máxima de uma ciência superior, pouco acessível e alheia ao contexto social. **Esta visão tecnocrática e reducionista reafirma o comportamento conformado e passivo estimulado na população ainda no ensino básica com a transmissão unidirecional do conhecimento e a "cultura dos experts"**. A forte presença da **abordagem CTS no contexto escolar se mostra como uma boa oportunidade de tornar o aprendizado mais próximo da realidade vivida pelo aluno e de desmistificar a CT e suas implicações**, quebrando com este ciclo de distanciamento da população do conhecimento que só atende à manutenção dos privilégios daqueles que detém o poder, seja ele político ou econômico." (Cursista 12)

> "**É muito comum que os alunos não reflitam o conteúdo que está sendo abordado em nossa disciplina, pois é natural que eles entendam aquilo que estão aprendendo como uma "verdade absoluta"**, pensamento este, que possui caráter reducionista. Os estudantes são "programados" nas escolas para replicar o que o professor explica, isto é, **não estão acostumados a pensar criticamente sobre determinado assunto**, mas sim decorar o que foi abordado em sala e desta forma, tentarem bons resultados nos

exames. Faço das minhas palavras, as de Winner, que foi citado pelos autores, quando diz que nossa sociedade não pensa criticamente acerca dos artefatos tecnológicos, estando submetida, portanto, ao “Sonambulismo Tecnológico” (expressão utilizada pelo autor). Nesse sentido, o texto de Acevedo Díaz nos reafirma a importância da aplicação do modelo CTS em sala de aula. De fato, uma prática que faz com que o aluno se torne atuante no aprendizado, **pense criticamente acerca de um assunto, seja capaz de resolver problemas que o cerca, tenha habilidade de trabalhar em conjunto com seus colegas; é algo que brilha aos olhos de um profissional da educação**. Afinal, todo professor quer ser responsável pela formação de um aluno crítico e que saiba o real valor daquilo que está aprendendo em sala de aula. No momento, vejo que ainda estamos bem distantes dessa realidade. Acredito que o método tradicional ainda irá permear nosso sistema escolar por um tempo, mas não nos impede de começarmos a mudar cada vez mais. Como já foi discutido em algumas aulas, precisamos começar por baixo, não podemos mudar os hábitos escolares da noite para o dia, **sendo a prática individual muito importante nesse movimento**.” (Cursista 13)

“**A leitura de "ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA PARA QUÊ?" complementa-se harmoniosamente com aspectos do "com quê" abordados por Acevedo Díaz**. Tornar o ensino de ciências um elemento transformador e essencial para a formação de cidadãos conscientes e críticos acerca de questões científicas e tecnológicas pode ainda ser uma quimera. Fazê-lo com a orientação de docentes que, em sua maioria, sedimentaram uma relação indecente com a ciência, alicerçada na obtenção de resultados e na resolução de problemas, é um desafio ainda maior. **Navegar no mar da ciência requer que nós, docentes indecentes, resgatemos nossa experiência discente condescendente apenas para saber o que não devemos fazer**. Superar estas amarras e desancorar-se desta tradição é fator essencial para a primeira transformação necessária neste processo: a interna do docente. Fundamentado nos autores, em especial Auler e do Delizoicov, defendo que metodologia científica esteja presente nas aulas de Ciência, guiando os temas abordados e imprimindo o fazer ciência em todas as suas dimensões. **Quebrando os mitos da ciência e da tecnologia em uma perspectiva ampliada, problematizadora e dialógica é possível superar visões ingênuas que ainda persistem acerca de processos de CTS**. A travessia desta pandemia propicia um capítulo à parte a ser explorado sobre estes temas. Inumeráveis são as oportunidades que vivenciamos e que se apresentam para associarmos aos mitos da ciência, ao negacionismo, à ciência que se quer neutra, mas não se faz neutra e tantos outros aspectos da interação CTS que vêm aflorando com generosidade no atravessamento da pandemia.” (Cursista 14)

“A impressão que tenho quando leio esses artigos é sempre a mesma: **estamos fazendo algo muito distante em nossas salas de aula**. Por mais que surjam inovações nas metodologias pedagógicas, parece que estamos andando em círculos. Inclusive, muitas das vezes os colégios maquiam as antigas práticas, tornando-as algo que parece ser inovador, mas que na verdade limitam-se a mera aparência. Nesse contexto, **fica evidente o quanto precisamos introduzir em nossas aulas situações relacionadas a alfabetização científica e tecnológica**. Se nos atentarmos ao fato de que nossos alunos são futuros integrantes da sociedade

> trabalhadora e votantes, torna-se mais urgente a abordagem dessa temática. Isso se agrava principalmente se observarmos nosso atual contexto social e político, permeado de "*fake news*" que frequentemente são apresentadas como fatos científicos." (Cursista 15)

Como podem ser observados, os comentários apresentados foram pertinentes com os assuntos trabalhados ao longo da disciplina, dos textos e alguns alunos ainda conseguiram relacionar os dois, que era o objetivo principal da docente quando os colocou na mesma atividade. É importante ressaltar que a maioria dos cursistas abordou suas impressões textuais traçando um paralelo com o que é observado atualmente nas escolas e nas práticas de ensino, mesmo que não estejam atuando diretamente. Isso é essencial para que haja uma reflexão pessoal e, assim, acarretar mudanças.

Os outros comentários ressaltaram pontos que já haviam sido destacados nos que foram colocados acima e, por isso, não foram apresentados aqui para não soar repetitivo. Apesar de não terem sido discutidos em sala de aula, a docente considera que os comentários são coerentes e que o fórum utilizando foi uma ferramenta boa para suprir a ausência das aulas.

- 10° Encontro: Apresentação de trabalhos e *feedback* da disciplina

No último encontro, os discentes apresentaram, em grupos (os mesmos da divisão da controvérsia controlada), as propostas de inserção de algum conceito de QV no ensino básico por meio da abordagem CTS. Após as apresentações, foi solicitado que cada um, de forma espontânea, desse um *feedback* de suas impressões, pontos positivos e negativos, a respeito da disciplina, que estão resumidos abaixo:

Pontos positivos:

- Dinamismo das aulas;
- Temas trabalhados são extremamente atuais;
- A abordagem CTS fez os cursistas refletirem e saírem das suas zonas de conforto para uma nova prática de ensino, mesmo que pontual;
- Textos fáceis de ler, reflexivos e importantes para o embasamento teórico;
- Planejamento muito bem feito e claro desde o início do curso.

Ponto negativo:

O cansaço do ensino remoto somado ao emprego presencial de alguns cursistas deu a sensação de que não conseguiram aproveitar tudo o que deveriam da disciplina.

A partir dessas percepções, percebe-se que a mudança da bibliografia foi um ponto chave para que essa intervenção fosse usufruída melhor pelos cursistas do que a primeira, entendendo-se que a manutenção para a próxima é válida. Apesar de alguns terem expressado que não conseguiram aproveitar tudo o que a disciplina ofertou, a docente julga que a participação de todos foi muito significativa e o diferencial para que essa aplicação fosse concluída com êxito.

Findada a rodada de pareceres acerca das aulas, foram enviados novamente os questionários de QV e do PIEARCTS para nova resposta e análise dos pós-testes.

7.2. Trabalhos propostos na disciplina

A divisão dos grupos seguiu o mesmo formato da controvérsia controlada: quatro grupos, sendo três com três componentes e um com dois. Cada grupo teve, em média, vinte minutos de apresentação para propor uma metodologia, ou sequência didática, que conseguisse inserir pelo menos um dos conceitos trabalhados na disciplina de QV a partir de uma abordagem CTS. Assim como na primeira intervenção, a ordem apresentada aqui será a mesma feita virtualmente durante a disciplina, e os comentários feitos pelos cursistas serão colocados ao final da descrição de cada grupo. Apenas como forma de diferenciação, a numeração dos grupos se iniciou de onde se encerrou a primeira contagem.

É importante pontuar, ainda, que nenhum trabalho desta turma foi aplicado, seja devido ao período pandêmico e à execução das aulas de forma remota, seja pelo fato da maioria dos cursistas não estar trabalhando em sala de aula enquanto a disciplina acontecia. Dessa maneira, assim como em 2019 (nos trabalhos que não foram aplicados), as discussões foram baseadas nas ideias propostas e nas experiências pessoais ao longo da prática docente deles.

Como o objetivo é analisar qual conceito de QV pode ser inserido em algum momento do currículo de Química do Ensino Básico com uma abordagem CTS,

acredita-se que o fato de não aplicar os trabalhos não impacta nos resultados dos testes que foram aplicados, já que eles levam em consideração tudo o que foi discutido ao longo da disciplina, e não só a proposta do trabalho final. No entanto, é válido acrescentar que, assim como na primeira turma, algumas propostas podem ficar inadequadas em relação ao tempo previsto, bem como à organização que o grupo propõe, visto que nem sempre o andamento de uma aula vai sair conforme o planejado. Nesse sentido, os grupos que conseguiram aplicar acabam tendo uma vantagem perante os demais porque foram capazes de ver o que deu certo e o que mudariam em uma próxima oportunidade.

Grupo 6 (T6): Lixo nuclear

O grupo começou com uma introdução a respeito do que havia sido pesquisado para contextualizar o motivo da escolha do tema. A ideia era propor um tema controverso e que não tivesse consenso e, por isso, escolheram a energia nuclear, que gera um desacordo entre ambientalistas do mundo todo. Inicialmente, foi mostrada a pegada média de carbono de uma matriz energética deste tipo que é de três a quatro vezes menor do que a energia solar e, ainda, setenta vezes menor do que as de usinas a carvão. No entanto, essas indústrias geram lixos que são radioativos e que pode permanecer por longos anos no planeta.

Dessa maneira, a proposta dividida em três aulas seria aplicada na 3ª série do Ensino Médio e focava no ciclo de vida dos produtos, desde seu projeto, fabricação e uso, até o seu descarte final, se utilizando de uma controvérsia controlada para alimentar a discussão.

A primeira aula seria destinada ao cenário teórico, relacionando os processos de obtenção de energia com as reações de fissão e fusão nuclear, chegando aos resíduos radioativos. Nesta aula, também, seria confeccionada uma nuvem de palavras a partir do software *Mentimeter*[38], a fim de conhecer os conceitos prévios dos alunos acerca da temática de lixo nuclear. Nesse momento, já seria informado aos estudantes que um trabalho seria feito com esse tema e que eles deveriam se inteirar mais com pesquisas e informações que julgassem pertinentes.

[38] Disponível em https://www.mentimeter.com/.

Na segunda aula, haveria uma discussão a respeito da produção e do destino do lixo nuclear, com relações ao conceito de pegadas ecológicas. Nesse sentido, seria proposta uma controvérsia a respeito da exportação de lixo nuclear entre países, principalmente os desenvolvidos e subdesenvolvidos, mediante acordo de cooperação econômica intercontinental e transporte por via marítima. A sensibilização seria feita a partir da nuvem de palavras obtidas na aula anterior.

Os alunos teriam, então, duas semanas para pesquisa direcionada a cada ator social, que seriam: país desenvolvido, país subdesenvolvido (os alunos teriam que se dividir em dois grupos para representar seus governantes e a população), responsável pelo transporte e ambientalistas/ONU. Além disso, seria recomendado que todos mencionassem em seus argumentos algo relacionado às pegadas ecológicas e/ou ao conteúdo de reações nucleares.

Ao final do processo, seria feita uma nova nuvem de palavras, uma autoavaliação para que se conseguisse entender qual o impacto que a controvérsia teve para os discentes, além das percepções do docente que participou ativamente do processo. Nessa avaliação do professor, seriam avaliados os conceitos de QV, o embasamento teórico para a argumentação feita pelo ator social, a clareza e coerência dos argumentos e a criatividade de cada grupo.

Terminada a apresentação do grupo, alguns cursistas colocaram suas opiniões sobre a proposta:

> “A ideia do grupo parece ser viável de aplicar, mas acredito que a distribuição do tempo não seja a mais adequada, principalmente se tratando de uma escola particular e de 3ª série do Ensino Médio, que estão mais focados em ENEM. Acho que a sensibilização poderia ser feita com mais material e não só com a nuvem de palavras, até para trazer uma criticidade maior já de cara para eles.” (Cursista 12)

> “Gostei bastante do tema, principalmente porque é algo que a gente nunca discute com os alunos e que tem uma dimensão grande, principalmente a nível global. Eu talvez trouxesse uma questão histórica para a contextualização, porque falaram de confrontar países desenvolvidos e subdesenvolvidos, mas não houve uma menção a isso anteriormente. Talvez pudesse ficar mais interessante e interdisciplinar, trazendo a geografia e a história juntos.” (Cursista 10)

> “Sempre dei essa aula e nunca pensei em trazer uma discussão para lixo radioativo. Consigo perceber uma proposta crítica e muito embasada. Se eu não tivesse o cronograma tão corrido tentaria aplicar nas minhas turmas. Aliás, o tempo pareceu pouco para a discussão.” (Cursista 16)

> "A ideia de confrontar os países é sensacional e poderia trazer uma discussão completamente interdisciplinar. Já estou pensando em falar com professores da minha escola para a gente conseguir fazer um projeto semelhante a esse, mas acho que vai ser no 2° ano. Agradeço aos colegas do grupo pela ideia, mas com certeza vou dar mais tempo para meus alunos pesquisarem, coitados. É muito complexo para a cabeça deles organizar tudo em pouco tempo." (Cursista 17)

> "Apesar do tema trazer uma criticidade profunda, principalmente quando se fala de confrontar pegadas ecológicas, acredito que o início da proposta poderia ser mais CTS para que os alunos sejam motivados. Na minha cabeça pareceu que só a controvérsia foi CTS, sabe? Senti falta de uma proposta de discussão anterior, talvez até na parte do conteúdo, para que eles possam fazer um link com o que vão discutir depois para não parecer um trabalho descolado do conteúdo. Já ouvi em aula particular alguns alunos falando que não entendem por que o professor passa algum trabalho se não tem nada a ver com o que eles aprendem em sala de aula. Temos que ter cuidado com isso!" (Cursista 15)

A partir do que foi colocado por alguns cursistas, a docente da disciplina aproveitou para fazer seus comentários a respeito do proposto pelo grupo, enfatizando que era bastante interessante discutir esse tema a partir das reações nucleares, principalmente pelos alunos sempre acharem que é um tema distante da realidade deles. No entanto, a docente reforçou que a contextualização histórica poderia ter sido feita no momento da sensibilização, e a abordagem CTS já poderia estar presente desde a apresentação dos conteúdos, conforme os colegas falaram. Ainda assim, a proposta seria válida por agregar conceitos de QV e a abordagem CTS.

Grupo 7 (T7): BBB, *Ifood* e polímeros: um olhar mais verde

O grupo iniciou a apresentação problematizando a expansão brasileira de entrega de produtos, principalmente comidas, na pandemia, pontuando que isso trazia uma necessidade de reflexão, principalmente em relação ao sistema de entrega e ao consumo de plástico exagerado. Nesse sentido, mostraram uma campanha chamada "#DeLivredePlástico"[39], fazendo referência ao sistema de *delivery* e o tanto de plástico que é consumido por cada habitante brasileiro.

Aliado a esse movimento, resgataram a problemática dos canudos de plástico descartáveis que foram proibidos em bares e restaurantes do Rio de Janeiro e São

[39] A campanha preza pelas embalagens livres de plásticos descartáveis. Maiores informações podem ser acessadas no link https://brasil.oceana.org/campanhas/delivredeplastico/.

Paulo, evidenciando que apenas nove estados brasileiros atuam nessa missão[40]. Sendo assim, apontaram que essa temática não é discutida nas escolas e que a geração milênio[41] (ou Y, dos nascidos depois de 1980) possui uma forte afinidade em relação à sustentabilidade, ou seja, marcas que demonstram pensamentos sustentáveis têm mais chance de obter sucesso e atrair o público que mais consome atualmente esse tipo de produto[42].

A ideia do grupo, então, foi propor uma sequência didática dividida em quatro momentos para alunos da 3ª série do Ensino Médio, em ensino remoto, no momento que for trabalhada a temática de polímeros. Dentro do conteúdo, haveria a discussão de biomassa, economia circular e matriz verde adaptada a partir de enxerto CTS. Além disso, a estruturação foi pautada na competência específica 3 da BNCC[43] e no currículo mínimo do estado do Rio de Janeiro[44] que abrange habilidades e competências para a problematização do uso de plásticos no cotidiano, passando por poluição, armazenamento, reciclagem e incineração.

O primeiro momento seria para apresentação dos conteúdos bases: o que são polímeros; os naturais e sintéticos, termofixos e termoplásticos; polímeros de adição, condensação e copolímeros; identificação de polímeros em utensílios plásticos e em biomoléculas, como carboidratos, proteínas etc.

O segundo momento seria de sensibilização: seriam projetadas imagens de um *reality show* que mostram a quantidade de plástico enviada para apenas um participante, bem como uma imagem da mudança feita para papel posteriormente. Além dessas, seria apresentada uma que mostra uma sacola que foi reutilizada para entrega da comida pelo sistema *delivery* e o recipiente que era feito da mandioca e que uma participante se questionou se poderia comer.

Nesse momento, eles trouxeram o posicionamento da rede de *delivery Ifood*[45] que busca a redução do uso do plástico, dando lugar às embalagens sustentáveis. Em seguida, mostraram um vídeo de uma estudante e pesquisadora que questiona o

[40] Disponível em https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2020/01/em-um-ano-canudos-de-plastico-sao-proibidos-em-8-estados-e-no-df.shtml.
[41] Para maiores detalhes, acesse https://pt.wikipedia.org/wiki/Gera%C3%A7%C3%A3o_Y.
[42] Para maiores detalhes, acesse https://www.preparedfoods.com/articles/119044-millennials-impact-food-packaging-trends.
[43] Disponível em http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf.
[44] Disponível em https://cedcrj.files.wordpress.com/2018/03/quc3admica.pdf.
[45] Para maiores detalhes, acesse https://www.ifood.com.br/.

porquê de produzir uma embalagem feita de fécula de mandioca[46]. Além disso, propuseram uma dinâmica na qual discutiriam “o que é ser “bio”?” e, a partir dela, um questionário feito para indicar o grau de concordância/discordância dos alunos, feito no software *Mentimeter*, com perguntas acerca dos bioplásticos e das embalagens sustentáveis (Apêndice I).

O terceiro momento seria destinado aos conceitos de Química Verde em si e foi iniciado com a apresentação de uma empresa do sul do Brasil (Terraw)[47] que produz embalagens com as fibras das plantas, como a palha de trigo e o bagaço de cana que, teoricamente, são resíduos de indústrias. O descarte é feito preferencialmente em uma composteira ou são retornadas a uma empresa parceira de gestão de resíduos e, por isso, os produtos se desintegram em até três meses, e se degradam completamente em até seis meses. Essa é uma proposta de economia circular focada na gestão do resíduo que seria exposta para os alunos, além da apresentação de outras fontes de biomassa que existem no Brasil e em outros países.

Em seguida, as moléculas de bioplásticos seriam apresentadas e analisadas em relação aos polímeros estudados inicialmente, e os discentes compreenderiam como as iniciativas nesse setor favorecem à circularidade da economia e agregam sustentabilidade ao ciclo de vida de embalagens. Apesar de ser uma tarefa complexa, o olhar sistêmico sobre todo o ciclo de vida é importante para a tomada de decisões.

Dessa forma, uma atividade relacionada à adaptação da matriz verde seria proposta: a nova matriz envolveria quatro quadrantes (fonte renovável ou fonte fóssil, não biodegradável ou biodegradável) e os alunos teriam que incluir quatro tipos de plásticos (ácido polilático, polietileno verde, polipropileno e polietileno adipato co-tereftalato) no seu devido quadrante. Para isso, teriam que buscar as informações nas FISPQ e avaliar em que situação cada um deles se encontrava. Dessa atividade, haveria um debate sobre a importância de se substituir alguns materiais por outros que possam ser menos agressivos, principalmente caso o descarte seja feito de forma inadequada.

A avaliação dessa sequência seria feita em uma atividade em grupo cujo tema seria “é possível um *delivery* sem plástico descartável?”, na qual cada grupo receberia uma nova adaptação dos quadrantes utilizados na matriz verde para o seu tipo de embalagem, sendo que os pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças seriam

[46] Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=kMiZx2i9Dww.
[47] Para maiores informações, acesse https://terrawembalagens.com.br/.

substituídos por: custa caro? Impacta negativamente o meio ambiente? É bom para o consumidor? É viável em larga escala?

Além dessa avaliação, o grupo trouxe duas atividades interdisciplinares que poderiam ser propostas a longo prazo, sendo a primeira uma redação colaborativa da turma a respeito de temas como “carta dos alunos para a Baía de Guanabara: orgulhos e arrependimentos” ou, ainda, “autobiografia de embalagem plástica de *delivery*: da glória à frustração”. Já a segunda atividade teria o tema “reusando melodias e reciclando letras”, na qual os estudantes teriam que criar paródias com temáticas ambientais.

Ao final da apresentação, os cursistas da turma ficaram surpresos com a complexidade da proposta feita pelos colegas e fizeram comentários elogiando o grupo:

> “Eu simplesmente amei tudo! Eu nunca tinha pensado em trabalhar algo nesse sentido, tentando trazer o que a gente aprendeu em métricas para sala de aula, como a matriz, ou até mesmo pensando nas letras de música. Foi muito sensacional!” (Cursista 11)
>
> “Ainda bem que a gente apresentou antes do grupo porque não passamos vergonha. A proposta é perfeita, sem tirar nem por. Completa, complexa, muita coisa de CTS, de envolvimento dos estudantes, parabéns aos envolvidos.” (Cursista 13)
>
> “Parabéns aos colegas, mas eu discordo da fala anterior. Eu acho que a questão do tempo é muito importante da gente refletir. Talvez, como vocês não aplicaram, acabaram não percebendo que um tempo para cada coisa complexa dessas que vocês falaram é muito pouco. Seria muito bom conseguir expandir e eu entendo o motivo de vocês reduzirem, mas não dá para fingir que o tempo está adequado.” (Cursista 18)
>
> “Só uma dúvida, de onde vocês tiraram tantas ideias CTS e de tantas coisas que trabalhamos ao longo das aulas? Surreal! Parabéns, mesmo!” (Cursista 14)

O ponto que foi discutido com maior profundidade foi realmente o tempo proposto por eles e, após o alerta da docente da disciplina e do cursista 18, todos concordaram que esse tempo era muito pequeno comparado ao que eles estavam tendo como ideia. Levantou-se, então, a possibilidade de deixar o tempo de cada tópico da sequência didática em aberto para que aqueles que sentirem interesse em aplicá-la adaptem de acordo com o cronograma de suas escolas.

Grupo 8 (T8): Descarte de lixo e o impacto sobre o ambiente

Os cursistas apresentaram uma proposta de sequência didática que pode ser aplicada em turmas de alunos do 9° ano do Ensino Fundamental ao 3° ano do Ensino Médio. Dessa forma, cada docente ajustaria o que é proposto na sequência aos conteúdos que são lecionados em cada série especificamente. Inicialmente, a proposta é de se utilizar aproximadamente cinco aulas, mas com a possibilidade de adaptação.

A primeira e a segunda aulas seriam destinadas à importância do gerenciamento correto do lixo. Para tal, seriam apresentados dados sobre a geração de lixo no Brasil, falando sobre a gestão brasileira de resíduos sólidos[48], que é de responsabilidade de cada gerador, seja em casa ou nas organizações e ressaltando que cada resíduo possui uma destinação específica, conforme sua natureza e características. Em seguida, seria abordada a política de gerenciamento dos resíduos sólidos, objetivando reduzir o volume, dar o tratamento adequado e conscientizar os responsáveis acerca das boas práticas ambientais para a correta gestão. Dessa forma, seria discutida a importância da política dos 3R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar) para minimizar os impactos negativos do descarte inadequado.

Nesse sentido, a reciclagem teria um foco maior, ressaltando a importância dela e de seus diversos tipos, além de mostrar a diferença das lixeiras que existem em diversos lugares, sendo que em muitos deles não há nenhuma indicação do que deve ser jogado em cada cor. Além disso, seria transmitido um vídeo que fala sobre a Avaliação do Ciclo de Vida do chinelo de borracha[49] e o consumo consciente, relacionando com os diversos produtos que são consumidos no dia a dia pelos estudantes.

Na terceira aula, um questionário a respeito dos principais hábitos de consumo seria respondido pelos estudantes[50] e, a partir das respostas, haveria uma discussão sobre como esses hábitos influenciam na quantidade de resíduo gerada por cada aluno. A partir daí, a proposta seria discutir sobre os impactos que existem, pensando em medidas de pequena e grande escalas para resolver a questão do descarte de baterias, do consumo exacerbado de embalagens e de plástico, dentre outras situações que poderiam surgir ao longo das discussões.

[48] Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm.
[49] Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=rjYqLOxsPFc.
[50] Por não ter sido aplicada, os cursistas não confeccionaram a proposta do questionário.

A quarta aula seria focada na Avaliação do Ciclo de Vida e a problematização da grande quantidade de embalagens usada pela população, que já havia sido levantada na aula anterior. Nesse movimento, seriam mostradas algumas Avaliações que já existem na literatura a respeito das caixas de papelão e das embalagens plásticas, mostrando a importância de se analisar desde o início do ciclo até o momento do descarte. Ao final da aula, cada grupo tiraria a sua própria conclusão a respeito do que seria mais adequado para cada critério do ciclo de vida.

Na última aula, seria feita uma roda de discussão a respeito do descarte de pilhas e baterias, propondo as seguintes perguntas: quem são os responsáveis pelo recolhimento desse tipo de lixo? Onde deve ser feito o descarte? Existem fatores políticos relacionados a isso? Quais são os impactos ambientais gerados pelo descarte inadequado? Isso me afeta como sociedade? A partir dessa discussão, os alunos se dividiriam em grupos e produziriam cartazes destinados à conscientização da comunidade escolar em relação a esse tema.

Como pode ser observada, essa é uma sequência didática que se adéqua facilmente às séries, ou seja, dependendo do conteúdo que é destinado a uma série específica, o enfoque poderá ser maior ou menor em uma das aulas. Alguns exemplos de conteúdos que podem ser introduzidos nessa sequência e que foram levantados pelos componentes do grupo são: separação de misturas (para o 9° ano do fundamental ou 1° ano do ensino médio), polímeros e eletroquímica.

Ao final da apresentação, alguns comentários foram feitos:

> “As perguntas levantadas na última aula e a proposta de confeccionar cartaz é bem interessante e reflete a parte de conscientização proposta pela QV. Bem interessante! O bom é que dá para aplicar em vários momentos a mesma sequência.” (Cursista 19)

> “Fico me questionando até que ponto é bom realmente poder aplicar em vários momentos. Acho que ficaria mais completo se os colegas colocassem a sequência didática completa de cada tópico que eles disseram que pode trabalhar, afinal, não acho que a mesma discussão CTS caberia para várias séries diferentes, principalmente pela maturidade que os alunos têm.” (Cursista 10)

> “A parte política é interessante porque muita gente nem sabe que existe no Brasil e saber é sinônimo de cobrar das autoridades. Gostei bastante, mas fiquei um pouco perdido também de como fazer essa sequência se não tem o questionário, se não sei qual avaliação pegar na literatura.” (Cursista 13)

A docente concordou com a fala dos cursistas de que o tema é interessante, de fato, mas a proposta carece de detalhes que são importantes para quem quiser se apropriar dela. Se há um objetivo bem estabelecido, não há motivo para não pré-estabelecer o questionário e a bibliografia que serão utilizados. Nesse ponto, os cursistas do grupo concordaram com a professora e alegaram que, dependendo da série, usariam questionários diferentes. A discussão então, ficou centrada na dificuldade que é se apropriar da mesma sequência para séries distintas, principalmente por causa da diferença de idade e, consequentemente, da maturidade dos estudantes.

Grupo 9 (T9): A 1ª Guerra Mundial e a Química por trás dela

O grupo começou mostrando as inspirações para a escolha do tema e a proposta da sequência didática: o artigo trabalhado na disciplina, de Santos e Mortimer (2002), junto com a questão dos mitos do salvacionismo e da neutralidade científica, e um artigo da revista Química Nova na Escola que aborda o ensino de Equilíbrio Químico na síntese de amônia e no programa de armas durante a Primeira Guerra Mundial[51].

Com isso, a sequência didática se dividiria em quatro momentos:

Momento zero: seria solicitado aos estudantes que pesquisassem três grandes descobertas científicas e, em dois parágrafos, argumentassem sobre qual dessas teve o maior impacto, sem especificar se é social, econômico, político etc., justamente para colher deles suas próprias percepções de valor;

Momento 1: as descobertas escolhidas seriam apresentadas e argumentadas, e, com o auxílio do *Mentimeter*, seria confeccionada uma nuvem de palavras interativa com as que eles considerariam mais importantes. Nesse momento também seria apresentado um vídeo[52] que mostra como a ciência agiu na primeira guerra mundial, em relação à confecção de armas químicas e ao desenvolvimento de novas máscaras. O objetivo desse vídeo na sequência didática é que os alunos consigam relacionar a busca por soluções da ciência a uma determinada demanda, seja ela política, social, econômica, esclarecendo o real objetivo da ciência e a sua não neutralidade.

[51] Disponível em http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc40_1/07-RSA-12-17.pdf.
[52] Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=sVUy0hQ9Kxw.

Momento 2: as reações químicas que são envolvidas no processo bélico seriam relacionadas ao conteúdo de Química Orgânica, sendo solicitado aos alunos que montassem as moléculas orgânicas a partir de um jogo adaptado de um trabalho do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ)[53]. A partir dessa confecção, haveria uma discussão a respeito do processo de produção de moléculas, ou seja, como foi feito no jogo e como as indústrias realmente produzem.

Momento 3: baseado na contraposição feita no momento anterior e com o auxílio de um artigo da Química Nova[54], os alunos relacionariam as moléculas às suas propriedades físico-químicas, entendendo a importância delas para o processo de obtenção dos compostos e à segurança química. Nesse momento, os princípios da Química Verde seriam relacionados e haveria uma discussão acerca da necessidade dessa filosofia ser difundida para que todos tenham noção de que os processos podem ser alterados visando a segurança de quem os fazem.

Terminada a apresentação, os colegas de turma teceram alguns comentários a respeito da sequência proposta:

> "Parabéns ao grupo. Jamais conseguiria pensar em algo com tanta contextualização histórica e interdisciplinar. Eu precisaria reaprender tudo o que já tive sobre 1ª Guerra para me sentir a vontade de dar essa aula. Sensacional!" (Cursista 20)
>
> "Eu achei bem interessante a parte de história que vem agregada à proposta, mas achei que faltou uma discussão mais crítica da situação, mais CTS. Na minha cabeça, isso ficou apenas no momento 1, sendo que poderia ter sido levado para o jogo, por exemplo. Seria mais complicado, mas talvez mais completo. De qualquer forma, é muito instigante ver esse projeto." (Cursista 17)
>
> "Proposta complexa e desafiadora, principalmente para a gente que teve uma formação totalmente disciplinar. Parabéns ao grupo por conseguir ir além da Química. Eu tentaria só organizar para fazer em um outro momento, e talvez usar outro conteúdo de orgânica, para que o conteúdo case com a História, mas nem sei se isso é possível. Parabéns, mais uma vez!" (Cursista 11)

Essa proposta de sequência didática é interessante porque relaciona a Química com o contexto histórico e é interdisciplinar. Apesar de ter sido pensada para o conteúdo de propriedades físico-químicas, conseguiria ser aproveitada para outros

[53] Disponível em http://www.eventoexpress.com.br/cd-36rasbq/resumos/T0716-1.pdf. As moléculas a serem montadas seriam as específicas apresentadas nas reações anteriores. Dessa forma, as regras de pontuação precisariam ser repensadas e seriam focadas nas temperaturas de ebulição das diferentes moléculas. Quanto maior a temperatura da molécula confeccionada, mais pontos o grupo obteria.

[54] Disponível em https://www.scielo.br/j/qn/a/H9JXbsRj9fGznjW9PHbZP6G/?lang=pt.

conteúdos, como o de funções e reações orgânicas, além de outros que os docentes consigam adaptar.

7.2.1. Categorização dos trabalhos apresentados

A partir das apresentações feitas pelos cursistas, os trabalhos foram categorizados de acordo com os mesmos critérios utilizados para a turma de 2019. De forma similar, ao final da categorização, contabilizou-se quantos critérios de cada nível foram atendidos, a fim de alocar cada proposta em um nível específico do tetraedro. Os resultados da categorização podem ser observados no Quadro 17.

Quadro 17 – Categorização dos trabalhos de 2021

Facetas do Conhecimento Químico	Nível 0 Química pura	Nível 1 Química aplicada	Nível 2		Nível 3	
			a. Socio-histórico	b. Socio-científico	a. Socio-cultural	b. Socio-político
Questões essenciais			T9	T8	T7	T6
Grandes ideias			*	T9	T6; T7; T8	
Conceitos transversais	T9		*		T6; T7; T8	*
Dimensões conceituais		T8; T9	*	T6; T7	*	*
Tipos de conhecimento		T6; T7; T8; T9	*	*	*	*
Escalas dimensionais			*	T6; T7; T8; T9	*	*
Modos de raciocínio		T9	T6; T7; T8	*	*	*
Questões contextuais			T9		T7; T8	T6
Visão histórica	T8	T6	T7		T9	
Considerações filosóficas			T8; T9	T6		T7

Fonte: elaboração própria.

A análise retrata que a maioria dos trabalhos foi enquadrada no segundo nível do tetraedro, sendo que apenas um trouxe uma proposta crítico-reflexiva para abordar os conceitos de QV no Ensino Básico. No entanto, é importante que alguns pontos sejam discutidos.

A primeira observação relevante é a presença de dois trabalhos classificados no nível 0 (Química pura) em algum dos critérios: o grupo que propôs a dinâmica de descarte de lixo (T8) não abordou a visão histórica em nenhum momento da

apresentação, assim como o último grupo (T9) ficou focado apenas em conceitos centrais da Química, que foi o caso das propriedades físico-químicas dos compostos orgânicos. É válido ressaltar que essa análise foi feita baseada apenas na apresentação das propostas dos grupos, e que elas não foram aplicadas. Dessa maneira, não é possível dizer se esses critérios não seriam atendidos de fato no momento da execução, o que pode impactar diretamente no enquadramento no tetraedro.

Apesar de isso ter acontecido, os demais critérios destes dois trabalhos os fizeram pertencer ao segundo nível do tetraedro. O primeiro deles (T8) atendeu a facetas dos quatro níveis propostos, sendo três delas naquele considerado mais crítico, mas a maioria deles se dividiu entre uma abordagem socio-histórica e sócio-científica. Isso mostra que houve uma preocupação em abordar questões sociais e ambientais que são relevantes, e se concentram na preocupação com o descarte dos resíduos para atenuar o impacto ambiental. No entanto, por não integrar as visões filosófica, histórica e sociológica, esta proposta se enquadra no segundo patamar.

Em relação ao grupo que trouxe a temática da 1ª Guerra Mundial para trabalhar os princípios da QV, a segurança química e as propriedades físico-químicas dos compostos orgânicos, diferente do anterior, apenas a visão histórica foi categorizada como um fator de maior criticidade para a proposta, o que já era esperado, uma vez que o grupo considerou um contexto histórico relevante que iniciaria a discussão. Em contrapartida, os demais fatores se dividiram entre as vertentes do segundo nível, caracterizando um planejamento pautado em um viés socio-histórico.

O trabalho que propôs a execução da controvérsia a respeito de energia nuclear (T6) também foi alocado no mesmo andar do tetraedro dos que já foram mencionados. Pode-se perceber que o número de critérios atendidos no segundo e terceiro níveis foi o mesmo, porém como a visão histórica foi desenvolvida apenas no momento das pegadas ecológicas, esta faceta foi encaixada no patamar da Química aplicada. Esse fator foi usado como motivador para desempatar e categorizar a proposta como Socioquímica Verde e não como Crítico-Reflexiva.

O único trabalho que foi qualificado para o nível mais alto do tetraedro foi o que abordou o ensino de polímeros a partir de um olhar crítico e sustentável. Mesmo sem ser aplicada, a ideia do grupo agregou possibilidades de discussões e dinâmicas que envolvem o cotidiano da população brasileira, além de trazer à tona a problemática do termo “bio”. Além disso, os cursistas conseguiram pensar em uma adaptação da

matriz verde e atividades que poderiam ser feitas em parceria com docentes de outras disciplinas.

A complexidade e a completude da proposta foram refletidas principalmente na idealização e fomento a todo tempo a participação dos estudantes. Soma-se a isto o fato de os cursistas trabalharem não só o conhecimento do conteúdo em Química, mas também aquele sobre a natureza da Química, evidenciando o seu papel na sociedade, além da forma como ela comunicada dentro e fora da sala de aula, não se reduzindo à aplicação dos doze princípios. Nesse sentido, T7 foi enquadrado no perfil da Química Verde Crítico-Reflexiva, e a organização do tetraedro pode ser vista na Figura 18.

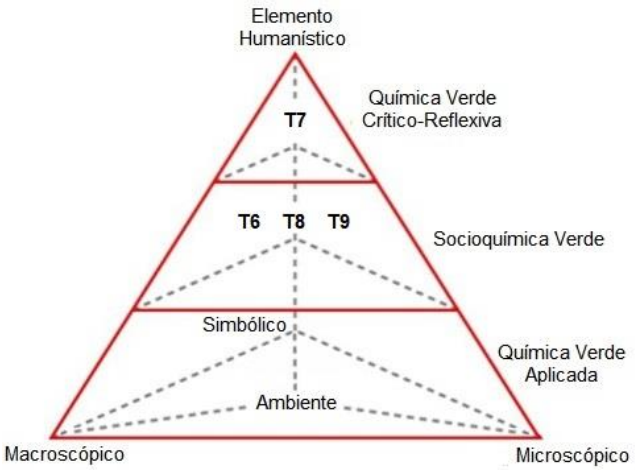


Figura 18 – Tetraedro de Sjöström (adaptado por Marcelino (2020)) para a turma de 2021
Fonte: autora, 2022.

Assim como na primeira turma, é possível observar que nenhuma proposta ficou no nível 0, que é considerado como Química Pura. No entanto, assim como já foi mencionado, é importante lembrar que dois grupos apresentaram facetas nesse patamar, o que pode ser característica do ensino que tiveram ao longo de suas trajetórias e que ainda não foi totalmente superado.

Os trabalhos dessa aplicação se situaram, majoritariamente, no nível da Socioquímica verde, enquanto um deles propôs uma sequência didática de forma mais crítica, sendo considerado como Química Verde Crítico-Reflexiva. Esses resultados foram considerados positivos, mesmo sem a aplicação das propostas, porque

demonstra que os cursistas conseguiram compreender o objetivo principal da disciplina e do que foi proposto no trabalho. No entanto, a docente considera que, com resultados advindos das execuções, a análise poderia ter sido feita de forma mais completa, retratando de maneira mais fidedigna as ideias que foram apresentadas e deram certo (ou não).

7.3. Análise dos testes de QV

As tabelas mantiveram o formato da primeira intervenção a fim de que a categorização fosse feita da mesma forma que a inicial. Os testes aplicados antes do início das aulas e após a última de forma online e remota foram baixados em um formato de planilha para análise do conteúdo das respostas.

Análise da primeira pergunta: o que você sabe a respeito de QV?

No primeiro momento da aplicação, os discentes tiveram que dissertar sobre o que entendiam a respeito do conceito de Química Verde, e as categorias da análise temática com as suas correspondentes frequências estão expostas na Tabela 7.

Tabela 7 – Análise temática sobre o conceito de QV, de acordo com o pré-teste da turma de 2021

CATEGORIA	TEMAS, UNIDADES DE SIGNIFICAÇÃO OU COMPONENTES	EXEMPLOS	FREQUÊNCIA											TOTAL DA CATEGORIA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Reducionismo à QA	Impactos ambientais	"Encontrar formas de mitigar os impactos ambientais"	X			X		X	X				X	12
	Química e ambiente	"Tópico dentro da Química Ambiental"		X			X			X				
	Agressão ao ambiente	"Métodos e materiais menos nocivos ao ambiente"			X			X	X			X		
12 Princípios	Foco nos 12 Princípios	"Sistematizada por meio de 12 princípios"	X				X	X	X		X	X		6
Sustentabilidade	Relação com a sustentabilidade/DS	"Alinhada ao desenvolvimento sustentável"							X	X			X	3
Mudança da indústria	Conscientização	"Conscientizar as indústrias que poluem"	X											2
	Mentalidade da indústria	"Mudar a mentalidade de produção industrial"				X								
ENEM	Questões de exames	"Só tive contato com questões do ENEM"		X							X			2

Fonte: elaboração própria.

A partir do conteúdo da Tabela, é possível analisar que, semelhante ao primeiro resultado, apareceram respostas mais direcionadas ao reducionismo da QV à Química Ambiental, como é o caso das três primeiras unidades de significação. Essa confusão ainda é comum visto que a QV ainda é uma área de estudo em crescimento e, por isso, sua visibilidade tende a aumentar com o passar dos anos, como pôde ser visto na atualização do mapeamento de publicações.

Ainda como na primeira turma, mais da metade dos cursistas relacionou, inicialmente, o conceito de QV aos doze princípios. Esse fato pode ser explicado porque é a maneira mais comum de se veicular essa corrente da Química e, além disso, todas as vezes que o ENEM mencionou QV nos últimos anos também foi fazendo relação aos princípios, ou seja, é comum que as pessoas, quando conhecem, reduzam apenas a eles.

Corroborando com este fato, é válido pontuar que dois respondentes colocaram que só tiveram contato com essa temática através das questões do ENEM, dando origem à categoria “ENEM”. De acordo com Efrem (2022, p. 101),

> Se determinado conteúdo desaparece do principal exame avaliativo do Brasil, é natural que as escolas dediquem menos tempo a ele e priorizem em seu currículo os conteúdos requisitados com maior frequência. (...) Escolas com baixos índices de aprovação nos vestibulares são pouco requisitadas.

Isso mostra que é comum, principalmente nas instituições de cunho particular, a preocupação em lecionar assuntos só porque já apareceram em exames vestibulares e não pela sua relevância, a fim de obterem *status* a partir do número de aprovados.

As duas categorias que mais se aproximaram do conceito e da filosofia da QV foram “Sustentabilidade” e “Mudança da indústria”. No entanto, é importante ressaltar dois pontos: o primeiro é que, apesar de aparecer como uma mudança de postura em relação aos processos químicos há o direcionamento apenas para a indústria, como se não fosse importante tê-la enquanto cultura. O segundo ponto importante é que, assim como na primeira turma, os três que pontuaram que a QV prezava pela sustentabilidade não conseguiram definir esse conceito quando o tópico de desenvolvimento sustentável foi discutido.

Dessa forma, fica evidente que o pensamento inicial dos componentes da turma em relação ao conceito de QV era ingênuo e reduzido, porém esperado para pessoas que não tiveram contato com essa área da Química ao longo de suas formações. Com o fim da disciplina, os discentes responderam novamente o mesmo questionamento e as novas categorias foram estabelecidas na Tabela 8.

Tabela 8 – Análise temática sobre o conceito de QV, de acordo com o pós-teste da turma de 2021

CATEGORIA	TEMAS, UNIDADES DE SIGNIFICAÇÃO OU COMPONENTES	EXEMPLOS	FREQUÊNCIA											TOTAL DA CATEGORIA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Socioquímica	Abordagem CTS	"Discute com os estudantes, a partir do CTS, criticamente sobre o ambiente"			X					X				8
	Tomada de decisão	"Promove a mudança de pensamento em relação ao ambiente para decisões"	X			X	X		X		X		X	
Química sustentável	Prevenção	"Desenhar para diminuir impactos ambientais ligados a processos químicos"			X			X		X				13
		"Pensar em rotas sintéticas alternativas que prejudiquem menos o ambiente"	X							X				
	Definição QV	"Reduzir ou eliminar a utilização ou geração de produtos perigosos"				X		X					X	
	Ser sustentável	"Princípios sustentáveis na prática"		X			X	X			X	X		
Conceitos	Cita algum(ns) conceito(s) abordado(s) na disciplina	"Estuda pegadas, *chemical leasing*, ciclo de vida, métrica, entre outros."		X					X			X		3

Fonte: elaboração própria.

É possível observar, com as informações contidas na Tabela 8, que a categoria que apresentou maior frequência no pós-teste, intitulada “Química Sustentável”, mostra que houve uma ampliação do entendimento dos cursistas em relação ao conceito de QV. Apesar de não ter sido citado o termo “prevenção”, entende-se que os exemplos que ilustram o componente com esse nome subentendem uma necessidade de pensamento sustentável anterior à execução do processo, a partir dos termos “desenhar” e “pensar”.

A unidade de significação “Definição QV” resume as respostas que se aproximaram do conceito clássico definido por Anastas e Warner (1998). Da mesma maneira, os princípios também foram citados nas respostas. No entanto, os 5 cursistas que mencionaram, atrelaram a QV a outros temas, como algum conceito abordado ao longo da disciplina, à prevenção, ou até mesmo ao processo de tomada de decisão.

Isso demonstra uma maturação em relação ao que se pensava no pré-teste, visto que, dos 5, 4 já haviam mencionado os 12 princípios como uma maneira de resumir o que era a QV.

A partir do que foi colocado na disciplina, alguns cursistas ainda relacionaram em suas respostas a possibilidade dessa filosofia chegar às escolas de nível básico, sendo uma das alternativas os conceitos trabalhados, como as pegadas, avaliação do ciclo de vida, métricas, dentre outros, que designou a categoria “Conceitos”. Outro cenário vislumbrado pelos cursistas é a abordagem CTS, focada na construção de um olhar crítico para o ambiente, e que foi a base de discussão de todas as aulas.

Este tipo de abordagem, somado ao componente “Tomada de decisão”, integram a categoria “Socioquímica”, retratando que o foco principal da QV é não só a conscientização da indústria química, mas também da população de uma maneira geral para perceberem a influência de suas ações, por mais individualizadas que sejam, podem impactar diretamente no meio ambiente.

Confrontando os resultados das análises inicial e final, pode-se perceber que, assim como na primeira turma, as percepções acerca do conceito de QV foram ampliadas. Dessa maneira, após a disciplina, os cursistas conseguiram demonstrar, através de suas respostas, que o abordado ao longo das aulas influenciou em suas respostas, se relacionando diretamente com as categorias elencadas na Tabela 8.

Análise da segunda pergunta: você acha que QV pode ser abordada no Ensino Básico? Se sim, como? Se não, por quê?

Em relação à primeira parte da pergunta, apenas três discentes apontaram que a Química Verde não seria possível de ser abordada no Ensino Básico, enquanto o restante da turma (oito pessoas) afirmou que era possível essa abordagem. Já no pós-teste, 100% da turma afirmou que era possível trabalhar conceitos da QV no Ensino Básico e, mais uma vez, mostrou que a disciplina foi capaz de mudar o pensamento deles. Esse resultado está descrito no Gráfico 4.

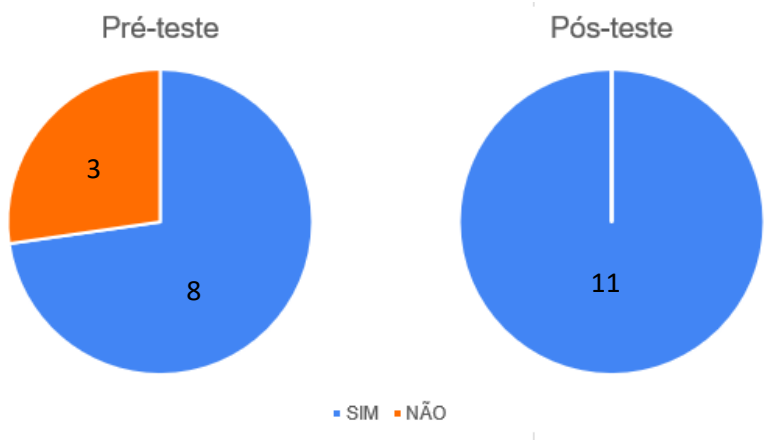


Gráfico 4 – Opinião dos discentes a respeito da aplicação de QV no Ensino Básico em 2021
Fonte: elaboração própria.

A respeito das justificativas das respostas fornecidas anteriormente para os pré-testes, montou-se duas tabelas (Tabelas 9 e 10) que apresentam as categorias que explicam tanto a negativa quanto a implementação.

Tabela 9 – Análise temática para a justificativa da não implementação da QV no Ensino Básico, de acordo com o pré-teste da turma de 2021

CATEGORIA	TEMAS, UNIDADES DE SIGNIFICAÇÃO OU COMPONENTES	EXEMPLOS	FREQUÊNCIA											TOTAL DA CATEGORIA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Conteúdo programático	Fuga do conteúdo previsto	"Se afasta do conteúdo proposto"	X								X			2
Investimento	Infraestrutura	"Precisaria de laboratório"					X							1
Falta de tempo	Falta de tempo para discussões	"Não há tempo hábil para discussões que alterem o pensamento dos alunos"					X							2
	Falta de tempo para aula especifica	"Não tem tempo para uma aula só de principios que é o que cai no ENEM"									X			

Fonte: elaboração própria.

Como já foi dito inicialmente, apenas três cursistas responderam que não seria possível abordar os conceitos de QV ao longo do currículo do ensino básico. É interessante observar, então, que, a maioria dos cursistas consideravam o contrário e, mesmo sem haver mudança curricular nas formações iniciais deles, isso pode ter acontecido por dois motivos: a frequência com que vem aparecendo questões no ENEM (e que foi componente das respostas), ou até mesmo um reflexo do mapeamento bibliográfico feito, que evidenciou um aumento significativo no número de publicações em periódicos de ensino nos últimos anos.

Em relação aos possíveis motivos que justificam essas respostas negativas, dois respondentes apontaram que os conceitos de QV não se aproximam dos conteúdos lecionados no ensino básico. Quando observado na Tabela 7, os dois responderam que esse ramo da Química estava atrelado diretamente aos doze princípios, o que pode justificar essa negativa, já que os princípios foram direcionados inicialmente à indústria e aos processos químicos, dando a falsa impressão da necessidade de práticas experimentais para abordá-los. Nesse mesmo viés, um dos cursistas apontou que a falta de laboratório de Química nas escolas também é um impeditivo para o estudo da QV, o que reflete a ideia desse perfil exclusivamente experimental.

Além desses pontos, é interessante pontuar que A9 foi um dos cursistas que apontou no pré-teste a relação apenas com o que já havia caído no ENEM, justificando nesse segundo momento que era preciso uma aula exclusiva para tratar desse assunto, já que os conteúdos se afastam do programado.

Ao longo das aulas, A9 apontou dar aula em uma rede particular de ensino do Rio de Janeiro e disse que o colégio possui apenas um capítulo da apostila utilizada destinada à QV, trabalhando esse material apenas na véspera do ENEM, a fim de preparar de maneira efetiva para o exame. Dessa maneira, uma aula direcionada aos doze princípios é preparada de forma expositiva e nenhum professor se sente preparado para lecionar essa aula, já que não foram instruídos nem em seus cursos de graduação, nem na própria instituição de ensino.

Em contrapartida às respostas dadas na negativa, a maioria da turma apresentou justificativas para confirmar a possibilidade de abordar os conceitos de QV no ensino básico e elas estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Análise temática para a justificativa da implementação da QV no Ensino Básico, de acordo com o pré-teste da turma de 2021

CATEGORIA	TEMAS, UNIDADES DE SIGNIFICAÇÃO OU COMPONENTES	EXEMPLOS	FREQUÊNCIA											TOTAL DA CATEGORIA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Conteúdo químico	Cita algum conteúdo especifico de Química	"Em estequiometria ou reações orgânicas"		X										2
		"Reações químicas, pilhas"			X									
Discussões	Discussão sobre impactos	"Discussões sobre os agentes químicos e os impactos ambientais"			X	X		X	X				X	9
	Discussão sobre processos	"Discussões sobre as diferentes produções industriais"				X		X				X		
	Discussão para refletir	"Discussões para reflexão e busca de ações mais sustentáveis"							X					
Interdisciplinaridade	Ser interdisciplinar	"Mesmo tema do cotidiano sendo interdisciplinar"								X				1

Fonte: elaboração própria.

Assim como na primeira turma, um cursista apontou o tema reações orgânicas como uma possibilidade de introdução dos princípios da QV e sugeriu, ainda, a possibilidade de se introduzir esses conceitos em estequiometria, já relacionando com a parte quantitativa das reações, o que pode ser observado na categoria “Conteúdo químico”. Mais uma vez, os princípios foram os norteadores para a maioria das respostas, talvez por serem os pilares da Química Verde.

No entanto, outro cursista apontou que a QV poderia ser trabalhada no conteúdo de reações químicas e pilhas, relacionando com os impactos ambientais. Apesar de ampliar a temática para mais um conteúdo químico, na tabela 7, é possível observar que A3 reduz a QV a uma forma de agredir menos o ambiente, o que corrobora com essa proposta de inserção no ensino básico, sem levar em conta a criticidade do tema.

Além dos conteúdos químicos, as discussões apareceram em grande parte das respostas, sejam elas a respeito dos diferentes tipos de produção industrial, sobre os impactos ambientais, ou até mesmo para reflexão (proposta apresentada por apenas um cursista). No entanto, os respondentes que falaram sobre as discussões, ressaltaram a dificuldade de promover esse tipo de diálogo devido ao tempo escasso – e que foi um dos motivos levantados por A5, na Tabela 9, para justificar a não implementação – insinuando que nas discussões não é possível agregar os conteúdos previstos no currículo.

Além dessas categorias, um cursista propôs que não houvesse um momento específico do currículo para a introdução dos conceitos de QV, e que isso fosse feito por meio de temas através da interdisciplinaridade. Como essa foi uma resposta que

se aproxima bastante do que é discutido ao longo da disciplina, foi solicitado a ele que falasse um pouco sobre a sua ideia na primeira aula.

Por entender que a QV aborda assuntos ambientais relacionados à sustentabilidade e que perpassam a Geografia, Biologia, História e Química, A8 acreditava que unir essas disciplinas em uma mesma temática pode ser uma opção para discutir os impactos ambientais. No entanto, quando questionado sobre o que ele entendia por interdisciplinaridade, houve a percepção de que, na verdade, havia um entendimento do que é a multidisciplinaridade, já que o exemplo abordava professores de várias matérias falando sobre um mesmo tema.

Ao final da disciplina, com a mudança para 100% dos cursistas confirmando a possibilidade de abordar os conceitos de QV no ensino básico, todos justificaram de que forma isso poderia ser feito e a categorização temática se encontra na Tabela 11.

Tabela 11 – Análise temática para a justificativa da implementação da QV no Ensino Básico, de acordo com o pós-teste da turma de 2021

CATEGORIA	TEMAS, UNIDADES DE SIGNIFICAÇÃO OU COMPONENTES	EXEMPLOS	FREQUÊNCIA											TOTAL DA CATEGORIA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Transversalidade	QV sendo trabalhada a qualquer momento	"Pode ser trabalhada todos os dias, estamos falando de atitudes diárias"			X		X						X	5
		"Durante todo o ensino de Química"		X						X				
Conceitos	Conceitos do ensino básico e da disciplina	"Problematização em estequiometria, termoquímica, com os princípios"	X									X		2
	Conceitos trabalhados na disciplina	"A partir das métricas, com experimentos do livro didático"		X					X					4
		"Com controvérsia, dilema, pra falar de segurança química, pegadas, etc"						X	X					
CTS	Projetos com viés crítico	"Projetos sustentáveis que tragam criticidade para o estudante "					X					X		14
	Problematização/ conscientização	"Problematizando padrões de produção e consumo, com olhar crítico"		X							X	X	X	
		"Conscientização de temas químicos que se relacionem ao meio ambiente e os impactos gerados"			X	X							X	
	Enxerto CTS	"Através de enxertos, se apropriando da abordagem CTS"	X			X		X	X		X			

Fonte: elaboração própria.

A análise de conteúdo das respostas permite chegar a três categorias finais, conforme apresenta a Tabela 11. A primeira delas foi nominada “Transversalidade”,

demonstrando que a QV pode ser trabalhada ao longo de todo o ensino de Química, e não de forma pontual, envolvendo mais do que conceitos, já que fala sobre atitudes, corroborando com a ideia de Farias e Fávaro (2011).

Essa categoria traz um resultado bastante positivo para a pesquisa porque retrata que 5 cursistas conseguiram enxergar, ao final da disciplina, que não é necessário um conteúdo específico para trabalhar essa corrente no ensino básico. Inicialmente, 2 desses respondentes apontaram conteúdos restritos para a implementação, enquanto 1 nem considerava possível essa abordagem no ensino básico.

A segunda categoria da Tabela 11 aborda os conceitos que foram abordados ao longo das aulas, como as métricas holísticas, a avaliação do ciclo de vida, as pegadas ecológicas, dentre outros. É possível observar, então, que esses conceitos não eram do conhecimento dos discentes e passaram a se tornar possibilidades de discussão a nível básico, sendo um dos fatores mais positivos da disciplina, já que inicialmente a maioria se ateve apenas aos doze princípios.

Além desses conceitos, contrapondo o que foi abordado na primeira categoria, 2 cursistas ainda trouxeram exemplos de conteúdos que são abordados no ensino básico. No entanto, tanto A2 quanto A10 trouxeram uma complementação em suas respostas mostrando que essa inserção pode acontecer com o aporte da abordagem CTS, a partir de um viés crítico e não só técnico.

No mesmo caminho, três temas englobam a última categoria, que foi denominada “CTS”: o primeiro aponta a execução de projetos sustentáveis, quando possível, que tragam criticidade ao estudante. O interessante a pontuar aqui é que durante a disciplina foi unanimidade entre eles a dificuldade de colocar em prática projetos de uma maneira geral, principalmente em colégios da rede particular, devido à falta de tempo. Talvez por isso, apenas 2 cursistas trouxeram essa possibilidade, sendo que ambos não atuam neste formato de escola.

O segundo componente desta categoria fala a respeito da problematização e conscientização dos padrões de produção e de consumo, além da utilização de temas químicos que se relacionem ao meio ambiente e os impactos que são gerados. Essa temática esteve presente em seis das onze respostas e converge diretamente para a ideia central da Química Verde de ser uma cultura, modificando os hábitos de consumo da população e de produção das indústrias, não só químicas.

A última unidade de significação presente na Tabela 11 trouxe de maneira explícita a menção à utilização da abordagem CTS para construir essa cultura mencionada anteriormente. No entanto, por entenderem que existem diversos tipos de enfoque, os cursistas ressaltaram que não é necessária a mudança curricular e que isso pode acontecer a partir dos enxertos CTS, principalmente para aqueles que lidam com um currículo engessado. De fato, para Vieira e Bazzo (2007, p.7), o enxerto CTS

> (...) consiste em introduzir nas disciplinas de ciências dos currículos temas CTS, especialmente relacionados com aspectos que levem os estudantes a serem mais conscientes das implicações da ciência e da tecnologia. (...) A vantagem de se trabalhar com enxertos CTS, é que eles permitem incorporar, com maior ou menor intensidade temas CTS, sem alterar os programas de ensino tradicionais.

A partir dos questionários, então, é possível dizer que a disciplina conseguiu, por mais um ano, atingir o objetivo de ampliar as concepções dos licenciados acerca da QV, mostrando a partir dos conceitos trabalhados, para além dos doze princípios, com a abordagem CTS que é possível abordá-los de forma crítica em qualquer nível de ensino, estabelecendo, assim, uma cultura sustentável no ensino de Química.

7.4. Análise dos testes do PIEARCTS

Assim como na primeira turma, foi confeccionado um quadro (Quadro 18) que relaciona o assunto da questão com sua média de referência, além das médias de pré e pós-testes, mostrando se houve ou não melhora entre os testes aplicados e, ainda, entre o pós-teste e a média global.

Quadro 18 – Resultados do PIEARCTS 2021

Questão	Médias da amostra geral	Média pré-teste	Média pós-teste	Melhora entre os testes	Melhora entre teste e média global
20141 - Influência do governo	0,247	0,282	0,437	SIM	SIM
30111 - Interações CTS	0,326	0,416	0,646	SIM	SIM
40161 - Responsabilidade social (contaminação)	0,340	0,278	0,403	SIM	SIM
40221 - Decisões morais	0,191	0,277	0,382	SIM	SIM
40531 - Bem estar social	-0,123	0,008	0,257	SIM	SIM
80131 - Decisões tecnológicas	0,011	0,192	0,383	SIM	SIM
20511 - Instituições educativas	0,242	0,349	0,401	SIM	SIM
40131 - Responsabilidade social (informação)	0,223	0,312	0,389	SIM	SIM
40211 - Decisões sociais	-0,028	-0,070	0,042	SIM	SIM
40421 - Resolução de problemas	-0,163	-0,077	0,076	SIM	SIM
Média	0,127	0,197	0,342	SIM	SIM

Fonte: elaboração própria.

Um dos fatores mais positivos dos resultados dessa turma é que todas as questões tiveram melhora, tanto em relação aos testes preenchidos, quanto em relação à média global. Esse resultado pode ter ocorrido devido às discussões feitas a partir das novas bibliografias, bem como pela participação dos cursistas ao longo das aulas. No entanto, é importante pontuar que a comparação entre as turmas não é interessante, uma vez que ocorreram em formatos diferentes, com bibliografias, debates e pessoas diferentes.

Além disso, todas as médias do pós-teste estão acima de zero, se aproximando de +1, o que mostra uma tendência dos estudantes à uma postura mais adequada perante os valores e atitudes de conceitos relacionados à ciência (SILVA *et al.*, 2015; VÁZQUEZ *et al.*, 2008).

Ainda sobre os pontos positivos, assim como na primeira turma, a disciplina obteve êxito já que a média entre os testes inicial e final aumentou 0,145 pontos (sendo maior do que o aumento da primeira intervenção), enquanto houve um aumento de 0,215 pontos em relação à média da amostra geral aplicada, sendo bem superior ao que é considerado uma alteração significativa de aprendizado (0,100 pontos nas médias) (BENNÁSSAR *et al.*, 2010).

Alguns fatos relacionados aos resultados dessa turma são interessantes e merecem ser analisados aqui:

- Como o ensino passou a ser remoto por causa da pandemia, a docente esperava que, caso houvesse um aumento nas médias de testes, esse não fosse tão significativo por causa das limitações que esse ensino traz. No entanto, acredita-se que a modificação da bibliografia somada às discussões direcionadas para um único foco (fosse ele da temática CTS ou de QV), deixaram o curso mais coeso e os estudantes mais envolvidos;
- Um cursista já possui doutorado em Química aplicada e obteve a pior média inicial da turma. Esse fato é curioso porque, inicialmente, espera-se que as pessoas com maior grau de escolaridade consigam ter atitudes mais adequadas em relação à ciência e à tecnologia, porém isso não foi evidenciado em suas respostas. Uma provável explicação para isso, é a sua especialização que sempre foi em um único ramo da Química que é essencialmente conteudista, refletindo em uma formação sem criticidade e, com isso, não pode ser considerado alfabetizado cientificamente, já que não considera as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (SASSERON; CARVALHO, 2011; SILVA, 2018);
- É válido ressaltar que, das 10 questões, 8 conseguiram superar a diferença de 0,100 pontos entre as médias, atingindo a faixa internacional de mudança significativa de aprendizado, enquanto na primeira intervenção foram cinco. As duas que não atingiram essa faixa (questões 20511 e 40131) já possuíam uma média inicial muito elevada (acima de 0,300 pontos) que, assim como pontuado anteriormente, torna difícil uma mudança muito significativa. Mesmo assim, como pode ser observado no quadro, aumentaram suas margens e isso é um fator positivo.

Além do quadro apresentado, confeccionou-se um gráfico (Gráfico 5) que mostra o comportamento das dez questões respondidas, sendo a linha azul tracejada a representação da curva do pré-teste, enquanto a linha laranja pontilhada indica os resultados obtidos nos testes finais.

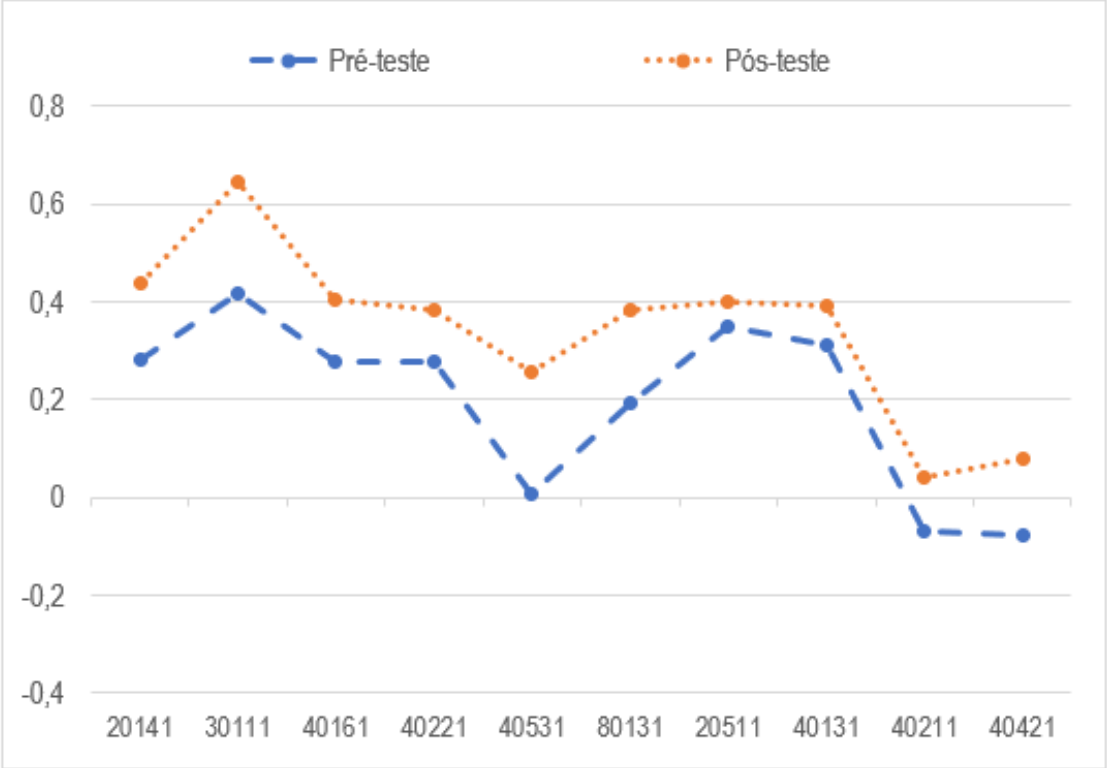


Gráfico 5 – Resultado das questões do PIEARCTS 2021
Fonte: elaboração própria.

Assim como na primeira turma, as questões que tiveram essa diferença significativa serão detalhadas aqui em ordem decrescente de diferença entre as médias, a fim de mapear o que houve de acordo e desacordo em relação às frases consideradas ingênuas, plausíveis e/ou adequadas.

- 40531 – Bem-estar econômico: Essa foi a questão que teve a maior diferença entre os testes (0,249 pontos), sendo que a média do pré-teste já havia sido maior do que a média global de referência, o que é um fator positivo. Esse tópico específico de tecnologia foi exaustivamente debatido ao longo da disciplina, principalmente porque todos os estudantes que atuam em sala de aula como professores, passaram pelo período remoto e tiveram que lidar com a questão tecnológica de frente, refletindo bastante acerca do que a tecnologia traz para a sociedade.

Em relação às frases, é válido pontuar que:

- As duas frases consideradas adequadas tiveram índices positivos, sendo o maior atribuído à frase “Sim e não. Mais tecnologia tornaria a vida mais agradável e mais eficiente, MAS também causaria mais contaminação, desemprego e outros

problemas. O nível de vida pode melhorar, mas a qualidade de vida pode não melhorar.";

- As frases "Sim, porque a tecnologia sempre melhorou o nível de vida e não há razão para que o não faça agora." e "Sim, porque a tecnologia cria trabalho e prosperidade. A tecnologia ajuda a tornar a vida mais agradável, mais eficiente e mais divertida." foram as que apresentaram as maiores discordâncias por parte dos estudantes. Por serem consideradas afirmativas ingênuas pelos peritos juízes, os índices também foram elevados;

- Outro fato importante de ser pontuado é que as duas frases que são consideradas plausíveis pelos peritos tiveram índices zero. Isso quer dizer que houve algum acordo/desacordo significativo para essas frases, que de uma maneira geral, é comum de acontecer em testes do PIEARCTS.

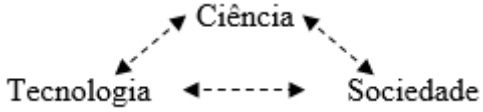
- 30111 – Interações CTS: Da mesma forma que na primeira turma, nessa intervenção, os discentes tiveram alguma dificuldade para entenderem esse formato de questão. Houve a explicação mais detalhada do que está sendo solicitado e pode-se afirmar que os esquemas que foram julgados como mais ingênuos, no mesmo viés que a primeira turma, são:

B) Tecnologia ⟶ Ciência ⟶ Sociedade

G) Ciência ⇠⇢ Tecnologia

Sociedade

Em contrapartida, o mais adequado, assim como para a primeira turma, é representado pelo esquema de setas duplas iguais entre os três pilares, proposto pela afirmativa F.



É válido ressaltar que essa questão já teve um índice muito elevado no primeiro teste (acima de 0,300 pontos) e ainda conseguiu superar a média de 0,200

pontos. Por esse motivo, apesar de ter uma evolução considerável, não foi a que apresentou a maior variação.

- 80131 – Decisões tecnológicas: Essa questão também apresentou uma relevância na primeira intervenção e versa sobre as vantagens e desvantagens de uma nova tecnologia colocarem à prova o uso delas. Em relação às frases adequadas, a que obteve a maior média no pós-teste foi:

- Muitas tecnologias novas puseram-se em funcionamento para ganhar dinheiro ou alcançar poder, ainda que as suas desvantagens fossem maiores que as suas vantagens.

O fato dessa frase ser considerada adequada tanto pelos peritos juízes quanto pelos estudantes da turma é de extrema importância porque evidencia que a disciplina foi um espaço de discussão que pôde proporcionar essa visão dos interesses por trás da ciência e da tecnologia, que é um dos princípios da proposta da abordagem CTS. Esse fato corrobora com o rompimento de algumas das visões simplistas que os cursistas traziam inicialmente sobre ciência e tecnologia, e que influenciam tanto na dinâmica das aulas (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Já a frase classificada como ingênua pelos peritos que mais teve discordância por parte dos discentes foi:

- A decisão de usar uma nova tecnologia depende principalmente dos benefícios para a sociedade, porque se há demasiadas desvantagens, a sociedade não a aceitará e esta pode travar o seu desenvolvimento posterior.

Essa frase foi a que teve uma das maiores diferenças de média entre o pré e o pós-teste (0,400 pontos), mostrando que as discussões foram essenciais para a mudança de pensamento deles.

Outro fato importante dessa questão é que a única frase que teve índices negativos antes e depois da disciplina foi a considerada plausível pelos peritos (afirmativa C). Isso foi bastante comum e acredita-se que acontece devido a dificuldade das pessoas nem concordarem, nem discordarem de alguma afirmativa e, conforme a tabela, se considerar um indeciso em relação a um determinado tópico.

- 20141 – Governo: Essa é uma das questões que não apresentou diferença significativa para a primeira turma, mas nessa aplicação alcançou a discrepância de 0,155 pontos. O objeto central em discussão é se a política de um país afeta ou não os

cientistas, sendo seres considerados isolados ou não da sociedade. A frase de maior acordo dos respondentes e que é considerada adequada foi:

- Os cientistas são afetados pela política de seu país porque os cientistas são uma parte da sociedade e são afetados como todos os demais.

Em contrapartida, as frases que justificam o fato de os cientistas não serem afetados pela política do seu país foram as que apresentaram maior grau de desacordo, obtendo índices superiores a 0,820 pontos, o que é considerado bastante positivo, já que se aproxima do valor limite que é considerado pelo projeto que é 1,000.

Mesmo tendo índices elevados nessas duas frases, a proposição que é considerada ingênua por dizer que “depende do país e da estabilidade ou do tipo de governo que tenha” para que os cientistas sejam afetados pela política teve um índice negativo tanto no primeiro quanto no pós-teste. Esse índice melhorou, mas continuou abaixo de zero, o que indica ainda alguma percepção inadequada acerca de um determinado valor; isso é reafirmado nesse caso, já que a política sempre vai afetar os cientistas porque eles são parte da população geral, positiva ou negativamente, independente do governo que tenha.

- 40421 – Resolução de problemas: Assim como a anterior, essa questão não apareceu no teste da primeira turma com a diferença acima de 0,100 pontos e foi uma das que o pós-teste não conseguiu superar a média de referência. Nessa aplicação, ela aparece com uma diferença de 0,153 pontos e foi bastante superior à média global.

É interessante pontuar que uma frase ingênua e uma adequada tiveram índices negativos, ou seja, grande parte concordou com o que é ingênuo e discordou do que é adequado. A frase adequada que apresentou esse índice negativo é:

- Os meus problemas cotidianos são resolvidos pela minha experiência passada ou por conhecimentos que não estão relacionados com a ciência e a tecnologia.

Enquanto a frase ingênua foi:

- O pensamento sistemático aprendido nas aulas de ciências ajuda-me a resolver problemas na minha vida diária. Os problemas diários resolvem-se de maneira mais fácil e lógica se tratam como problemas de ciências.

Quando os testes foram reenviados aos discentes para que eles analisassem e fizessem as autoavaliações, muitos deles disseram ter entendido que a questão não abordava TODOS os problemas envolvidos na vida diária. Dessa forma, nem todos os problemas conseguiriam ser resolvidos por experiência passada, porque poderiam ser novos, mas ao relerem os exemplos, entenderam que poderiam ter acesso às informações sem ser através da aula de ciências e reconheceram que foram ingênuos ao concordarem com a primeira afirmação e discordarem da última.

A frase adequada que apresentou maior concordância pelos discentes foi:

- As ideias e fatos que aprendi nas aulas de ciências por vezes ajudam-me a resolver problemas ou a tomar decisões sobre coisas como cozinhar, não adoecer ou explicar uma ampla variedade de fenômenos físicos (por exemplo, o trovão ou as estrelas).

É válido acrescentar que todas as alternativas plausíveis tiveram índices superiores a zero, o que justificou o aumento significativo dessa questão.

- 40161 – Responsabilidade social: Este tópico aborda a transferência da indústria pesada para os países não desenvolvidos, já que a contaminação ainda não é tão extensa. A diferença entre os testes foi de 0,125 pontos e as frases adequadas que tiveram maior concordância por parte dos estudantes da turma foram as que apontaram que a indústria pesada não deveria ser transferida para os países não desenvolvidos:

- porque transferir a indústria não é uma forma responsável de resolver a contaminação. Deveria reduzir-se ou eliminar a contaminação aqui (nos países industriais), em vez de criar mais problemas em qualquer outro lugar.

- porque a contaminação deveria ser limitada tanto quanto possível. Aumentá-la só criaria mais danos.

Essas duas frases vão ao encontro da temática verde e o princípio da precaução e que foram discutidos exaustivamente ao longo da disciplina, o que justifica os maiores índices (acima de 0,750 pontos) a partir da concordância. Em contrapartida, a proposição que apresentou maior desacordo foi:

- A indústria pesada deveria ser transferida para os países não desenvolvidos para salvar o nosso país (industrial) e as suas gerações futuras da contaminação.

Apesar de terem índices elevados de concordância e discordância para adequadas e ingênuas, respectivamente, essa questão não teve uma diferença tão grande porque as alternativas plausíveis ainda tiveram índices menores do que zero, corroborando com o que já foi dito anteriormente a respeito da tendência dos participantes em tender ao acordo ou desacordo total ou próximo deles.

- 40211 – Decisões sociais: Essa foi uma das questões que também apareceu na análise do PIEARCTS de 2019 com a diferença superior a 0,100 pontos na média da turma e discute se os cientistas e engenheiros devem ser os únicos a decidir os assuntos científicos do nosso país, já que são as pessoas que melhor conhecem do assunto. Em 2021, a frase considerada adequada pelos juízes que teve também o maior acordo por parte dos respondentes foi:

- A decisão deveria ser tomada de maneira partilhada. As opiniões dos cientistas e engenheiros, outros especialistas e os cidadãos informados deveriam ser tidas em conta nas decisões que afetam a nossa sociedade.

Esse é um assunto que se relaciona bastante com o período pandêmico que o Brasil e o mundo vivem, principalmente a respeito da vacina e o plano de imunização. Dessa maneira, isso foi muito abordado na disciplina e apontado com frequência pelos estudantes como algo importante de ser colocado em discussão.

Já a frase que foi considerada mais ingênua pelos estudantes e que corrobora com a opinião dos juízes foi que os cientistas e engenheiros são quem deveria decidir “porque têm a formação e dados que lhes dão uma melhor compreensão do tema.”

Essa também foi uma das questões que as frases consideradas plausíveis tiveram índices iguais ou inferiores a zero, mostrando que as frases adequadas e ingênuas são mais passíveis de um consenso do que as plausíveis (VÁZQUEZ *et al.*, 2008).

- 40221 – Decisões morais: Finalizando a análise, a questão 40221 não apareceu com a devida relevância na primeira aplicação, mas agora apresentou uma diferença de 0,105 pontos, caracterizando uma aprendizagem significativa. Essa é uma questão que propõe afirmativas que corroboram ou não com a ideia de que a ciência e a tecnologia podem ajudar as pessoas a tomar decisões em relação a outros grupos.

Em relação às frases consideradas mais ingênuas pela turma (e que vão ao encontro das opiniões dos juízes peritos), foram escolhidas:

A ciência e a tecnologia NÃO podem ajudar a tomar decisões morais:

- porque ciência e tecnologia não têm nada que ver com decisões morais; só descobrem, explicam e inventam coisas. O que as pessoas fazem com os seus resultados não é assunto dos cientistas.

- porque se as decisões morais se baseassem em informação científica, com frequência as decisões conduziriam ao racismo, supondo que um grupo de pessoas é melhor que outro grupo.

Em contrapartida, a mais adequada foi que a ciência e a tecnologia podem ajudar a tomar algumas decisões morais:

- Fazendo com que a nossa informação sobre as pessoas e o mundo que nos rodeia seja melhor. Esta informação básica pode ajudar a confrontar-nos com os aspectos morais na vida.

Todas as afirmativas consideradas plausíveis tiveram índices positivos, o que não foi comum na maioria das respostas e é considerado bom para a proposta do PIEARCTS.

A partir dos resultados do PIEARCTS, assim como na primeira turma, entende-se que a disciplina foi positiva e contribuiu em uma melhora nos formulários, possivelmente devido às discussões ocorridas em sala, bem como às bibliografias consultadas. No entanto, é importante entender o que os próprios cursistas consideraram relevante para que essas mudanças ocorressem e, por isso, as análises temáticas das autoavaliações se encontram a seguir.

7.5. Análise das autoavaliações

Da mesma forma que ocorreu na primeira aplicação, as autoavaliações foram enviadas para os cursistas na última aula do curso, para envio após uma semana. Apesar do tempo de retorno dos formulários não ter sido o acordado, todos os componentes da turma devolveram suas autoavaliações, indicando ter ocorrido

mudança de pensamento, e a análise de conteúdo delas foi feita, seguindo os mesmos critérios metodológicos da primeira turma. Os resultados podem ser observados na Tabela 12.

Tabela 12 – Análise das autoavaliações da turma de 2021

CATEGORIA	TEMAS, UNIDADES DE SIGNIFICAÇÃO OU COMPONENTES	EXEMPLOS	FREQUÊNCIA											TOTAL DA CATEGORIA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Aulas da disciplina	Participação na aula	"As discussões e trocas foram essenciais para que o meu rendimento melhorasse"	X			X	X		X		X		X	15
	Leituras	"A bibliografia foi muito boa e nos fez ter contato com algo de qualidade que ajudou bastante"		X			X	X		X			X	
	Dinâmicas	"A controvérsia, mesmo online, foi essencial."	X		X			X				X		
PIEARCTS	Análise do PIEARCTS	"Anteriormente eu não havia entendido a dinâmica do questionário, na segunda vez pude me dedicar melhor após o artigo"		X		X			X		X		X	5
Superação	Concepções ingênuas	"Trazia ideias muito superficiais e ingênuas da relação entre a ciência e o ambiente"		X			X		X			X		4
Prática docente	Mudança de postura docente	"Não consegui aplicar a proposta, mas consegui já modificar a minha prática em alguns discursos e dinâmicas de aula"				X				X				2

Fonte: elaboração própria.

Após a análise das respostas, chegou-se a 4 categorias finais. A primeira delas foi intitulada “Aulas da disciplina”, uma vez que engloba temas remetentes ao que foi trabalhado ao longo dos encontros. Essa foi a categoria que apresentou maior frequência nas respostas, sendo que a participação nas aulas foi a unidade de significação mais recorrente. De fato, a turma foi muito participativa na maioria das aulas, e por diversas vezes, mantinham debates sem que a docente precisasse incitar.

O contato com a bibliografia sugerida foi um fator que, segundo alguns cursistas, foi relevante para que eles conseguissem ampliar seus pensamentos. Para a pesquisa, esse tema foi de extrema importância porque, além de aparecer nas autoavaliações, ao longo das aulas alguns cursistas faziam menção a textos anteriores e conseguiam relacionar com o que estava sendo proposto naquele momento. Sempre que um artigo novo era discutido, a docente perguntava o que eles acharam da leitura e, sem exceção, todos os comentários foram positivos ao longo da disciplina. Como

boa parte da bibliografia foi modificada da primeira intervenção para essa, esse retorno pode ser interpretado como mais um sinal de que a troca foi vantajosa.

Além desses dois temas, a categoria ainda contou com as dinâmicas feitas durante as aulas como outro aspecto contribuinte para a evolução. Somado a controvérsia, que apareceu em 3 das 4 respostas, um cursista ainda citou a dinâmica feita na aula de métricas, em que eles tiveram que analisar a FISPQ das substâncias, analisar a matriz verde, e propor modificações para o experimento. Dessa maneira, observa-se que, mesmo de forma remota, essas dinâmicas foram importantes para que os cursistas conseguissem ter contato com alternativas viáveis para discutir a QV a partir de uma abordagem CTS.

A segunda categoria, também presente na primeira intervenção, trouxe a dificuldade inicial de entendimento do formulário do PIEARCTS. Esse é um ponto interessante de refletir porque, mesmo com a explicação inicial, alguns cursistas não conseguem entender qual é o objetivo do formulário. Apesar de entender que o formulário é complexo para quem nunca teve contato com esse tipo de metodologia, é possível que essa dificuldade esteja relacionada, de fato, com a necessidade de avaliar temas tão profundos e, por muitas vezes, não discutidos ao longo do processo de formação inicial.

A superação de concepções ingênuas e mitos relacionados à ciência e tecnologia, principalmente com o meio ambiente, deu origem a terceira categoria. Nesse momento, é válido pontuar que o cursista mencionado anteriormente que já possui doutorado (A7) colocou em sua resposta que “somente após a disciplina conseguiu perceber que a concepção que tinha de cientista ainda era bastante ingênua, mesmo tendo doutorado em pesquisa”. Esse relato é alarmante, pois mostra que A7 passou pela licenciatura, mestrado e doutorado e não conseguiu, ao longo do processo, desmistificar qual a importância do seu papel enquanto cientista perante a sociedade, corroborando, mais uma vez, com Sasseron e Carvalho (2011).

Finalizando a análise, dois cursistas trouxeram a mudança de postura na prática docente como uma consequência do que foi trabalhado ao longo das aulas. Por isso, mesmo sem ser um fator que contribuiu para a mudança, julgou-se necessário sua categorização para mostrar que, não conseguir aplicar o proposto no trabalho final da disciplina, não significa que pequenas mudanças na prática docente não possam ser feitas.

Dessa maneira, a partir do discurso dos cursistas, foi possível perceber que a disciplina teve um impacto a curto prazo positivo, contribuindo para uma ampliação nos conceitos relacionados a tríade ciência, tecnologia e sociedade, principalmente quando relacionados ao meio ambiente. No entanto, é importante saber se esse impacto se perpetuou a longo prazo ou não, o que será discutido no próximo capítulo.

8. O que aconteceu após a disciplina?

A partir do que foi observado nos formulários de QV, PIEARCTS, e nas autoavaliações, pode-se entender que a disciplina contribuiu para a ampliação de diversos conceitos, bem como para uma consciência de mudança em relação a ideias iniciais ingênuas e, até mesmo, à prática docente. No entanto, todos esses formulários foram respondidos assim que a disciplina se encerrou. É preciso ir além. Essa mudança na prática docente se perpetuou? Mais alguma mudança ocorreu? Algum conceito de QV foi trabalhado no ensino básico sem a cobrança da disciplina? As aulas desses cursistas estão contribuindo para uma formação crítica? Se houve vontade, houve alguma dificuldade para se apropriar do que foi proposto ao longo da disciplina?

Essas ideias nortearam um novo questionário (Apêndice D) que foi enviado para todos os cursistas egressos, tanto da turma de 2019 quanto a de 2021, a fim de entender o que está sendo feito atualmente, principalmente em um cenário em que as aulas já retornaram presencialmente, e o ensino remoto não se faz mais um impeditivo como no último ano. Alguns cursistas não responderam o contato da docente e, por isso, o universo de respostas não foi o mesmo daquele já apresentado.

A análise de conteúdo foi feita da mesma forma que todos os questionários anteriores (análise temática), para que as categorias fossem elencadas. Nesta turma, dos 18 cursistas que fizeram a disciplina, apenas 5 não responderam, o que representa um universo significativo da turma. O conteúdo dos questionários de 2019 pode ser observada na Tabela 13.

Tabela 13 – Análise dos questionários dos cursistas egressos da turma de 2019

CATEGORIA	TEMAS, UNIDADES DE SIGNIFICAÇÃO OU COMPONENTES	EXEMPLOS	FREQUÊNCIA																	TOTAL DA CATEGORIA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Mudanças nas aulas	Criticidade e reflexão	"Motivou a incrementar assuntos e levar reflexões para o aluno"	X						X						X		X				24
		"Já falava de ambiental, mas foquei em fazer de forma mais crítica"				X						X		X		X		X			
		"Independente do conteúdo, tento trazer reflexões acerca do ambiente"				X							X						X		
	Interesse	"As aulas ficaram mais provocantes e estimulantes, gerando mais debate"	X									X		X		X		X		X	
	Amadurecimento na prática docente	"As aulas contribuiram ativamente no amadurecimento das minhas atividades"					X		X				X	X	X				X		

Aplicação prática	Trabalhos finais da disciplina	"Consegui aplicar o que propus ao final da disciplina e foi sensacional, alunos muito interessados"				X				X		X	X	X				X	23
	Conceitos de QV	"Procurei utilizar os conceitos de QV de forma mais ampla do que fazia"	X				X			X						X			
		"Trabalho alguns conceitos de QV em determinados pontos da matéria"			X		X			X	X				X			X	
		"Tive a oportunidade de falar sobre pegadas e métricas no 7° ano EF e 2° ano EM"				X										X			
	Controvérsia	"Fiz controvérsia controlada no EJA e no regular. Muito interessante"				X					X							X	
	Projetos oriundos das discussões da disciplina	"Trabalhei cibercultura e conscientização do ambiente"															X		
		"Desenvolvi uma proposta de oficina de produção de bioglitter com os alunos"													X				

Fonte: elaboração própria.

Após a análise das respostas, duas grandes categorias foram estabelecidas, abordando diversos temas inseridos nelas. A primeira foi intitulada “Mudança nas aulas” e teve, pelo menos, uma das três unidades de significação presente nas respostas de todos os cursistas. Dos três temas que estão nessa categoria, o que mais apareceu nas respostas foi criticidade e reflexão, mostrando que, em suas aulas, aqueles que já abordavam a temática ambiental, agora a fazem de forma mais crítica. Além disso, alguns cursistas colocaram que conseguem trazer reflexões independente do conteúdo químico que está sendo lecionado.

Um fato importante de ser acrescentado a essa unidade de significação é que um cursista (A12) procurou a docente da disciplina antes desse questionário ser enviado, para contar que seus estudantes estavam comentando com outros professores da escola que gostariam de aulas mais polêmicas para que eles pudessem discutir e entender melhor a realidade, como as aulas de Química estavam sendo. O cursista, então, agradeceu a docente da disciplina por ter incentivado a modificar o olhar que era dado às aulas, principalmente na parte da preparação e pesquisa feita por ele.

Ainda nesse viés, o segundo componente desta primeira categoria foi intitulado interesse, justamente por abordarem que as aulas acabaram estimulando mais seus estudantes, como foi o caso do relato de A12. Além desse, o amadurecimento na prática docente foi um fator que já tinha sido apontado como relevante para a mudança nos formulários, e reapareceu nas respostas dos questionários. Para entender melhor o que esse aprimoramento significava, a docente entrou em contato com os seis cursistas e perguntou por que eles consideravam que a disciplina havia contribuído para isso.

Todos eles construíram seus argumentos baseados na mudança de condução da aula, trocando o que antes era automático e exclusivamente conteudista para uma abordagem contextualizada, que faça sentido aprender para o estudante e que ele possa se sentir envolvido. Dois deles disseram, ainda, que essa “virada de chave” foi essencial para o envolvimento dos seus estudantes, para a melhora do rendimento de suas turmas e, inclusive, para o comportamento ao longo das aulas. De fato, um ensino contextualizado e pautado na abordagem CTS almeja mais do que o entendimento de um conteúdo específico, desenvolvendo habilidades e valores essenciais para a alfabetização científica e a formação cidadã (SANTOS; MORTIMER, 2002).

A segunda categoria que também apareceu na resposta de todos os cursistas que devolveram o questionário foi “Aplicação prática”, já que envolve conceitos, ideias e discussões que foram abordadas ao longo da disciplina e que foram trabalhadas por eles enquanto professores do ensino básico. Inseridos nessa categoria estão quatro componentes: o primeiro deles fala sobre a aplicação dos trabalhos propostos no final da disciplina. Alguns grupos não tinham conseguido se apropriar do que foi exposto até o momento da apresentação, e, aqueles que o fizeram posteriormente, tiveram resultados positivos, com alunos bastante interessados.

A unidade de significação “conceitos de QV” foi elencada em 9 das 13 respostas. Alguns cursistas deram exemplos das abordagens que foram trabalhadas, como o uso das pegadas ecológicas e das métricas, mas a maioria apontou que se utilizou de conceitos em determinados pontos do currículo. Importante pontuar que um dos motivos para essa conduta foi a conjunção entre o conteúdo químico e o conceito de QV, sem justificar a falta de tempo como um empecilho para tal.

Apesar de terem abordado que a QV é trabalhada em alguns pontos específicos do conteúdo, 2 cursistas também colocaram em suas respostas que, independente do momento do currículo, tentam sempre trazer reflexões acerca do meio ambiente. Esse dado é relevante porque mostra que esses cursistas estão buscando a inserção dessa temática de forma crítica, mesmo que esta não seja feita a partir de um conceito rotulado.

A controvérsia controlada foi apontada, também, como uma prática executada tanto para o EJA quanto para o ensino regular. O uso desta técnica é importante em qualquer modalidade de ensino para “ampliar a visão dos participantes sobre a verdadeira relação CTSA e perceber na prática a importância de ser um cidadão

socialmente ativo" (SOUZA; CHRISPINO, 2021, p. 166). Se apropriar da controvérsia no EJA se torna ainda mais relevante, visto que essa modalidade de ensino objetiva desenvolver em seus educandos o exercício da autonomia, a partir de uma consciência crítica e melhor compreensão do mundo que o cerca (AMORIM; PORDEUS, 2022).

Por fim, 2 cursistas trouxeram em suas respostas que elaboraram projetos com base no que foi discutido ao longo da disciplina e já os colocaram em prática. Um deles diz respeito a cibercultura[55] para desenvolver uma conscientização sobre o meio ambiente, a partir da discussão de conceitos como sustentabilidade, economia circular, avaliação do ciclo de vida. A outra proposta foi uma oficina de produção de bioglitter (um glitter biodegradável) feito a partir de algas com alunos do ensino básico. Após a devolução dos questionários, a docente entrou em contato com os respondentes para mais detalhes sobre os projetos, mas não obteve sucesso.

A partir dos resultados da análise de conteúdo dos questionários, é possível dizer que os cursistas da turma de 2019 continuam tentando colocar em prática o que foi discutido ao longo das aulas, principalmente no que diz respeito a uma formação mais crítica e sustentável. Dessa maneira, os conceitos de QV permanecem sendo trabalhados, seja através dos trabalhos propostos ou em momentos do currículo que convergem com eles, segundo o planejamento dos cursistas.

Assim como nesta turma, o mesmo procedimento foi executado para a turma de 2021, sendo que, dos 11 que frequentaram as aulas, apenas 3 não responderam. O resultado da análise de conteúdo pode ser observado na Tabela 14.

Tabela 14 – Análise dos questionários dos cursistas egressos da turma de 2021

[55] Para saber mais sobre cibercultura, acesse https://pt.wikipedia.org/wiki/Cibercultura.

CATEGORIA	TEMAS, UNIDADES DE SIGNIFICAÇÃO OU COMPONENTES	EXEMPLOS	FREQUÊNCIA										TOTAL DA CATEGORIA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Mudança nas aulas	Abordagem CTS / Criticidade	"Me pego sempre buscando uma abordagem CTS"	X			X				X				11
		"Já consigo enxergar diversas possibilidades de discussão, agora de forma mais crítica"		X	X									
		"Com a ajuda da disciplina, pude constatar que enxertar CTS é saudável, recomendado e plenamente aderente a estruturas curriculares que já estão mais estabelecidas."									X		X	
	Concepção das aulas	"Evolui principalmente na hora de montar as minhas aulas"				X	X			X	X			
Aplicação prática	Conceitos de QV	"Mesmo trabalhando em sistema de ensino tradicional, tento inserir conceitos de QV ao longo dos conteúdos"				X	X				X			8
		"Usei conceitos de QV, como avaliação de ciclo de vida, em momentos específicos"	X		X								X	
	Trabalhos apresentados na disciplina	"Apliquei o que foi proposto, fiz adequações e foi bem produtivo"		X			X							

Fonte: elaboração própria.

Assim como na primeira turma, todos os cursistas trouxeram em suas respostas mais de uma unidade de significação presente na tabela, mostrando que se preocuparam com a descrição detalhada na hora de desenvolver seus *feedbacks*. Além disso, apesar dos componentes não terem sido exatamente os mesmos, as categorias finais acabaram sendo iguais aquelas da turma de 2019.

A abordagem CTS e a proposta de um ensino mais crítico fazem parte do tema que foi presente em 7 das 8 respostas. É interessante pontuar nesse momento que, durante as aulas, alguns cursistas se posicionavam dizendo que na teoria era muito pertinente, mas na prática, se apropriar desse tipo de abordagem era inviável por causa do tempo. Além do fato de ser citada na maioria esmagadora das respostas como algo que mudou na prática docente dos cursistas, 2 deles deixaram claro que é o enxerto CTS é plenamente aderente às estruturas que são mais engessadas.

Assim como abordado na disciplina, o enxerto CTS acaba sendo uma possibilidade mais plausível para os docentes visto que o programa curricular proposto pelas escolas é mantido, e há a inserção de ideais CTS, buscando promover reflexões e estímulo aos temas tecnocientíficos atuais, pertinentes e aplicáveis na vida dos

estudantes (CHRISPINO, 2017; OLIVEIRA; FIRME, 2022; VILELA; CARBO; ARAUJO, 2022).

O outro componente que dessa categoria de mudança nas aulas abordou a respeito da concepção delas, retratando uma evolução de pensamento na hora de planejar o que será feito em sala de aula. Esse componente é de extrema relevância porque demonstra que a mudança não ocorre apenas no ambiente da escola, mas se inicia na idealização e preparação do que será proposto pelos docentes. Dessa forma, não colocar os conteúdos como elementos-chave para as ações, e objetivar superar os enfoques formativos técnicos, acadêmicos e fenomenológicos é essencial para que o processo de ensino-aprendizagem pautado estritamente conteudista não se perpetue (PÓRLAN; RIVERO, 1998).

A segunda e última categoria, indo ao encontro da primeira turma, também trouxe exemplos do que os cursistas estão fazendo atualmente, após o término da disciplina. É válido lembrar que, no momento das aulas, o ensino estava majoritariamente remoto e nenhum cursista conseguiu aplicar o que foi proposto como trabalho final da disciplina.

Dessa forma, uma das unidades de significação apontada por 2 deles foi a utilização de seus trabalhos, de maneira adaptada a partir das discussões feitas quando foram apresentados. A docente procurou os respondentes após a análise das respostas para saber com detalhes o que havia acontecido, mas apenas um deles atendeu o contato feito por *e-mail*, sendo o questionário a única fonte de informação do outro, que apontou ter sido produtivo.

O cursista 2 da tabela 14 foi um dos integrantes do grupo que versou sobre polímeros e o uso dos conceitos de economia circular, matriz verde, dentre outros. Ele expos que o colégio de aplicação é da rede particular e que recebeu apoio da coordenação para que conseguisse fazer ao longo do trimestre a sua proposta, mais alargada do que o grupo tinha apresentado inicialmente. Disse, ainda, que todas as séries do colégio se envolveram no sarau de poesias, com o auxílio da equipe de português, fazendo um evento aberto à comunidade escolar como culminância do projeto. Seus alunos se mostraram extremamente participativos e entusiasmados com a ideia de apresentar os trabalhos para suas famílias, decorando a escola toda com temas de conscientização ambiental, bem como dos conceitos verdes que foram trabalhados com eles.

Esse relato descreve que a proposta do grupo, mesmo em um colégio da rede particular, teve boa aceitação por parte dos dirigentes, professores e alunos. Este fato deixou o cursista esperançoso de conseguir sugerir mais projetos e sequências didáticas neste formato, porque pôde vivenciar uma experiência positiva tanto para a sua disciplina quanto para a união da escola.

A outra unidade de significação trouxe exemplos de conceitos da QV que foram abordados pelos cursistas ao longo de suas aulas. É importante observar que, mesmo nos colégios mais engessados e que se apropriam de sistemas de ensino próprios, foi possível trabalhar esses conceitos, nem que fosse em momentos específicos do currículo. Esse componente apareceu em 6 das 8 respostas, mostrando que a maioria dos cursistas consegue permanecer trabalhando com o que foi discutido ao longo das aulas mesmo após o fim da disciplina.

Sendo assim, é possível entender, a partir dos questionários com as duas turmas, que a disciplina atingiu seu principal objetivo, que era fazer os conceitos de QV chegar ao Ensino Básico, mostrando que a abordagem CTS pode ser o melhor caminho para que isso ocorra. Mesmo sem terem contato com um curso de formação inicial focado na temática verde e na abordagem CTS, a disciplina do curso de especialização pode ter sido um diferencial na trajetória acadêmica e profissional desses cursistas, promovendo debates e reflexões acerca da prática docente e da responsabilidade deles na formação mais crítica de seus educandos.

9. Considerações finais

A crescente crise ambiental ocasionada pelos avanços científico-tecnológicos ligados à Química, principalmente no setor industrial, fez com que a Química Verde surgisse nos anos 90, pautada pelos doze princípios, e começasse a ser encarada como uma forma de enfrentamento aos problemas socioambientais. É notório que os danos gerados, especialmente aqueles que envolveram tragédias com seres humanos, e que são provenientes das atividades químicas, foram decisivos para que as práticas químicas fossem revistas.

No entanto, ainda é comum que esse novo olhar para as práticas químicas se resuma apenas ao espaço físico da indústria e/ou do laboratório, se preocupando mais com os procedimentos químicos complexos em si do que com a filosofia verde por trás da proposta sustentável da Química que deveria ser abrangida para toda a população que tem contato com produtos químicos diariamente.

Nesse sentido, a QV acaba sendo alvo de pesquisas majoritariamente no Ensino Superior e em cursos mais técnicos, como as engenharias e o bacharel, se afastando da licenciatura. Em consulta aos grupos de pesquisa cadastrados no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)[56], apenas nove grupos possuem em seus nomes o termo “Química Verde”, sendo só o grupo liderado pela professora Vânia Zuin, já mencionada neste trabalho como autora relevante para o ensino da Química Verde está cadastrado na área de educação. Outro grupo também possui o termo “educação” no título, e, apesar de ser cadastrado na área de Química, merece destaque, é o grupo liderado pela professora Marilei Mendes, da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Abrangendo essa busca, quando as palavras-chave foram incluídas na pesquisa, o número aumentou consideravelmente, o que indica que outros grupos podem possuir linhas de pesquisa nessa área, mas possui o foco principal na QV. O resultado mostrou que oitenta e cinco grupos possuem esse termo em suas pesquisas, sendo apenas dois cadastrados na área de educação: o já mencionado anteriormente, liderado pela professora Zuin e o grupo de pesquisa do Colégio de Aplicação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (CAp UERJ), que possui uma

[56] Disponível em https://www.gov.br/cnpq/pt-br.

linha de pesquisa destinada a atividades relacionadas à sustentabilidade e QV, que conta com apenas um aluno de graduação cadastrado.

Dessa maneira, percebe-se que a QV é desenvolvida com maior relevância no ensino superior e em cursos que não são voltados para a educação química. Além disso, é importante pontuar que, por muitas vezes, esses mesmos cursos de educação não trazem, ainda, a proposta de superação de um ensino linear, cuja ciência é baseada em verdades acabadas e neutras. Dessa maneira, é comum que os estudantes, quando formados, questionem a validade do ensino que eles mesmos colocam em prática quando lidam com alunos desinteressados. De acordo com Mamede e Zimmerman,

> Como promover o letramento científico dos alunos, dentro de uma perspectiva CTS, se os professores, em sua maioria, não são eles próprios letrados cientificamente? Ou ainda, se eles compreendem a ciência como um conjunto de verdades que devem ser transmitidas aos alunos ou como um conjunto de técnicas e procedimentos de investigação, e não como uma prática social sócio-historicamente situada? (MAMEDE; ZIMMERMAN, 2005, p.2).

Ainda, segundo Acevedo Díaz *et al.* (2003), para que a alfabetização científica seja viável em todos os níveis educacionais possíveis, é preciso que os docentes reflitam sobre qual é o propósito do ensino de ciências e, consequentemente, o de Química no caso da ciência específica, para o século atual. Para tal, é de direito que recebam uma formação adequada às orientações do movimento CTS que busca a análise da ciência e da tecnologia como um processo de construção social, sem massificar o conteúdo científico (CUTCLIFFE, 2003; AIKENHEAD, 1994).

Sendo assim, como, então, pensar em implementar uma filosofia verde desde o ensino básico para que os estudantes pensem sob uma perspectiva abrangente e crítica da Química, englobando a compreensão das relações sistêmicas desta área com a sociedade, o ambiente, a economia, a tecnologia e a política, tendo em vista uma postura ética, se os próprios docentes não são formados sob essa perspectiva? Ou seja, **de que forma os conceitos de Química Verde, pautados na abordagem CTS, podem ser discutidos com professores e chegar ao Ensino Básico ajudando a contribuir para a formação crítica dos estudantes?**

A partir dessa reflexão, a proposta deste trabalho foi estruturar uma disciplina em um curso de especialização em ensino de Química, ou seja, de formação continuada de professores, cujo objetivo era apresentar o histórico de construção da

QV, bem como seus princípios e conceitos que podem ser trabalhos no ensino básico, sob o viés da abordagem CTS. Essa disciplina permitiria que os professores que não tiveram oportunidade de lidar com essa perspectiva mais sustentável da Química ao longo de suas formações pudessem refletir sobre suas práticas, a fim de buscar um ensino de Química mais preocupado com o ambiente e com a criticidade dos discentes.

Após a execução das duas turmas discorridas ao longo deste texto, os resultados permitem inferir que é possível abordar a QV a partir da abordagem CTS se apoiando em discussões que problematizam os conceitos que se aproximam dos conteúdos lecionados no ensino básico, a fim de que o currículo não precise de modificações consideráveis em relação ao que é solicitado geralmente.

Fundamentado no que foi observado nos questionários iniciais a respeito do que conheciam sobre QV antes da disciplina, muitos associaram essa corrente aos doze princípios e a uma prática estritamente experimental. Essa ideia foi ampliada e, além dos questionários finais, a autoavaliação e o formulário pós disciplina também comprovam a evolução, retratando um olhar mais crítico nos cursistas e a preocupação em abordar essa temática com seus estudantes.

Somado a isso, muitos deles conheciam ou já tinham ouvido falar sobre alguns conceitos, mas consideravam, antes da disciplina, que eles não convergiam com o que é proposto nos currículos de Ensino Básico. Alguns sugeriram, inicialmente, que essa inserção ocorresse de maneira paralela ao conteúdo, ou seja, com projetos, mas todos conseguiram, a partir das aulas, relacionar e pensar em ideias que pudessem acontecer ao longo do conteúdo programático.

Sendo assim, ao final da disciplina, os cursistas elaboraram sequências didáticas, algumas já aplicadas inclusive, que precisavam ser pautadas na abordagem CTS para inserir algum conceito da QV. Como puderam ser lidas ao longo desse trabalho, as ideias abordaram desde os princípios, a conceitos como a matriz verde, biomassa, economia circular, dentre outros.

Inicialmente, todos os grupos atingiram o objetivo inicial, mas era preciso analisar se as propostas possuíam uma abordagem técnica da QV ou se iam em direção a uma visão crítica. Para isso, os trabalhos foram categorizados de acordo com as facetas elencadas por Sjöström e Talanquer (2014) para que se enquadrassem no tetraedro de Sjöström (2013), adaptado por Marcelino (2020), no

qual o primeiro patamar retrata o viés técnico, com a QV aplicada, e o topo engloba propostas que levem em conta a QV em uma pegada crítico-reflexiva, passando pela socioquímica verde.

Somando os trabalhos propostos pelas duas turmas (nove grupos), um trabalho ficou localizado no patamar mais baixo, devido ao fato de não trazer uma discussão contextualizada, bem como a abordagem de questões sociocientíficas. Já o patamar mais elevado contou com a presença de três grupos, sendo dois na primeira turma e um na segunda, propondo ideias mais elaboradas, e pensando em um ensino facilitador de uma formação com cidadãos de pensamento crítico sociocultural e sociopolítico, progredindo no sentido da sustentabilidade global (SJÖSTRÖM; EILKS; ZUIN, 2016; SANDRI; MARQUES, 2021).

Os outros cinco trabalhos se localizaram no patamar intermediário, denominado socioquímica verde, que aborda questões pertinentes ao caráter social da QV. A ideia central é ensinar e aprender como é feita a Química, qual a influência que a sociedade tem na construção do conhecimento e como ela é influenciada pelos avanços tecnocientíficos (MARCELINO, 2020). É, assim como o superior, um nível interessado em promover a sustentabilidade, mas não chega ao nível crítico de discussão do último patamar.

Foi possível, então, observar que apenas três grupos propuseram sequências que abordam alguma temática verde envolvendo a abordagem CTS mais aprofundada, debatendo criticamente e fazendo os estudantes refletirem sobre eventuais tomadas de decisão relacionadas aos temas. No entanto, é importante dizer que a movimentação dos demais grupos para uma tentativa de ampliação da vertente técnica deve ser considerada relevante, pois a maioria não teve contato com essas discussões em seus cursos de formação e a disciplina acabou sendo o primeiro convívio deles.

Além da categorização dos trabalhos, a fim de mensurar o quanto a disciplina impactou nas crenças, atitudes e valores dos estudantes em relação à ciência e à tecnologia, foi aplicado o questionário do PIEARCTS com dez questões que se aproximavam das temáticas discutidas ao longo da disciplina. O objetivo, então, era colocar em números as concepções prévias e o quanto isso foi alterado após a leitura dos textos e as dinâmicas feitas em sala de aula, chegando, assim, a uma classificação quanto a ingenuidade e/ou adequação dessas concepções.

Inicialmente, a primeira turma apresentou um índice de 0,136 pontos, enquanto a segunda atingiu 0,197 pontos. É possível, já identificar uma diferença, mesmo que seja bastante sensível, entre as duas turmas; é curioso, inclusive, que na primeira turma, a maioria dos cursistas estava trabalhando como docente responsável em suas escolas, enquanto a outra tinha uma quantidade significativa sem trabalhar ativamente em sala de aula. Apesar de ser um índice maior do que zero, esse resultado inicial pode refletir que, até o momento do teste, os cursistas apresentavam algumas concepções ainda consideradas ingênuas, mesmo aqueles que já possuem, além da graduação, cursos de formação continuada, como mestrados e doutorados.

Após a disciplina, as duas turmas apresentaram melhoras em seus testes: a primeira atingiu 0,243 pontos, e a outra alcançou a marca de 0,342 pontos. Ambos os resultados são bastante positivos pois superaram a faixa de 0,100 pontos (0,107 e 0,145 pontos, respectivamente), que é o considerado internacionalmente como um parâmetro para o resultado ser eficaz. Além disso, é importante ressaltar que todas as questões tiveram melhora entre os testes e a maioria delas conseguiu superar a média global de referência nas duas intervenções; apenas duas na primeira turma não ultrapassaram esses valores.

Diversos são os motivos que podem fazer esses testes sofrerem melhora, mas é essencial pontuar que a participação efetiva e o interesse dos cursistas nas discussões que ocorreram fez toda a diferença na condução das aulas. Essa é uma consequência da apropriação da abordagem CTS, já que possibilita aos estudantes uma assimilação acerca dos impactos sociais da ciência e da tecnologia, mostrando a eles a importância da sua participação consciente e crítica na sociedade (ACEVEDO DÍAZ, 2009; SOUZA; CHRISPINO, 2021; LORENCINI JÚNIOR *et al.*, 2016.; ASSAI; ARRIGO, 2015). Dessa maneira, desenvolver os conceitos de QV a partir da abordagem CTS foi encarado como uma alternativa que trouxe interesse, participação ativa e, ainda, evolução nos testes do PIEARCTS.

Ainda sobre a questão de melhoras, à medida que as turmas vão contribuindo para a disciplina, há modificações que contribuem para a melhora dela, como foi o caso da mudança da bibliografia de CTS de uma intervenção para outra. No entanto, são muitos os fatores que podem interferir nesses resultados: são alunos diferentes a cada ano, o formato do ensino foi completamente diferente (presencial e remoto), a bibliografia utilizada foi parcialmente distinta, alguns temas são renovados e outras informações são agregadas a cada ano, dentre outros.

Dessa forma, não cabe aqui dizer que a segunda turma foi melhor do que a primeira, porque o objetivo do trabalho não é promover uma disputa entre os alunos, mas sim analisar o que funciona ou o que precisa ser modificado em relação às metodologias utilizadas, ano a ano. Para isso, os estudantes deixam as suas impressões acerca do que é trabalhado e a percepção da docente sobre o que foi feito na disciplina também contribui para as modificações.

Além de todos os resultados apontados anteriormente, era preciso saber se a disciplina havia gerado impacto na prática docente dos cursistas mesmo após o seu término e sem a obrigatoriedade de apresentação de trabalho. Houve alguma inserção de conceito da QV a partir da abordagem CTS depois da disciplina? Para isso, um novo questionário foi enviado para os cursistas egressos um ano após a conclusão dela, procurando saber a respeito das mudanças de prática docente deles.

Nem todos os cursistas que frequentaram a disciplina responderam ao questionário, mas, daqueles que devolveram preenchido, todos disseram ter havido modificação, seja na dinâmica das aulas, com propostas mais críticas, seja, inclusive, na preparação delas. Além disso, alguns cursistas conseguiram aplicar as sequências que foram propostas no trabalho final da disciplina, obtendo resultados bastante positivos. De uma maneira geral, foi frequente a fala de que as aulas se tornaram mais interessantes, e os alunos mais empenhados, menos dispersos, fazendo questão de interagir e colocar suas opiniões.

Sendo assim, a docente entende que a disciplina vem cumprindo seu objetivo principal que é fazer com que a QV chegue ao Ensino Básico, se afastando da vertente técnica e instrumental. A abordagem CTS age como a base para ajudar os cursistas a entenderem que a aula de Química pode contribuir para que seus alunos construam um senso de identidade como cidadãos pensantes, ativos e críticos, mesmo que em colégios que o currículo não permite tantas modificações.

De acordo com Sjöström e Talanquer (2014, p. 1130),

> os educadores de Química devem aspirar a elevar seus cursos no tetraedro[57], abrindo espaços para o empoderamento e transformação dos alunos por meio da problematização multifacetada, buscando compreender as incertezas no conhecimento da Química, refletindo sobre os benefícios, custos e riscos dela e suas aplicações, além de engajar-se em ações crítico-democráticas para a sustentabilidade. (tradução própria)

[57] Proposto por Sjöström e Talanquer (2014) e exposto na Figura 14.

A partir da disciplina, o propósito é uma educação **em** ou **sobre** as relações entre a Química, a tecnologia, a sociedade e o ambiente, e não aquela meramente conteudista. É esperado, então, que a cada oferta do curso de especialização, seja fomentada a discussão com professores atuantes no ensino básico de uma Química que dialogue criticamente com os ODS. Diversas são as possibilidades para que isso ocorra, a exemplo da discussão sobre agrotóxicos já desenvolvida, que engloba os problemas da fome e da agricultura mais segura (meta 2 do ODS), os alimentos, saúde e bem-estar (meta 3 do ODS), a melhoria da educação (meta 4 do ODS), além de discutir sobre segurança ambiental (meta 15 do ODS).

Com a reforma do novo Ensino Médio e a BNCC, há alguma esperança de que o ensino comece a trilhar o caminho da preocupação com o olhar mais crítico, a partir de um viés interdisciplinar, conforme aponta a nova denominação de áreas, já que Química, Física e Biologia passaram a fazer parte de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BRASIL, 2015, 2016, 2018). No entanto, é importante ressaltar que as formações iniciais ainda são pautadas em uma projeção disciplinar e conteudista, o que dificultará a mudança dos professores e currículos.

Ademais, para além de um assunto pontual, é essencial seguir no caminho do incentivo a uma educação pautada à capacitação de estudantes como cidadãos ativos para resolver problemas baseados em conhecimento científico, colocando em prática atitudes que visem tanto a mudança de comportamentos individuais quanto coletivos (MACHADO; SILVEIRA; ORTH, 2022). A contaminação dos cursos de água, as alterações climáticas, a presença de transgênicos na alimentação, a questão da matriz energética brasileira e a necessidade de economia, os combustíveis, o desperdício de diversos itens, inclusive alimentos etc., são temas que podem retratar um ensino de Química crítico e preocupado em fornecer aos alunos o entendimento do fazer científico e suas relações com a tecnologia, a sociedade e o ambiente.

10. Referências bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040** – Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2001.

ACEVEDO DÍAZ, J. A. Cambiando la practica docente em la enseñanza de las ciências através de CTS. In **Educación, Ciencia, Tecnologia y Sociedad.** Documento de trabajos n. 3, OEI, 2009. Disponível em http://www.oei.es/DOCUMENTO3caeu.pdf. Acesso em 05 out. 2020.

ACEVEDO DÍAZ, J. A., VÁZQUEZ, A., PAIXÃO, M., ACEVEDO, P., OLIVA, J., MANASSERO, M. Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a Natureza da Ciência no ensino das ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v.11, n. 1, p. 1-15, 2005.

ACEVEDO DIAZ, J. A*.,* VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. Papel de la Educación CTS en una Alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 2, p.80-111, 2003.

ACEVEDO DÍAZ, J. A.; VAZQUEZ, A.; MANASSERO, M. A. **El Movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad y la Enseñanza de las Ciencias** [que reproduz MANASSERO, M. A., VASQUEZ, A. e ACEVEDO, J.A. **Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat.** Palma de Mallorca (España): Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Ballears.], 2001. Disponível em http://www.oei.es/salactsi/acevedo13.htm. Acesso 02 jun 2021.

AIChE/CCPS – **The Global Home of Chemical Engineers/Center for Chemical Process Safety.** Guidelines for Risk Based Process Safety, Editora Wiley, 2007.

AIKENHEAD, G. S. **Educação Científica para todos.** Mangualdade: Edições Pedago. 2009.

AIKENHEAD, G. S. Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. **Educación Química**, v.6, n.2, p. 114-124, 2005.

AIKENHEAD, G. S. What is STS teaching? in: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. (orgs.). **STS Education:** International Perspectives on Reform. New York, Teachers College Press, 1994.

AIKENHEAD, G. S.; RYAN, A. G. The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). **Science Education**, v.76, n.5, p. 477-491, 1992.

AIKENHEAD, G. S.; RYAN, A. G.; FLEMING, R. W. **Views on science-technology-society** (form CDN.mc.5). Saskatoon (Canada): Department of Curriculum Studies, University of Saskatchewan, 1989.

AKATU. **Quer uma boa dica? Pratique os 8 Rs do consumo consciente.** Akatu, 21 jul. 2011. Disponível em: https://www.akatu.org.br/noticia/quer-uma-boa-dica-pratique-os-8-rs-do-consumo-consciente/. Acesso em: 30 jul. 2020.

ALBUQUERQUE, M. B. **O perfil dos Estudos Brasileiros sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade baseado nas Publicações Nacionais da Área de Ensino de Ciências.** 177f. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2018.

ALLEN, D. T.; ROSSELOT, K. S. **Pollution Prevention for Chemical Processes**. Wiley: Nova Iorque, 1997.

ALMEIDA, Q. A. R. de, SILVA, B. B., SILVA, G. A. L, GOMES, S. S., GOMES, T. N. da C. Química Verde nos cursos de Licenciatura em Química do Brasil: Mapeamento e importância na prática docente. **Amazônia – revista de educação em ciências e matemáticas**, v. 15, n. 34, p.178-187, 2019.

AMORIM, C. R. A.; PORDEUS, M. P. A participação da gestão escolar na motivação dos alunos da EJA através da pedagogia de projetos. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n.5, 2022.

ANASTAS, P. T.; KIRCHHOFF, M. M. Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry. **Acc. Chem. Res**, v.35, n.9, p. 686-694, 2002.

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green Chemistry:** Theory and Practice. Oxford: Oxford University Press, 1998.

ASSAI, N. D. S; ARRIGO, V. CTS no ensino de Química: as concepções de licenciandos. In: Alfabetização científica e tecnológica, abordagens CTS e CTSA e Educação de Ciências. **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC.** 2015.

AULER, D. **Interações entre ciência-tecnologia-sociedade no contexto da formação de professores de ciências.** Tese de doutorado. Florianópolis – SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

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

AULER, D; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 2, p. 105-116, 2001.

BARBOSA JÚNIOR, A. F., MORAIS, R. M., EMERENCIANO, S. V., PIMENTA, H. C. D., GOUVINHAS, R. P. Conceitos e aplicações de Análise do Ciclo de Vida (ACV) no Brasil. **Revista Ibero Americana de Estratégia**, v. 7, n.1, p. 39-44, 2008.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** Lisboa: Edições 70, 2009.

BARROS, M. J. de, OLIVEIRA, M. C. de, FILHO, M. G. Ação do *leasing* químico nos processos de produção visando a sustentabilidade no Brasil. **XV Safety, Health and Environment World Congress**, p. 223-227, Portugal, 2015.

BATISTA, G.; VIANNA, C. A. F. J. Conhecimentos sobre “vidros” e abordagem temática: uma proposta para a contextualização do ensino de Química em Poços de Caldas, MG. **Revista Ciências & Ideias**, v. 13, n. 1, p. 259-284, 2022.

BAZZO, W.A.; LINSINGEN, I. Von; PEREIRA, L.T. do V. **Introdução aos estudos de CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade).** Cadernos de Ibero América. OEI-

Organização dos Estados Iberoamericanos para a Educação, a Ciência e a Cultura. Madrid: OEI, 2003.

BEAUCHAMP, T.; CHILDRESS, J. **Princípios de ética biomédica.** Tradução Luciana Pudenzi. São Paulo: Loyola, 2002.

BENNÁSSAR, A.; VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M. A.; GARCÍA-CARMONA, A. (Org.). **Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica:** Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI, 2010.

BERARDI, P.; DIAS, J. M. O mercado da economia circular. **GV Executivo**, v. 17, n. 5, p. 34-37, 2018.

BERELSON, B. **Content analysis in communication research.** Glencoe: The Free Press, 1952.

BOCK, B. S.; OLIVEIRA, C. C. G. F.; ALBUQUERQUE, M. B.; MELO, T. B.; CHRISPINO, A. Mapeamento das publicações em CTS: uma análise comparative entre o Brasil e periódicos internacionais. **Caminhos da educação matemática em revista**, v. 12, p. 88-107, 2022.

BOUZON, J. D., BRANDÃO, J. B., SANTOS, T. C., CHRISPINO, A. O Ensino de Química no Ensino CTS Brasileiro. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 3, p. 214-225, 2018.

BRANDÃO, J. B., BOUZON, J. D., SANTOS, T. C., PEREIRA, V., CHRISPINO, A. Mapeamento de publicações sobre o ensino da química verde no Brasil a partir de redes sociais. **Amazônia – revista de educação em ciências e matemáticas**, v. 14, n. 30, p. 59-76, 2018.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_05.10.1988/CON1988.pdf . Acesso em 25 mar. 2021.

BRASIL. **Lei nº 10.172, de 9 de janeiro de 2001.** Aprova o Plano Nacional de Educação e dá outras providências. Brasília: Senado Federal, 2001. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10172.htm. Acesso em 25 mar. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.** Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 248, 23 dez. 1996. Seção 1, p. 27833-27841.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 28 de abril de 1999.** Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília: Senado Federal, 1999. Disponível em https://legis.senado.leg.br/norma/551671/publicacao/15716732. Acesso em 25 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** 2ª versão revista. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2016. Disponível em:

http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/relatorios-analiticos/bncc-2versao.revista.pdf. Acesso em 05 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2015. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/relatorios-analiticos/BNCC-APRESENTACAO.pdf. Acesso em 05 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Educação é a base. Ensino Médio. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018b. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf. Acesso em 05 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Matriz de Referência ENEM.** Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2009. Disponível em: https://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf. Acesso em 25 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Ministério da Educação e do Desporto. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, 110 p.,1998.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCNs+ Ensino Médio:** orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília, 144 p. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Pense antes de jogar fora.** MMA, 2013. Disponível em: https://www.mma.gov.br/informma/item/9295-pense-antes-de-jogar-fora. Acesso em: 30 jul. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Segurança Química.** 2018a. Disponível em: http://www.mma.gov.br/informma/itemlist/category/20-seguranca-quimica?start=28. Acesso em 10 mar. 2021.

BRASIL. **Transformando Nosso Mundo:** a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Traduzido do inglês pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio) e revisado pela Coordenadoria-Geral de Desenvolvimento Sustentável (CGDES) do Ministério das Relações Exteriores do Brasil. Brasília, 2016. Disponível em https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf. Acesso em11 fev. 2020.

BRAUNGART, M., MCDONOUGH, W., ANASTAS, P.T., ZIMMERMAN, J. B. Applying the principles engineering of green cradle-to-cradle design. **Environmental Science and Technology**, v. 27, n. 33, p. 434-441, 2003.

BUCH, T. CTS desde la perspectiva de la educación tecnológica. **Revista iberoamericana de educação**, n. 32, p. 147-163, 2003.

BURMEISTER, M.; RAUCH, F; EILKS, I. Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. **Chem. Educ. Res. Pract.**, v.13, p. 59–68, 2012.

CARMO, A. O. **Pegada Ecológica:** possibilidades e limitações a partir de sua aplicação para a cidade do Salvador – BA. Dissertação de mestrado do curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Urbana, Salvador, 170 p., 2008.

CARNEIRO, C. C. B. S.; MOURA, F. M. T. Aspectos da dimensão ambiental e a educação química: discutindo possibilidades. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 322-335, 2018.

CARSON, R. **Primavera Silenciosa.** São Paulo: Gaia, 2010. 327 p.

CARVALHO, P. R.; COSTA, M. A. F. Segurança Química: entre a experiência e a vivência sem limites. In: TEIXEIRA, P.; VALLE, S. **Biossegurança:** uma abordagem multidisciplinar. 2. Edição. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2010.

CASTRO, N. P. P., VERBEL, J. T. O. Química Verde: un nuevo reto. **Ciencia e ingeniería neogranadina**, v. 21, n. 2, p. 169-182, 2011.

CHAVES, A. L. R., CHRISPINO, A. Uma experiência de CTS em sala de aula: a internacionalização da Amazônia. **Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 9, n. 17, p.122-140, 2012.

CHAVES, H. O. **Diretrizes sustentáveis na Construção Civil:** Avaliação do ciclo de vida. 2014. 54f. Projeto de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
CHRISPINO, A. A função social do ensino de Química. **Revista de Química Industrial**, n. 668, p. 17-18, 1989.

CHRISPINO, A.; LIMA, L. S. D.; ALBUQUERQUE, M. B. D.; FREITAS, A. C. C. D.; SILVA, M. A. F. B. D. A área CTS no Brasil vista como rede social: onde aprendemos? **Ciência & Educação**, v. 19, p. 455-479, 2013.

CHRISPINO, A. **Introdução aos enfoques CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade – na educação e no ensino.** Disponível em http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Introducao-aos-Enfoques-CTS-Ciencia-Tecnologia-e-Sociedade-na-educacao-e-no, 2017.

CLAUDINO, E. S., TALAMINI, E. Análise do Ciclo de Vida (ACV) aplicada ao agronegócio – Uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n. 1, p. 77-85, 2013.

COELHO, J. C., MARQUES, C. A. Contribuições freireanas para contextualização no ensino de química. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, p. 59-75, 2007.

COLÉGIO PEDRO II. Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura. **Regulamento do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Ensino de Química.** Rio de Janeiro, 2019.

COLTRO, L. **Avaliação do ciclo de vida como instrumento de gestão.** Campinas: CETEA/ITAL, 2007.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum.** 2. ed. – Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21.** Rio de Janeiro, 1992.

COSTA, D. A. **Métricas de Avaliação da Química Verde** – Aplicação no Ensino Secundário. Tese de doutorado. Universidade do Porto, Portugal. 2011.

COSTA, D. A.; RIBEIRO, M. G. T. C.; MACHADO, A. A. S. C. Uma análise SWOT do contexto CTSS das atividades laboratoriais de ensino secundário. **Química: Boletim da Sociedade Portuguesa de Química** – v. 124, p. 65-74, 2012.

COSTA, M. A. F.; BRANCO, C. C. C.; BORBA, C. M.; PEREIRA, M. E. C.; MELLO, L. P.; COSTA, M. F. B. O ensino da segurança química no Ceará: um foco em cursos superiores da área da saúde. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática – RenCiMa**, v. 11, n. 6, p. 552-570, 2020.

COSTA, M. A. F.; COSTA, M. F. B. **Entendendo a biossegurança:** epistemologia e competências para área de saúde. 3. Edição. Rio de Janeiro: Publit, 2012.

CRESWELL, J.W. **Projeto de pesquisa:** métodos qualitativo, quantitativo e misto. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CUTCLIFFE, S. H. **Ideas, Máquinas y valores. Los Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad.** Barcelona: Anthropos; México: UNAM, 2003.

DEMO, P. Aprender: o desafio reconstrutivo. **Boletim Técnico do SENAC**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, 1998.

ECKERMAN, I. **The Bhopal Saga** - Causes and Consequences of the World's Largest Industrial Disaster. India: Universities Press. 2004.

EFREM, R. G. M. Com a cara do governo: algumas considerações sobre a ausência do golpe de 1964 nas aplicações do Exame Nacional do Ensino Médio no governo Bolsonaro. **Revista História em Curso**, v.4, n.5, p. 91-103, 2022.

EMBER, L. R. Strategies For Reducing Pollution at The Source Are Gaining Ground. **C&EN Washington**, v. 69, n. 27, p. 7-16, 1991.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria da Educação. Curso de Formação de Docentes da Área de Ciências da Natureza (Matemática, Ciências, Química, Física e Biologia). **CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade – Controvérsia (Cadernos Temáticos).** 2009.

FARIAS, L. A., FÁVARO, D. I. T. Vinte anos de Química Verde: Conquistas e Desafios. **Química Nova**, v. 34, n.6, p. 1089-1093, 2011.

FOOT, P. **The problem of abortion and the doctrine of double effect.** 1967. Disponível em: <http://philpapers.org/rec/footpo-2>. Acesso em: 25 mai. 2021.

FREITAS, C. M.; PORTE, M. F. S.; GOMEZ, C. M. Acidentes químicos ampliados: um desafio para a saúde pública. **Rev. Saúde Pública**, v. 29, n. 6, p. 503-514, 1995.

FUNDACENTRO (Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho). **Conhecimento sobre segurança química precisa ser disseminado.** Semana de Segurança Química, São Paulo, 2017. Disponível em: www.fundacentro.gov.br/noticias/detalhe-danoticia/2017/10/conhecimento-sobre-seguranca-quimica-precisa-ser-disseminado. Acesso em jul. de 2020.

GARCIA, M. I. G.; LÓPEZ CEREZO, J.A.; LÓPEZ, J.L.L. **Ciencia, Tecnologia y Sociedad – Una introducción al estúdio social de La ciência y La tecnologia.** Madrid: Tecnos, 1996.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. **Standards Committees Member Bios.** Disponível em: www.globalfootprintnetwork.com. Acessado em 12 mar. 2021.

GÓES, L. F. de; LEAL, S. H.; CORIO, P.; FERNANDEZ, C. Aspectos do conhecimento pedagógico do conteúdo de química verde em professores universitários de química. **Educación Química**. v. 24, n. extraord.1, p. 113-123, 2013.

GOLDEMBERG, J., BARBOSA, L.M. A legislação ambiental no Brasil e em São Paulo. **Revista Eco 21**, Ano XIV, e. 96, 2004.

GUIMARÃES, R. P., FONTOURA, Y. S. R. Rio +20 ou Rio-20? Crônica de um fracasso anunciado. **Ambiente & Sociedade**, v. 15, n. 3, p. 19-39, 2012.

HANDL, G. **Declaration of the United Nations conference on the human environment (Stockholm Declaration), 1972 and the Rio Declaration on Environment and Development, 1992**. United Nations Audiovisual Library of International Law, 2012.

HARDIN, G. The tragedy of the commons. **Science**, v.162, n.3859, p. 1243–1248, 1968.

HAWKEN, P; LOVINS, A; LOVINS, L.H. **Capitalismo Natural.** Criando a Próxima revolução Industrial. Tradução: Luiz A. de Araújo. Maria Luiza Felizardo. Editora Cultrix, São Paulo: 1999. 358 p.

HICKMAN, F. M.; PATRICK, J. J.; BYBEE, R. W. Science/Technology/Society: A framework for curriculum reform in secondary school science and social studies. Social Science Education Consortium, 1987 *apud* MIEMBIELA, P. Uma revision del movimiento CTS em la ensenanza de lãs ciências. In Pedro Membiela (Ed.) **Ensenanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedade – Formacion científica para la ciudadanía.** Madrid: Narcea, 2001.

ICCA, International Council of Chemical Associations. **Responsible Care.** Disponível em https://www.icca-chem.org/responsible-care/. Acessado em 09 de jul de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA – IBICT. **O pensamento do ciclo de vida:** uma história de descobertas. 2 ed. Brasília: Ibict, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA – IBICT. **Desenvolvimento sustentável e avaliação do ciclo de vida.** Brasília: Ibict, 2014.

JAKL, T. Global Chemical Leasing Award 2010. **Technology and Investment**, v. 2, p. 20–26, 2011.

JOAQUIM, R. B. **Avaliação do ciclo de vida:** sacola plástica x sacola de papel. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p. 701, 1993.

LE PRESTRE, P. **Ecopolítica internacional.** São Paulo: Senac, 2000.

LEITÃO, A. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o século XXI. **Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting.** v. 1, n. 2, p. 150-171, 2015.

LEITE, R. F., RODRIGUES, M. A. Aspectos sociocientíficos e a questão ambiental: uma dimensão da alfabetização científica na formação de professores de química. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática – RenCiMa**, v. 9, n.3, p. 38-53, 2018.

LERNARDÃO, E. J.; FREITAG, R. A.; DABDOUB, M. J.; BATISTA, A. C. F.; SILVEIRA, C. D. C. Green chemistry: os doze princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Química Nova***,* São Paulo, v.26, n.1, p.123-129, 2003.

LESTIENNE, B. **Johannesburgo ou Rio+10. 2ª Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável.** Brasília, 2002. Disponível em http://resistir.info/ambiente/johannesburg.html#asterisco. Acesso em 20 out. 2020.

LIND, G.; HARTMANN, H.A.; WAKENHUT, R. **Moral judgements and social education.** New Jersey: Transaction Publishers, 1981.

LOPEZ CEREZO, J. A. Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 18, p. 41-68. 1998.

LÓPEZ CEREZO, J. A.. Ciencia, tecnología y sociedad: El estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos in MARTÍN GORDILLO, M. (coord.). **Educación, Ciencia, Tecnología y Sociedad**. Documentos de Trabajo 03. Madrid: OEI, 2009. Disponível em https://rieoei.org/RIE/article/view/1091. Acesso 31 maio 2021.

LORENCINI JÚNIOR, A.; BROIETTI, F. C. D.; ASSAI, N. D. S.; ARRIGO, V. O ensino CTS na formação inicial de profesores de química: implicações de uma proposta didática. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 9, n. 19, p. 132-146, 2016.

MACHADO, A. A. S. C. Da gênese ao ensino de Química Verde. **Química Nova**, v. 34, n. 3, p. 535-543, 2011.

MACHADO, A. A. S. C. Dos primeiros aos segundos doze princípios da Química Verde. **Química Nova**, v. 35, n. 6, p. 1250-1259, 2012.

MACHADO, A. A. S. C. **Introdução às métricas de química verde:** uma visão sistêmica. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2014.

MACHADO, G. C.; SILVEIRA, C.; ORTH, E. S. Agroquímicos, Soluções Químicas e Sustentabilidade: uma Experiência de Ensino para o Ativismo Sociocientífico. **Revista Virtual de Química**, v. 14, n. 3, p. 347-358, 2022.

MALDANER, O. A. A pesquisa como perspectiva de formação continuada do professor de Química. **Química Nova**, v. 22, n. 2, p. 289-292, 1999.

MAMEDE, M.; ZIMMERMANN, E. Letramento científico e cts na formação de professores para o ensino de ciências. Congreso Enseñanza de las ciencias, 2005, Granada. **Anais...** Granada: Editora, p. 1-4, 2005.

MANASSERO, M. A.; VÁZQUEZ, Á. Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. **Enseñanza de las ciencias**, v. 20, n.1, p. 15-27, 2001.

MANASSERO, M. A.; VÁZQUEZ, A. **Opinions sobre ciència, tecnologia i societat.** Palma de Mallorca: Govern Balear, Conselleria d'Educació, Cultura i Esports, 1998.

MANASSERO, M. A.; VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A. **Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat.** Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Ballears, 2001.

MANASSERO, M.A.; VÁZQUEZ, A.; ACEVEDO, J.A. **Cuestionario de opiniones sobre ciencia, tecnologia i societat (COCTS).** Princeton, NJ: Educational Testing Service, 2003.

MARCELINO, L. V. **Os tipos de racionalidade na química verde e suas relações com o ensino.** Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 212 f., 2020.

MARQUES C. A.; GONÇALVEZ, F. P.; ZAMPIRON, E.; COELHO, J. C.; MELLO, L. C.; OLIVEIRA, P. R. S.; LINDEMANN, R. H. Visões de Meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de Química na escola média. **Química Nova**, v. 30, n.8, p. 2043-2052, 2007.

MARQUES, C. A.; GONÇALVES, F. P.; YUNES, S. F.; MACHADO, A. A. S. C. Sustentabilidade ambiental: um estudo com pesquisadores químicos no Brasil. **Química Nova**, v. 36, n. 6, p. 914-920, 2013.

MARQUES, C. A.; MACHADO, A. A. S. C. An integrated vision of the Green Chemistry evolution along 25 years. **Found Chem.**, v. 23, p. 299-328, 2021.

MARQUES, C. A.; MACHADO, A. A. S. C. Environmental Sustainability: implications and limitations to Green Chemistry. **Found Chem**. v. 15, n.1, p. 1-25, 2014.

MARQUES, C. A.; MARCELINO, L. V.; DIAS, E. D. S.; RÜNTZEL, P. L.; SOUZA, L. C. A. B.; MACHADO, A. A. S. C. Green Chemistry Teaching for Sustainability in papers published by the Journal of Chemical Education. **Química Nova**, v. 43, n. 10, p. 1510-1521, 2020.

MARQUES, C. A.; SILVA, R. M. G.; GONÇALVES, F. P.; FERNANDES, C. dos S.; SANGIOGO, F. A.; REGIANI, A. M. A abordagem de questões ambientais: Contribuições de formadores de professores de componentes curriculares da área de ensino de química. **Química Nova**, v. 36, n. 4, p. 600–606, 2013.

MARTÍN GORDILLO, M.; OSORIO M., C. Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica. Revista

Iberoamericana de Educación. n. 32, 2003. Disponível em: https://rieoei.org/historico/documentos/rie32a08.htm. Acesso em 18 de maio de 2021.

MARTIN, D. **Warren Aderson, 92, Dies; Faced Indian Plant Disaster.** The New York Times. New York Times. 2014. Disponível em https://www.nytimes.com/2014/10/31/business/w-m-anderson-92-dies-led-union-carbide-in-80s-.html Acesso em 06 de jul de 2020.

MARTÍNEZ PÉREZ, L. F. **Questões sociocientíficas na prática docente:** ideologia, autonomia e formação de professores. São Paulo: Editora Unesp, 2012.

MATIAS, A. C. A. **Design Science:** Gamificação para a sustentabilidade ambiental. 2019. Dissertação (Metrado em Gestão de Sistemas de Informação) – Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2019.

MELO, T. B. **CTS na Ibero-América e Ensino Cts no Brasil: convergências e divergências numa análise da produção científica.** 206f. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2017.

MELO, T. B.; AQUINO, D. F.; DIONYSIO, L. G. M.; LIMA, N. L. A.; VIDAL, C. S.; CHRISPINO, A. Um olhar sobre controvérsias nas publicações nacionais de ensino CTS pela análise de redes sociais. **Alexandria (UFSC)**, v. 14, p. 357-381, 2021.

MELLO, F. de, GOMES, S. I. A. A., GIUSTI, E. D., SANDRI, M. C. M., ROBAERT, S. Determinação do grau de saponificação de óleo residual: uma experiência no ensino de Química sob as perspectivas CTSA e Química Verde. **Educación Química**, v. 30, n. 1, p. 21, 2019.

MELLO, L. S. G.; GUAZZELLI, I. R. B. A alfabetização científica e tecnológica e a educação para a saúde em ambiente não escolar. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 4, n. 1, 2011.

MERCK. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos** – FISPQ. Substância: Isocianato de metila. Disponível em: www.merckgroup.com. 2020. Acessado em 06 de julho de 2020.

MERRIAM, S. B. **Qualitative research and case study applications in education.** San Francisco: Jossey-Bass, 1998.

MESSEDER NETO, H. S. **O lúdico no ensino de química na perspectiva históricocultural:** Além do espetáculo, além da aparência. 1. ed. Curitiba: Prismas, 2015.

MIEMBIELA, P. Uma revision del movimiento CTS em la ensenanza de lãs ciências. In Pedro Membiela (Ed.) **Ensenanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedade – Formacion científica para la ciudadanía.** Madrid: Narcea, 2001.

MONTENEGRO, P. P. **Letramento Científico:** o despertar do conhecimento das Ciências desde os anos iniciais do Ensino Fundamental. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, 2008.

MORAN, D. M., WACKERNAGEL, M; KITZES, J. A., GOLDFINGER, S. H., BOUTAUD, A. Measuring sustainable development — Nation by nation. **Ecological Economics**, n. 64, p. 470-474, 2008.

MOZETO, A. A., JARDIM, W. de F. A Química Ambiental no Brasil. **Química Nova**, v. 25, n. 1, São Paulo, 2002.

NASCIMENTO, E. P do. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, 2012.

NUCCI, J.C. Metodologia para a Determinação da Qualidade Ambiental Urbana. **Revista do Departamento de geografia**. Portal de revistas da USP. v. 12, p. 209-224, 1998.

OESTREICH, A. **Chemical Leasing: Negócios inovadores desenhados para o meio ambiente.** Rio de Janeiro: 2014. Disponível em: http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_13/2014/11/03/1125/DFE2014anaoestreich.pdf. Acesso em 15 dez. 2020.

OLIVEIRA, J. E. G.; FIRME, R. N. Análise de uma intervenção pedagógica sobre resíduos plásticos na perspectiva CTS visando desenvolvimento da responsabilidade socioambiental. **Caminhos da educação matemática em revista**, v. 12, n. 1, p. 49-67, 2022.

OLIVEIRA, M. B. Neutralidade da ciência, desencantamento do mundo e controle da natureza. **Scientiae Studia**, v. 6, n. 1, São Paulo, 2008.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em https://brasil.un.org/pt-br/sdgs. Acesso em 14 mar 2020.

PEREIRA, J. C.; CAMPOS, M. L. A. M.; NUNES, S. M. T.; ABREU, D. G. Um panorama sobre a abordagem ambiental no currículo de cursos de formação de inicial de professores de química na região sudeste. **Química Nova**, v. 32, n.2, p. 511-517, 2009.

PINHEIRO, N. A. M.; MATOS, E. A. S. Á.; BAZZO, W. A. Refletindo acerca da ciência, tecnologia e sociedade: enfocando o ensino médio. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 44, 2007.

PINTO, R. B. M. **A representatividade do Ensino de Química no Ensino CTS brasileiro.** Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2021.

PITANGA, A. F. Crise da modernidade, educação ambiental, educação para o desenvolvimento sustentável e educação em química verde: (re)pensando paradigmas. **Revista Ensaio**, v. 18, n. 3, p. 141-159, 2016.

PONTES, F. C. C. **A análise de dilemas morais para o ensino de ciências:** das ordens de Comte-Sponville ao ensino ciência, tecnologia, sociedade. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2016.

PÓRLAN, R.; RIVERO, A. **El conocimiento de los profesores.** Sevilla: Diada, 1998.

PRADO, A. G. S. Química Verde, os desafios da Química do novo milênio. **Química Nova**, v. 26, n.5, p. 738-744, 2003.

REES, W. E. Eco-footprint analysis: merits and brickbats. **Ecological Economics**, n. 32, p. 371-374, 2000.

REES, W. E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. **Environment and Urbanization**, v.4, n. 2, p. 121-130, 1992.

REES, W. E.; WACKERNAGEL, M. Monetary analysis: turning a blind eye on sustainability. Fórum. **Ecological Economics**, v. 29, n. 1, p. 47–52, 1999.

REES, W. E.; WACKERNAGEL, M. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective. **Ecological Economics**, n. 20, n, 1, p. 3- 24, 1997.

REES, W. E.; WACKERNAGEL, M. Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable – and why they are the key to sustainability. **Environ Impact Assess**, v. 16, n. 4, p. 537-555, 1996.

REIS, P., GALVÃO, C. Controvérsias sócio-científicas e prática pedagógica de jovens professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p.131-160, 2005.

RIBEIRO, M. G. T. C., MACHADO, A. A. S. C. Holistic Metrics for Assessment of the Greenness of Chemical Reactions in the Context of Chemical Education. **Journal of Chemical Education**, v. 90, p. 432-439, 2013.

RIBEIRO, M. G. T. C.; COSTA, D. A.; MACHADO, A. A. S. C. Uma métrica gráfica para a avaliação holística da verdura de reações laboratoriais “Estrela Verde”. **Química Nova**, v. 33, n.3, p. 759-764, 2010.

RIO DE JANEIRO. **Lei n° 8473, de 15 de julho de 2019.** Adequa a legislação que dispõe sobre a substituição de sacolas plásticas não recicláveis e não retornáveis distribuídas pelos estabelecimentos comerciais localizados no estado do Rio de Janeiro, consolidando a redação. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em https://www.jusbrasil.com.br/diarios/251770028/doerj-poder-executivo-16-07-2019-pg-2. Acesso em 25 de mai. 2020.

RIO DE JANEIRO. **Lei nº 3.325, de 17 de dezembro de 1999.** Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Estadual de Educação Ambiental, cria o Programa Estadual de Educação Ambiental e complementa a Lei Federal n° 9.795/99 no âmbito do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1999. Disponível em https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/228181/lei-3325-99. Acesso em 25 mar. 2021.

ROLOFF, F. B.; MARQUES, C. A. Contribuições de produções acadêmicas nacionais sobre Química Verde e seu ensino. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 14, n. 32, p. 78, 2018.

ROLOFF, F. B.; MARQUES, C. A. Questões ambientais na voz dos formadores de professores de química em disciplinas de cunho ambiental. **Química Nova**, v. 37, n.3, p. 549-555, 2014.

ROY, P., NEI, D., ORIKASA, T., XU, Q., OKADAME, H., NAKAMURA, N., SHIINA, T. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. **Journal of Food Engineering**, v.90, n. 1, p. 1-10, 2009.

RUBBA, P. A.; HARKNESS, W. L. Examination of preservice and inservice secondary science teachers' beliefs about Science-Technology-Society Interactions. **Science Education**, v.77, n.4, p.407-431, 1993.

RUBBA, P. A.; SCHONEWEG, C. S.; HARKNESS, W.L. A new scoring procedure for the Views on Science-Technology-Society instrument. **Science Education**, v.18, n.4, p.387-400, 1996.

SAMPAIO, L. S. **Formação profissional e prática docente:** uma análise do ensino desenvolvido por professores de Biologia e Química do município de Itacoatiara – AM. Monografia (Graduação). Licenciatura em Ciências: Biologia e Química. Universidade Federal do Amazonas. 2022.

SANDRI, M. C. M.; MARQUES, C. A. O ensino da Química Verde: possíveis abordagens. **XVIII Encontro Centro Oeste de Debates sobre o Ensino de Química - ECODEQ.** Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, 2021.

SANDRI, M. C. M.; SANTIN FILHO, O. Análise da verdura química de experimentos propostos para o ensino médio. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 1, n. 1, p. 1-19, Curitiba, 2017.

SANDRI, M. C. M.; SANTIN FILHO, O. Construindo saberes docentes na formação didático-pedagógica de licenciandos em Química através do enfoque CTSA. **Indagatio Didactica**, v. 8, n. 1, p. 190 – 207, 2016.

SANDRI, M. C. M.; SANTIN FILHO, O. Os modelos de abordagem da Química Verde no ensino de Química. **Educación Química**, v. 30, n. 4, p. 34, 2019.

SANMARTÍN, J.; LUJÁN, J. L. **Educación en ciencia, tecnología y sociedad:** estudios sobre sociedad y tecnología. Barcelona: Anthropos. 1992.

SANTINELO, P. C. C; ROYER, M. R.; ZANATTA, S. C. A Educação Ambiental no Contexto Preliminar da Base Nacional Comum Curricular. **Pedagogia em Foco**, v. 11, n. 6, p. 104-115, 2016.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em Educação e Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2002.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n.1, p. 59-77, 2011.

SEO, E. S. M.; KULAY, L. A. Avaliação do ciclo de vida: ferramenta gerencial para tomada de decisão. **INTERFACEHS – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, v.1, n.1, art. 4, p. 1-23, 2006.

SERRANO, M. del C. D. Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. **Educación Química**, v. 20, n. 4, p. 412-420, 2009.

SHELDON, R. A. The E factor 25 years on: the rise of green chemistry and sustainability. **Green Chem**., v.19, n.18, 2017.

SILVA, E. R.; SCHRAMM, F. R. A questão ecológica: entre a ciência e a ideologia/utopia de uma época**. Cadernos de Saúde Pública**, v. 13, n. 3, Rio de Janeiro, 1997.

SILVA, M. A. F. B. **Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia: a construção social de uma disciplina e os efeitos de sua aplicação.** Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. 2018.

SILVA, M. A. F. B.; MELO, T. B.; BOCK, B. S.; CHRISPINO, A. A contribuição da construção social da tecnologia para a abordagem CTS: desafios a partir dos resultados PIEARCTS. **Revista Interacções**, n. 34, p. 201-221, 2015.

SILVA, V. B., CRISPIM, J. Q. Um breve relato sobre a questão ambiental**. Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino (GEOMAE)**, v. 2, n.1, p. 163-175, 2011.

SJÖSTRÖM, J. Towards *Bildung*-Oriented Chemistry Education. **Science & Education**, v. 22, p. 1873-1890, 2013.

SJÖSTRÖM, J.; EILKS, I.; ZUIN, V. G. Towards Eco-reflexive Science Education: A Critical Reflection About Educational Implications of Green Chemistry. **Science & Education**, v. 25, p. 321-341, 2016.

SJÖSTRÖM, J.; TALANQUER, V. Humanizing Chemistry Education: From Simple Contextualization to Multifaceted Problematization. **Chem. Educ**., v. 91, p. 1125-1131, 2014.

SOUSA, F. P.; PEREIRA, R. M.; PIRES, D. A. T. A experiência em docência e os obstáculos para o ensino de Química. **Research, Society and Development**, v. 11, n.3, p. 1-14, 2022.

SOUSA, J. A.; IBIAPINA, B. R. S. A química e o cotidiano: concepções sobre o ensino de química nas salas de aula. **Revista EDUCAmazônia – Educação Sociedade e Meio Ambiente**, v. 13, n.2, p. 209-227, 2021.

SOUZA, P. S.; CHRISPINO, A. Aplicação da técnica da controvérsia controlada para a construção do pensamento crítico sobre as relações CTSA de alunos do ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 16, n.2, p. 164-184, 2021.

TAVARES, A. S., BORSCHIVER, S. Proposta de novos modelos de negócio no contexto da economia circular. **International Symposium on Technological Innovation**, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2019.

TUNDO, P., ANASTAS, P., BLACK, D. S., BREEN, J., COLLINS, T., MEMOLI, S., MIYAMOTO, J., POLYAKOFF, M., TUMAS, W. Synthetic pathways and processes in green chemistry. Introductory overview. **Pure Appl. Chem.**, v. 72, n.7, p. 1207-1228, 2000.

UNCSD - United Nations Conference on Sustainable Development. **The Future We Want.** 2012. Disponível em: https://sustainabledevelopment.un.org/futurewewant.html. Acesso em: 20/10/2020.

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Man and the Biosphere (MAB) Programme.** Disponível em: https://en.unesco.org/mab. Acesso em 13 fev. 2020.

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change. **Kyoto Protocol Reference Manual On Accounting Of Emissions And Assigned Amount.** 2008. Disponível em: https://unfccc.int/resource/docs/publications/08_unfccc_kp_ref_manual.pdf. Acesso em 15 ago. 2022.

UNIDO - United Nations Industrial Development Organization. **Lubrication in the Ugandan beverage industry.** Disponível em: https://chemicalleasing.org/concept/case-studies/lubrication-ugandan-beverage-industry. Acesso em 13/12/2020, às 14:30. s/d.

VARMA, R., VARMA D. R. The Bhopal disaster of 1984. **Bulletin of Science, Techonology & Society**, v. 25, n. 1, p. 37-45, 2005.

VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M. A. Response and scoring models for the 'Views on Science-Technology-Society' Instrument. **International Journal of Science Education**, v.21, n.3, p.231-247, 1999.

VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M.A.; ACEVEDO-DIAZ, J.A.; ACEVEDO-ROMERO, P. Consensos sobre a Natureza da Ciência: A Ciência e a Tecnologia na Sociedade. **Química Nova na Escola**, n.27, p. 34-50, 2008.

VIDAL, C. S.; CHRISPINO, A. A controvérsia CTS da guerra a partir de uma história em quadrinhos. **ESOCITE - XI Jornadas Latino-Americanas de Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia**, p. 1-12, 2016.

VIEIRA, K. R. C. F.; BAZZO, W. A. Discussões acerca do aquecimento global: uma proposta CTS para abordar esse tema controverso em sala de aula. **Ciência & Ensino**, v.1, número especial, 2007.

VIEIRA, R, M.; TENREIRO-VIEIRA, C.; MARTINS, I. P. **A educação em Ciências com orientação CTS.** Porto (Portugal): Areal Editores, 2011.

VILCHES, A.; PEREZ, D. G. Papel de la Química y su enseñanza en la construcción de un futuro sostenible**. Educación Química**, en Línea, p. 2-15, 2011.

VILELA, M. V. F.; CARBO, L.; ARAUJO, C. S. O. Abordagem CTS na formação docente em ciências na Amazônia Legal: concepções presentes nos projetos pedagógicos. **Caminhos da educação matemática em revista**, v. 12, n. 1, p. 270-287, 2022.

WAKS, L. Educación en Ciencia, Tecnología e Sociedad: Orígenes, desarollos internacionales y desafios actuales. In: Medina, M. y Sanmartin, J. (Eds.). **Ciencia, Tecnologia e Sociedad**. Barcelona: Anthropos, 1990.

WILLERS, C. D., RODRIGUES, L. B., SILVA, C. A. Avaliação do ciclo de vida no Brasil: uma investigação nas principais bases científicas nacionais. **Produção**, v.23, n.2, p. 436-447, 2013.

WWF. **Dia de Sobrecarga da Terra.** 2020c. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/overshootday/ > Acessado em: 12 mar 2021.

YAGER, R. E.; AKCAY, H. Comparison of Student Learning Outcomes in Middle School Science Classes with an STS Approach and a Typical Textbook Dominated Approach. **RMLE Online**, v. 31, n. 7, p. 1-16, 2008.

YANARICO, A. A. Uma Tecnociência para o Bem-estar Social. **Ciência e Tecnologia Social**, v.1, n.1, p. 99-120, Brasília, 2011.

YAZAN, B. Três abordagens do método de estudo de caso em educação: Yin, Merriam e Stake. **Meta: Avaliação**, v. 8, n. 22, p. 149-182, Rio de Janeiro, 2016.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. Tradução Daniel Grassi; revisão Técnica Cláudio Damacena. – 2. ed.- Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZANDONAI, D. P.; SAQUETO, K. C.; ABREU, S. C. S. R.; LOPES, A. P.; ZUIN, V. G. Química Verde e Formação de Profissionais no campo da Química: relato de uma experiência didática para além do laboratório de Ensino. **Revista Virtual de Química**, v.6, n.1, p. 73-84, 2013.

ZIMAN, J. The rationale of STS Education is in the approach. in SOLOMON, J. e AIKENHEAD, G. (eds.). **STS education:** International perspectives on reform, pp. 21-31. Nueva York: Teachers College Press, 1994.

ZUIN, V. G. **A inserção da dimensão ambiental na formação de professores de Química.** Campinas: Átomo, 2011.

11. Apêndices

Apêndice A – Questões do PIEARCTS

Proyecto EDU2015-64642-R (MINECO/FEDER) con financiación del Ministerio de Economía y Competitividad de España y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

Este questionário anônimo pretende conhecer as suas opiniões sobre algumas questões importantes sobre a ciência e a tecnologia no mundo atual. Todas as questões têm a mesma estrutura: um texto inicial que coloca um problema ao qual se segue uma lista de frases que representam diferentes alternativas de possíveis respostas a esse problema e que estão ordenadas e identificadas sucessivamente com uma letra (A, B, C, D, etc.).

Pede-se que atribua um valor relativo ao seu grau de concordância pessoal com cada uma dessas frases escrevendo no quadrado à esquerda da frase o número que representa a sua opinião, expresso numa escala de 1 a 9 com os seguintes significados:

DESACORDO				Indeciso	ACORDO				OUTROS	
Total	**Alto**	**Médio**	**Baixo**		**Baixo**	**Médio**	**Alto**	**Total**	**Não a entendo**	**Não sei**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**E**	**S**

Nos casos em que não possa manifestar a sua opinião relativamente a alguma frase, escreva uma razão:

Exemplo de pergunta com respostas

(Os números situados na coluna da esquerda representam as respostas que deve escrever; os valores neste exemplo são fictícios e não devem ser tomados como referência para mais nada)

10412 *A ciência influencia a tecnologia?*

1 A. A ciência não tem muita influência na tecnologia.

6 B. Tecnologia é ciência aplicada.

8 C. O avance na ciência conduz a novas tecnologias.

9 D. A ciência torna-se mais valiosa quando se usa na tecnologia.

7 E. A ciência é o conhecimento base para a tecnologia.

8 F. Os conhecimentos da investigação científica aplicada usam-se mais na tecnologia que os conhecimentos da investigação científica pura.

2 G. A tecnologia é a aplicação da ciência para melhorar a vida.

E. Não entendo a frase **ou** **S**. Não sei o suficiente para a avaliar.

DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS (escreva ou marque uma cruz nos quadrados seguintes).

Em que país vive? Argentina$_1$☐ Brasil$_2$☐ Colombia$_3$☐ Espanha$_4$☐ México$_5$☐ Portugal$_6$☐ Uruguai$_7$☐ Outro$_8$☐

Qual a sua idade em anos? ____ (escreva a sua idade)

É homem ou mulher? Homem$_1$☐ Mulher$_2$☐

É estudante? Sim, pre-universitário/a$_1$☐ Sim, inicio a universidade$_2$☐ Sim, final da universidade$_3$☐ Não$_4$☐

É professor/a…? em formação$_1$☐ em exercício$_2$☐ Não sou professor/a$_3$☐

Se é professor/a, em formação ou em exercício, em que nível? Fundamental$_1$☐ Ensino Médio/Técnico$_4$☐ Ensino superior (politécnico/universidade)$_5$☐ outro$_6$☐(escreva)_____

Qual é o seu grau académico mais elevado? Doutor$_1$☐ Mestre$_2$☐ Licenciado$_3$☐ Graduação/Bacharel$_4$☐ Outra$_6$☐(escreva)_____

Como definiria a especialidade principal da…	**…sua formação?**	**…sua ocupação?**
música, teatro, pintura, escultura, desenho, etc.	1☐	1☐
literatura, línguas, história, arte, filosofia, lógica, etc.	2☐	2☐
direito, economia, política, sociologia, geografia, psicologia, educação, etc	3☐	3☐
engenharias, arquitectura, matemáticas, informática, etc.	4☐	4☐
física, química, biologia, geologia, ambientais, do mar, medicina, etc.	5☐	5☐
Uma mistura das anteriores (incluindo ciências)	6☐	6☐
Nenhuma das anteriores, outras	7☐	7☐

Leia com atenção cada questão e as diferentes frases alternativas.

Atribua um valor a cada frase, com sinceridade, e escreva-o no quadrado correspondente.

20141 *A política de um país afeta os seus cientistas já que estes são uma parte da sociedade (isto é, os cientistas não estão isolados da sua sociedade).*

Os cientistas são afetados pela política do seu país:

☐ A. porque o financiamento da ciência vem principalmente do governo que controla a maneira de gastar o dinheiro.

☐ B. porque os governos estabelecem a política científica dando dinheiro a alguns projetos de investigação e não a outros.

 C. porque os governos estabelecem a política científica tendo em conta novas aplicações e novos projetos, tanto se os financiam como se não os financiam. A política do governo afeta o tipo de projetos que os cientistas realizarão.

 D. porque a política limita e controla os cientistas dizendo-lhes que investigação devem fazer.

 E. porque os governos podem forçar os cientistas a trabalhar num projeto que estes achem mal (por exemplo, investigação de armamentos) e, portanto, não permitir aos cientistas trabalhar em projetos que sejam benéficos para a sociedade.

 F. porque os cientistas são uma parte da sociedade e são afetados como todos os demais.

 G. porque os cientistas procuram compreender e ajudar a sociedade, e porque, pela sua implicação e importância para a sociedade, estão estreitamente relacionados com esta.

 H. Depende do país e da estabilidade ou do tipo de governo que tenha.

Os cientistas NÃO são afectados pela política do seu país:

 I. porque a investigação científica não tem nada a ver com a política.

 J. porque os cientistas estão isolados da sua sociedade.

40161 *A indústria pesada contaminou enormemente os países industriais. Por tanto, é uma decisão responsável transferi-la para os países não desenvolvidos, onde a contaminação ainda não é tão extensa.*

 A. A indústria pesada deveria ser transferida para os países não desenvolvidos para salvar o nosso país e as suas gerações futuras da contaminação.

 B. é difícil de decidir. Transferir a indústria ajudaria os países pobres a prosperar e também a reduzir a contaminação do nosso país. Mas não temos o direito de contaminar o meio ambiente de outros lugares.

 C. A questão não é onde está localizada a indústria pesada. Os efeitos da contaminação são globais sobre a Terra.

A indústria pesada NÃO deveria transferir-se para os países não desenvolvidos:

 D. porque transferir a indústria não é uma forma responsável de resolver a contaminação. Deveria reduzir-se ou eliminar a contaminação aqui, em vez de criar mais problemas em qualquer outro lugar.

 E. porque esses países têm já suficientes problemas sem considerar o problema da contaminação.

 F. porque a contaminação deveria ser limitada tanto quanto possível. Aumentá-la só criaria mais danos.

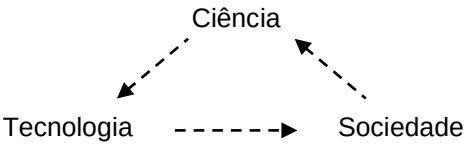
30111 *Qual dos seguintes diagramas representaria melhor as interações mútuas entre a ciência, a tecnologia e a sociedade?* (As setas simples indicam uma única direção para a relação e as duplas indicam interações mútuas. As setas mais grossas indicam uma relação

mais intensa que as finas e estas mais que as tracejadas; a ausência de seta indica inexistência de relação).

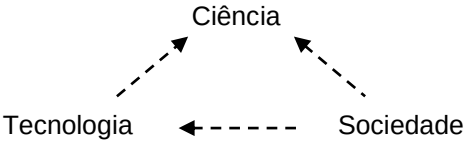
 A) Ciência → Tecnologia → Sociedade

 B) Tecnologia → Ciência → Sociedade

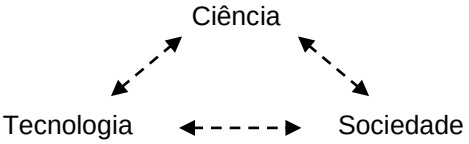
 C)



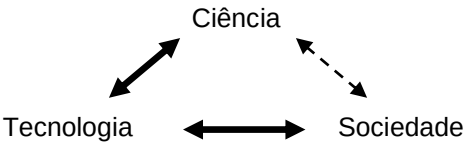
 D)



 E)



 F)



 G) Ciência Tecnologia

Sociedade

40221 *A ciência e a tecnologia podem ajudar as pessoas a tomar algumas decisões morais (isto é, decidir como deve atuar uma pessoa ou um grupo em relação a outras pessoas).*

A ciência e a tecnologia podem ajudar a tomar algumas decisões morais:

 A. Fazendo com que a nossa informação sobre as pessoas e o mundo que nos rodeia seja melhor. Esta informação básica pode ajudar a confrontar-nos com os aspectos morais na vida.

 B. Dando informação básica; mas as decisões morais devem ser tomadas pelas pessoas.

 C. porque a ciência inclui áreas como a psicologia, que estuda a mente e os sentimentos humanos.

A ciência e a tecnologia NÃO podem ajudar a tomar decisões morais:

 D. porque ciência e tecnologia não têm nada que ver com decisões morais; só descobrem, explicam e inventam coisas. O que as pessoas fazem com os seus resultados não é assunto dos cientistas.

 E. porque as decisões morais tomam-se somente com base em valores e crenças de cada pessoa.

 F. porque se as decisões morais se baseassem em informação científica, com frequência as decisões conduziriam ao racismo, supondo que um grupo de pessoas é melhor que outro grupo.

40531 *Mais tecnologia melhorará o nível de vida do nosso país.*

 A. Sim, porque a tecnologia sempre melhorou o nível de vida e não há razão para que o não faça agora.

 B. Sim, porque quanto mais sabemos, melhor podemos resolver os nossos problemas e cuidar de nós mesmos.

 C. Sim, porque a tecnologia cria trabalho e prosperidade. A tecnologia ajuda a tornar a vida mais agradável, mais eficiente e mais divertida.

 D. Sim, mas só para aqueles que a podem usar. Mais tecnologia destruirá postos de trabalho e fará com que haja mais gente abaixo da linha de pobreza.

 E. Sim e não. Mais tecnologia tornaria a vida mais agradável e mais eficiente, MAS também causaria mais contaminação, desemprego e outros problemas. O nível de vida pode melhorar, mas a qualidade de vida pode não melhorar.

 F. Não, porque somos irresponsáveis com a tecnologia que agora temos; como exemplos podemos citar a desmesurada (imensa) produção de armas e o uso abusivo dos recursos naturais.

80131 *Quando se desenvolve uma nova tecnologia (por exemplo, um computador novo, um reactor nuclear, um míssil ou um medicamento novo para curar o câncer),esta pode ser posta em prática ou não. A decisão de usar a nova tecnologia depende das vantagens para a sociedade compensarem a desvantagens.*

 A. A decisão de usar uma nova tecnologia depende principalmente dos benefícios para a sociedade, porque se há demasiadas desvantagens, a sociedade não a aceitará e esta pode travar o seu desenvolvimento posterior.

 B. A decisão depende de algo mais do que só as vantagens ou desvantagens da tecnologia. Depende do bom funcionamento, do seu custo e da sua eficiência.

 C. Depende do ponto de vista que se tenha. O que é uma vantagem para uns pode ser uma desvantagem para outros.

 D. Muitas tecnologias novas puseram-se em funcionamento para ganhar dinheiro ou alcançar poder, ainda que as suas desvantagens fossem maiores que as suas vantagens.

 E. Depende do tipo de nova tecnologia de que se trate. Nuns casos, a decisão dependerá das vantagens ou das desvantagens, e noutros casos, dependerá de outras coisas.

20511 *O êxito da ciência e da tecnologia no nosso país depende de ter bons cientistas, engenheiros e técnicos. Por tanto, o país necessita que os alunos estudem mais ciências na escola.*

É necessário que os alunos estudem mais ciências:

 A. porque é importante para ajudar o nosso país a manter-se ao nível de outros.

 B. porque a ciência afeta quase todos os aspectos da sociedade. Como no passado, o futuro depende de bons cientistas e tecnólogos.

 C. Deve fomentar-se (incentivar) que os estudantes estudem mais ciências, mas um tipo diferente de cursos de ciências. Devem aprender como a ciência e a tecnologia afetam as suas vidas diárias.

NÃO é necessário que os alunos estudem mais ciências:

 D. porque outras disciplinas da escola são iguais ou mais importantes para o êxito futuro do país.

 E. porque não funcionará. Algumas pessoas não gostam da ciência. Forçar-lhes o estudo, será perder tempo e afastá-los-á da ciência (vai afastá-los da ciência).

 F. porque nem todos os alunos podem compreender a ciência, apesar de que isso os ajudaria nas suas vidas.

 G. porque nem todos os alunos podem compreender a ciência. A ciência não é realmente necessária para todos.

 H. porque não é correto que outros decidam se um estudante deveria ter (estudar) mais ciências.

40131 *Os cientistas deveriam ser considerados responsáveis por informar o público em geral sobre as suas descobertas, de modo que o cidadão médio pudesse entendê-los.*

Os cientistas deveriam ser considerados responsáveis:

 A. porque de outra maneira as descobertas científicas são demasiado difíceis e complexas de entender para uma pessoa média, e isso faz parecer que a ciência progride demasiado depressa.

 B. porque os cidadãos deveriam conhecer como se gasta o dinheiro público na ciência.

 C. porque os cidadãos têm direito de saber o que acontece no seu país. Deveriam conhecer as descobertas para melhorar as suas próprias vidas tomando consciência dos beneficios da ciência e para estar informado de todas as opções responsáveis que podem afectar o seu futuro.

 D. porque os cidadãos poderiam estar interessados ou ter curiosidade em conhecer as novas descobertas.

 E. Os cientistas deveriam ser considerados responsáveis por informar sobre algumas descobertas (por exemplo, as novas descobertas mais significativas que podem afetar os cidadãos), mas outras descobertas não deveriam ser informadas.

 F. Os cientistas podem tentar informar das suas descobertas, mas o cidadão médio não entenderá ou não estará interessado nelas.

 G. Os cientistas NÃO deveriam ser considerados responsáveis já que, com frequência, aos cidadãos não parece importar-lhes. Os cidadãos devem aprender suficiente ciência para entender as informações.

40211 *Os cientistas e engenheiros deveriam ser os únicos a decidir os assuntos científicos do nosso país porque são as pessoas que melhor conhecem estes assuntos.*

Por exemplo, os tipos de energia adequada ao futuro (nuclear, hidráulica, solar, queimando carvão, etc.), os índices permitidos de contaminação do ar no nosso país (emissões industriais de dióxido de enxofre, controlo da contaminação pelos carros e camiões, emissões de gases ácidos dos poços de petróleo, etc.), o futuro da biotecnologia no nosso país (DNA recombinante, engenharia genética, desenvolvimento de bactérias eliminadoras de minerais ou criadoras de neve, etc.), técnicas aplicadas ao feto (amniocentese para analisar os cromossomas do feto, alterar o desenvolvimento do embrião, os bebés provetas, etc.), ou sobre o desarmamento nuclear.

Os cientistas e engenheiros são quem deveria decidir:

 A. porque têm a formação e dados que lhes dão uma melhor compreensão do tema.

 B. porque têm o conhecimento e podem tomar melhores decisões que os burocratas do governo ou as empresas privadas, que têm interesses criados.

 C. porque têm a formação e os dados que lhes dão uma maior compreensão; MAS os cidadãos deveriam estar implicados, ou deveriam ser informados ou consultados.

 D. A decisão deveria ser tomada de maneira partilhada. As opiniões dos cientistas e engenheiros, outros especialistas e os cidadãos informados deveriam ser tidas em conta nas decisões que afectam a nossa sociedade.

 E. O governo deveria decidir porque o tema é basicamente político; MAS cientistas e engenheiros deveriam aconselhar.

 F. Os cidadãos deveriam decidir, porque a decisão afeta a todos; MAS cientistas e engenheiros deveriam aconselhar.

 G. Os cidadãos deveriam decidir, porque servem como controle dos cientistas e engenheiros. Estes têm opiniões idealistas e estreitas sobre o tema e, portanto, prestam pouca atenção às consequências.

 H. Depende do tipo de decisão a tomar; não é o mesmo decidir sobre o desarmamento nuclear ou sobre um bebê. Nuns casos poderiam fazê-lo só os cientistas, e noutros, os cidadãos ou só os interessados.

40421 *Na vida diária, o conhecimento de ciência e de tecnologia ajuda você a pessoalmente resolver problemas práticos (por exemplo, conseguir retirar o carro de uma zona de gelo, cozinhar ou cuidar de um animal).*

O pensamento sistemático aprendido nas aulas de ciências (por exemplo, colocar hipóteses, recolher dados, ser lógico):

 A. ajuda-me a resolver problemas na minha vida diária. Os problemas diários resolvem-se de maneira mais fácil e lógica se se tratam como problemas de ciências.

 B. dá-me uma maior compreensão e conhecimento dos problemas diários. Contudo, as técnicas que aprendi para resolver um problema não me são úteis diretamente na minha vida diária.

 C. As idéias e fatos que aprendi nas aulas de ciências por vezes ajudam-me a resolver problemas ou a tomar decisões sobre coisas como cozinhar, não adoecer ou explicar uma ampla variedade de fenômenos físicos (por exemplo, o trovão ou as estrelas).

 D. O pensamento sistemático e as idéias e fatos que aprendi nas aulas de ciências ajudam-me muito. Servem-me para resolver alguns problemas e entender uma ampla variedade de fenômenos físicos (por exemplo, o trovão ou as estrelas).

 E. O que aprendi nas aulas de ciências geralmente não me ajuda a resolver problemas práticos; mas serve-me para perceber, relacionar-me e compreender o mundo que me rodeia.

O que aprendi nas aulas de ciências **NÃO** se relaciona com a minha vida diária:

 F. biologia, química, geologia e física não se apresentam práticas para mim. Tratam detalhes teóricos e técnicos que têm pouco a ver com o meu mundo de cada dia.

 G. os meus problemas cotidianos são resolvidos pela minha experiência passada ou por conhecimentos que não estão relacionados com a ciência e a tecnologia.

Apêndice B – Questionário de QV

1) O que você sabe a respeito de Química Verde?

2) Você acha que Química Verde pode ser explorada no Ensino Básico?
( ) SIM ( ) NÃO

3) Se você colocou sim, de que forma? Se colocou não, qual o motivo?

Apêndice C – Questionário estruturado de autoavaliação

Especialização em Ensino de Química
Disciplina: Educação em Química, Sociedade e Ambiente
Professora: Júlia Bouzon

Seu resultado: ( ) melhora ( ) manutenção

Você identificou mudança de pensamento ao responder os dois questionários (mesmo que seu resultado final tenha sido a manutenção)? Se sim, quais motivos te levaram a essa mudança?

Apêndice D – Questionário com os cursistas egressos

Colégio Pedro II – Campus Centro
Especialização em Ensino de Química
Disciplina: Educação em Química, Sociedade e Ambiente
Professora: Júlia Bouzon

A sua prática docente mudou em algum aspecto após a disciplina? Você teve a oportunidade de se utilizar de algum conhecimento de QV e CTS discutido ao longo da disciplina em suas aulas, mesmo que em momentos específicos? Se sim, como foi? Se não, o que te impediu?

Apêndice E – Ementa e cronograma do ano de 2019

Colégio Pedro II
Especialização em Ensino de Química
Disciplina: Educação em Química, Sociedade e Ambiente
Docentes Responsáveis: Profª. Júlia Bouzon

1. **EMENTA**:

1º Momento: **Química Verde.**

Apresentação do histórico da Química Verde a partir dos eventos ocorridos, definições e princípios da QV. Desenvolvimento sustentável, pegadas ecológicas, hídrica e de carbono. Produção mais limpa, economia circular, chemical leasing. Biomassa, avaliação do ciclo de vida, métricas holísticas.

2º Momento : Abordagem CTS.

Apresentação e estudo da abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). A abordagem CTS e as técnicas de controvérsia e dilemas morais. As crenças, valores e atitudes em CTS a partir do *PIEARCTS*. A contribuição da abordagem CTS para a Educação e ensino de ciência e tecnologia.

2. **ROTINA DE TRABALHO**

O curso é desenvolvido a partir de discussões dos slides apresentados em aula e textos previamente selecionados e indicados desde o primeiro encontro a fim de que os estudantes possam organizar-se para leituras e reflexão.

3. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Os participantes serão avaliados individualmente por meio da **participação semanal** nas discussões sobre os textos escolhidos, pela **participação na controvérsia e no dilema moral**, além da **apresentação do trabalho em grupo, oralmente e de forma escrita**.

O **trabalho em grupo** deverá tratar sobre uma metodologia que tenha a abordagem CTS para a introdução de um dos conceitos de QV apresentados no 1º momento do curso. O ideal é que, pelo menos, um integrante do grupo consiga aplicar esta metodologia e traga resultados para serem discutidos com o restante da turma.

NOTA IMPORTANTE: Os trabalhos serão submetidos a um software anti-plágio e devem estar no limite similaridade apontado como aceitável pelo *software* (por exemplo, 3% no *CopySpider*).

4. PRAZOS

Trabalho entregue fora do prazo acertado não será aceito por motivos óbvios.

Cronograma proposto para 10 encontros:

	Textos de leitura obrigatória	
1º 01/08	Apresentação dos integrantes do grupo. Apresentação da disciplina, ementa, rotina de trabalho, orientação geral sobre os textos, sistema de avaliação e estrutura do trabalho final. Resolução e explicação dos pré-testes do PIEARCTS e de QV.	
2º 08/08	Histórico QV – Eventos Desenvolvimento sustentável Definição QV Princípios QV	Apresentação de CTS. Apresentação do artigo da QNESC. Capítulo 1 – CTS como campo de estudo em construção
3º 15/08	Apresentação do artigo da Amazônia. Economia circular Chemical leasing Produção mais limpa	Capítulo 6 - CTS e o ensino

4° 22/08	Pegadas – ecológica, hídrica, de carbono Biomassa Avaliação do ciclo de vida Segurança química	Capítulo 8 – Modelagem para participação social nas relações CTS: utilizando as ordens de Comte-Sponville Dilemas morais.
5º 29/08	Métricas holísticas. Aula com professor convidado	
6° 05/09	Técnica da controvérsia.	
7º 12/09	Capítulo 10 – Sobre as variáveis que implicam nas relações CTS Capítulo 11 – Repercussão social do desenvolvimento científico e tecnológico	Discussão dos grupos
8º 19/09	Vázquez, A.; Manassero, Ma A.; Acevedo-Díaz, J. A. e Acevedo-Romero, P. Consensos sobre a Natureza da Ciência: A Ciência e a Tecnologia na Sociedade. http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc27/07-ibero-6.pdf	Silva, M.A.F.B. da; Melo, T. B.de; Bock, B. S.; Chrispino, A. A contribuição da construção social da tecnologia para a abordagem CTS: desafios a partir dos resultados PIEARCTS. Interacções, n.34, p. 201-221, 2015 http://revistas.rcaap.pt/interaccoes/article/view/6930/5182
9° 26/09	Apresentação dos trabalhos – 3 grupos.	
10º 03/10	Resolução dos pós-testes do PIEARCTS e PC. Apresentação dos trabalhos – 2 grupos.	

Link do livro: http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Introducao-aos-Enfoques-CTS-Ciencia-Tecnologia-e-Sociedade-na-educacao-e-no

Apêndice F – Atividade inicial T1

TRABALHO 1 – 4º BIMESTRE

Os Plásticos são materiais constituídos por moléculas de grande tamanho e massa molecular, formadas por n repetições de moléculas menores, denominadas polímeros. Atualmente, os polímeros sintéticos são os materiais mais usados em nosso dia a dia.

1. Identifique alguns materiais usados por você diariamente que são feitos de plástico.

2. Os plásticos provocaram uma grande revolução no acondicionamento de diversos produtos, trazendo vantagens em razão de sua leveza e durabilidade. Porém, seu uso indiscriminado provoca problemas ambientais de grandes dimensões, principalmente devido à dificuldade para realizar sua reciclagem. De que forma é possível colaborar para a reciclagem desses materiais?

Apêndice G – Questionário T3

1) Plásticos são materiais formados pela união de grandes cadeias moleculares chamadas:

a. Carbonos

b. Polímeros

c. Monômeros

d. Silicones

2) Os plásticos são produzidos através de um processo químico chamado:

a. Polimerização

b. Esterificação

c. Condensação

d. Acidificação

3) A utilização de materiais plásticos apresenta diversas vantagens. Qual dessas não é uma vantagem do uso dos plásticos?

a. Menor consumo de energia na sua produção

b. São recicláveis

c. Menor custo de coleta

d. Não apresentam riscos à saúde

4) Plásticos são materiais sintéticos desenvolvidos a partir do início do século XX. São materiais derivados de:
a. Argila
b. Petróleo
c. Minerais
d. Madeira

5) Partículas muito pequenas (5mm) de plástico denominadas microplásticos estão presentes em diversos ambientes. Amostras desses microplásticos já foram encontradas em:
a. Água mineral engarrafada e sangue humano.
b. Peixes e frutos do mar e fezes humanas.
c. Oceanos e sangue humano.
d. Água mineral engarrafada e alimentos para bebês.

6) Substância capaz de aumentar os riscos de câncer, presente em alguns recipientes plásticos, que quando exposta a mudanças de temperatura pode migrar para alimentos e bebidas:
a. Bisfenol A
b. Resfenol
c. Fenol
d. Trisfenol A

7) Sobre os plásticos, é correto afirmar que:
a. Não apresenta problemas quanto ao descarte, pois são recicláveis.
b. Não apresenta riscos à saúde, somente ao meio ambiente.
c. O volume produzido é compatível com o volume reciclado.
d. São materiais com baixo custo de produção.

8) O que são plásticos biodegradáveis?
a. Plásticos que podem ser recicláveis.
b. Plásticos que são degradados por microrganismos.
c. Plásticos que são derivados de fontes renováveis.

d. Plásticos que são reutilizados.

9) O plástico tem causado grande impacto nos oceanos e no meio ambiente, devido ao seu descarte inadequado. De todo lixo marinho, são compostos por plástico:

a. 80%.

b. 50%.

c. 100%.

d. 75% .

10) Os plásticos são materiais recicláveis, no entanto, do total de plástico utilizado nos últimos 65 anos não foram reciclados:

a. 54%

b. 36%

c. 91%

d. 72%

11) Recentemente, entrou em vigor uma lei no Rio de Janeiro que proíbe o uso de sacolas plásticas. Em todo o mundo, são utilizadas:

a. Até 30 bilhões de sacolas plásticas descartáveis

b. Até 500 bilhões de sacolas plásticas descartáveis

c. Até 500 milhões de sacolas plásticas descartáveis

d. Até 100 bilhões de sacolas plásticas descartáveis

12) Qual o tempo médio de decomposição do plástico?

a. 100 anos

b. 300 anos

c. 400 anos

d. 1000 anos

13) Qual a quantidade de plástico descartada nos oceanos anualmente?

a. 8 milhões de toneladas.

b. 1 bilhão de toneladas.

c. 4 milhões de toneladas.

d. 1 milhão de toneladas.

Apêndice H – Cronograma do ano de 2020/2021

	Textos de leitura obrigatória
1º 18/03	Apresentação dos integrantes do grupo. Apresentação da disciplina, ementa, rotina de trabalho, orientação geral sobre os textos, sistema de avaliação e estrutura do trabalho final. Apresentação de CTS e do artigo da QNESC. https://www.scielo.br/pdf/epec/v2n2/1983-2117-epec-2-02-00110.pdf
2º 20/03	Histórico QV – Eventos Desenvolvimento sustentável Definição QV Princípios QV Apresentação do artigo da Amazônia.
3º 25/03	Economia circular Chemical leasing Pegadas – ecológica, hídrica e de carbono
4° 27/03	Produção mais limpa Avaliação do ciclo de vida Biomassa Segurança química
01/04	PONTO FACULTATIVO
5º 08/04	Métricas holísticas. Aula com professor convidado
6° 10/04	CTS e o ensino – Capítulo 6 do livro.
7° 15/04	Técnica da controvérsia.
8° 17/04	Dilemas morais https://www.scielo.br/pdf/epec/v9n1/1983-2117-epec-9-01-00059.pdf
9º 29/04	http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc27/07-ibero-6.pdf http://revistas.rcaap.pt/interaccoes/article/view/6930/5182
22/04 e 24/04 FERIADO	Cambiando la práctica docente en la enzeñanza de las ciências através de CTS. Arquivo no moodle https://www.scielo.br/pdf/epec/v3n2/1983-2117-epec-3-02-00122.pdf Leitura dos textos → Fórum no Moodle
10° 06/05	Apresentação dos trabalhos Feedback da disciplina

Apêndice I – Questionário T7

A partir da escala abaixo, julgue as frases de acordo com o seu conhecimento.

(1) Nem pensar. Discordamos muito.
(2) Discordamos em parte.
(3) Não chegamos a um consenso. Precisamos conhecer mais.
(4) Está no caminho certo, mas há pontos incorretos ou pouco precisos.
(5) Com certeza. Concordamos totalmente!

São constituídos por polímeros assim como os plásticos convencionais.

Apesar do processo produtivo evitar o uso de derivados de petróleo, o consumo energético empregado para separação e purificação de bioplástico de origem fermentativa é muito alto.

O termo bioplástico está associado à origem (De onde vem o material que é empregado para produzi-lo?) e do seu destino (O que acontece e para onde vai o material depois de utilizado?). Bioplásticos, conceitualmente, não têm origem no petróleo e são totalmente biodegradáveis.

Comparado aos plásticos convencionais, os bioplásticos emitem menos gases do efeito estufa durante o seu ciclo de vida (do projeto ao descarte).

Um polímero constituído 100% de origem fóssil e que seja biodegradável pode ser classificado como biopolímero. Contudo, seu compromisso com a sustentabilidade é desprezível, pois não houve melhoria na principal etapa, que é a produtiva.

Um aspecto desagradável de algumas embalagens sustentáveis é a sua falta de higiene, porque a sua produção pode incorporar matéria orgânica podre e outros tipos de poluentes.

A adoção em massa destas embalagens não seria um problema, porque os bioplásticos biodegradáveis podem ser destinados a aterros sanitários.

Para o enfrentamento da pandemia de Covid-19, o uso de plástico descartáveis comuns trazem maior segurança sanitária. Este fator pode representar uma forte ameaça à adoção de embalagens sustentáveis neste momento.

Embalagens sustentáveis de papel, mesmo que tenham um conceito e *design* interessantes, causam uma pressão na produção de papel que, consequentemente, provoca um aumento significativo do desmatamento.

Considerando que as embalagens sustentáveis representarão aumento de custo para o consumidor final, uma boa estratégia para sua implementação progressiva é a possibilidade de o consumidor escolher por poluir menos e pagar mais por elas.

As embalagens sustentáveis são inviáveis se pensarmos no perfil socioeconômico do Brasil. Por isto, a opção de utilizar plásticos recicláveis e reforçar o compromisso com a logística reversa pelos aplicativos de *delivery* (devolver a embalagem ao vendedor) deveria ser priorizada.

A adoção de embalagens reutilizáveis ao invés de embalagens descartáveis é um desafio enorme, mas não é impossível. Se houver um debate que envolva a sociedade, indústria e ambientalistas, com um cronograma com metas de transição, o sonho pode se tornar realidade.