

Franciani Becker Roloff

**A CIRCULAÇÃO DE CONHECIMENTOS EM QUÍMICA VERDE
EM TESES E DISSERTAÇÕES: IMPLICAÇÕES AO SEU
ENSINO E À FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do Grau de Doutora em Educação Científica e Tecnológica

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Marques.

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Roloff, Franciani Becker

A Circulação de conhecimentos em Química Verde em teses e dissertações : implicações ao seu ensino e à formação de professores de Química / Franciani Becker Roloff ; orientador, Carlos Alberto Marques - Florianópolis, SC, 2016.

346 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

Inclui referências

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Ensino da Química Verde. 3. Circulação de ideias. 4. Teses e Dissertações. 5. Formação de professores de Química. I. Marques, Carlos Alberto . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE DOUTORADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

**“A circulação de conhecimentos em Química Verde em Teses e
Dissertações: implicações ao seu ensino e à formação de
Professores de Química”**

Tese submetida ao Colegiado do Curso
de Doutorado em Educação Científica
e Tecnológica em cumprimento parcial
para a obtenção do título de Doutor
em Educação Científica e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 08 de dezembro de 2016

Dr. Carlos Alberto Marques (Orientador – MEN/UFSC):

Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado (Examinador – Departamento de Química e Bioquímica/Universidade do Porto):

Dra. Arlene Gonçalves Correa (Examinadora – Departamento de Química/UFSCar):

Dr. Demétrio Delizoicov Neto (Examinador – MEN/UFSC):

Dra. Anelise Maria Regiani (Examinadora – QMC/UFSC):

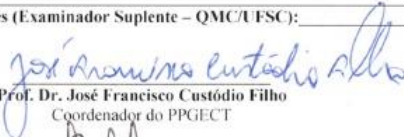
Dr. Santiago Francisco Yunes (Examinador – QMC/UFSC):

Dra. Leila Cristina Aoyama Barbosa Souza (Examinadora Suplente –

SECITEC/Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia de Mato

Grosso):

Dr. Fábio Peres Gonçalves (Examinador Suplente – QMC/UFSC):


Prof. Dr. José Francisco Custódio Filho
Coordenador do PPGECT


Franciani Becker Roloff
Florianópolis, Santa Catarina, 2016

Dedico a conclusão deste ciclo à minha família.
Mãe, Pai, Nado e Rodrigo. Vocês
representam minha força motivadora e
minha inspiração... amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Enfim, é chegada a hora de agradecer! Embora, neste momento, agradecer possa representar um gesto singelo, para mim, ele é carregado de significados...

É incrível parar e avaliar todo o trajeto que percorri para chegar aqui. Muitas pessoas foram essenciais no processo de construção e conclusão desta tese, e a elas dedico esses agradecimentos.

Não poderia iniciar de outra maneira a não ser agradecendo ao meu orientador, Carlos Alberto Marques, o **Bebeto**, com quem compartilho a preocupação por uma formação ambiental pelo viés da Química Verde. Nada do que eu diga conseguirá expressar a gratidão, o respeito e a admiração que tenho por você. A profissional que hoje sou reflete seus ensinamentos e conhecimentos, uma vez que sua contribuição à minha formação e constituição como pesquisadora vem desde a graduação. Obrigada pelas oportunidades, pelos desafios e pelo apoio incondicional ao longo desse percurso.

Aos meus amigos giequianos, com quem dividi aspirações e angústias. Em especial, **Leila, Leo, Erica, Patrícia, Gustavo, Marinês** e **Aniara**. Nossas discussões de cunho acadêmico (ou não) foram fundamentais para me nortear quando me sentia à deriva.

Às Profas. **Arlene** Gonçalves Corrêa (UFSCar), **Anelise** Maria Regiani (UFSC) e aos Profs. **Adélio** A. S. C. Machado (U. Porto – Portugal), **Flávio** Antonio Maximiano (USP), **Demétrio** Delizoicov (UFSC) e **Santiago** Francisco Yunes (UFSC), pela leitura cuidadosa, primordiais orientações, correções e sugestões, como membros da comissão examinadora desta tese, na etapa de Qualificação e na Defesa Final.

A todos os docentes do PPGECT, em especial, àqueles com os quais mantive contato mais próximo: os Profs. Demétrio, Fábio, Angotti, Fred, Henrique e as Profas. Sylvia e Adriana, pela fundamental colaboração nesse processo formativo.

À **Elizandra** e **Rodrigo**, pelo prazer da convivência e oportunidade de estreitar os laços de amizade.

Ao Prof. **Fábio** Sangiogo (UFPel) e à estimada **Fernanda** Christmann, pelo auxílio na localização de documentos constituintes do *corpus* de análise da tese.

À **Carla** Patrícia de Santiago Lapa, gestora da EBM Brigadeiro Eduardo Gomes (escola que, à época, eu era lotada). Os dois anos iniciais desse processo de doutoramento só foram possíveis graças à sua

sensibilidade e compreensão. “Dire”, muito obrigada por permitir que eu pudesse mergulhar no sonho do doutorado. Da mesma maneira, reconheço o apoio e o incentivo de alguns amigos dessa unidade educativa, dentre eles: **Guilherme, Fernanda, Tatiane, Roberta e Sandra.**

À Prefeitura de Florianópolis, por me conceder a licença aperfeiçoamento por 33 meses.

Aos meus pais, **Alfonso e Vanir**, e ao meu irmão, **Leonardo**, minha gratidão pelo amor, carinho, compreensão e apoio para que eu realize todos os meus sonhos.

Especialmente, agradeço ao meu esposo, **Rodrigo**, meu par na existência, por toda paciência, incentivo e compreensão ao longo desse árduo processo. Você foi o pilar de sustentação e o combustível que forneceu energia para percorrer toda essa trajetória.

Por fim, e diante do atual cenário político de nosso país, e das incertezas acerca do futuro da educação, sou muito grata à **UFSC**, pela oportunidade de estudar em uma universidade pública, gratuita e de qualidade.

SYMPHONY No.9, OP.125 (BEETHOVEN, LUDWIG VAN)

COMPOSITOR: LUDWIG VAN BEETHOVEN

NÚMERO DE CATÁLOGO: OPUS 125

DATA DA COMPOSIÇÃO: DE 1822 A FEVEREIRO DE 1824



Solo de violinos

Fragmento da partitura

4º movimento

IV. Presto; Allegro molto assai (Alla marcia); Andante
maestoso;

Allegro energico, sempre ben marcato

(Pois foi ao som da nona, que escrevi esta tese)

RESUMO

O presente estudo buscou compreender de que maneira a circulação de conhecimentos de Química Verde (QV), presentes em Teses e Dissertações (T&D), pode contribuir para o seu ensino e influenciar na formação de professores de Química. Os trabalhos identificados foram produzidos na esfera da pós-graduação em Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica, entre os anos 2002 e 2014. O levantamento e a seleção ocorreram por meio de descritores a partir do Banco de Teses da CAPES e da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Obteve-se acesso a 77 T&D (50 dissertações e 27 teses). Considerando que o processo de produção de conhecimento resulta também da interação dos autores das T&D com outras produções da comunidade científica, formando e possibilitando a circulação de conhecimentos e práticas situadas no campo da QV, buscou-se identificar igualmente trabalhos publicados no âmbito da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), em suas revistas e encontros anuais, para compreender a circulação de ideias, os resultados de pesquisa, as experiências de ensino e os textos para a disseminação da QV, no âmbito nacional; o levantamento totalizou 193 publicações autodenominadas em QV. A classificação foi realizada segundo o foco principal de cada trabalho: se voltado a conteúdos disciplinares (164 publicações) ou ao currículo (formação do químico e/ou do professor, com 29 publicações). Quanto a esse último, buscou-se identificar a característica que originou o problema do trabalho e sua associação à QV. Foi possível perceber uma predominância de propostas que vinculam a QV a outros aspectos, como a Química Ambiental e o Desenvolvimento Sustentável. Outra característica presente em parte das publicações foram as propostas que associam a QV a atividades experimentais. Essa etapa nos possibilitou individuar e discutir eventuais tendências nas indicações de abordagens para o ensino da QV, eventualmente utilizadas nas T&D. Já a segunda e principal etapa desta pesquisa foi constituída pela análise das 77 T&D, lidas na íntegra, com a identificação de vários aspectos de conteúdo, o que possibilitou a conformação e a distinção entre os círculos *exotéricos* e *esotéricos*, hierarquizados segundo as proposições explícitas *sobre o ensino da QV*. Desta amostra, apenas 14 trabalhos (4 teses e 10 dissertações) referiam-se, explicitamente, a essa dimensão, constituindo-se como um círculo *esotérico*, enquanto seus trabalhos, o *corpus* principal desta investigação. Cinco categorias constituídas *a priori* (cada qual composta por várias subcategorias) auxiliaram na análise dos conteúdos das T&D, a saber:

Tipo/característica do problema que originou o trabalho; Natureza do conhecimento envolvido; Motivações para a incorporação do ensino da QV na formação do químico e do professor de Química; Papel que atribui ao ensino da QV e Modelo de implementação do ensino. Entre os principais resultados estão: o compartilhamento entre as diferentes áreas da pós-graduação de ideias e proposições, essencialmente, quando formulam sobre o ensino da QV, conformando um mesmo coletivo de pesquisadores; a identificação de uma grande diversidade de razões causais/motivações, problemas de estudo, conhecimentos produzidos, procedimentos adotados e algumas formas sugeridas para a implementação da QV no ensino de Química. Ao final da análise desses 14 trabalhos, evidenciaram-se vários sinais que apontam ou reforçam a evolução da Química Clássica em direção a uma Química denominada Verde, voltada a agir, preventivamente, quanto aos problemas ambientais. Constatou-se que há uma preocupação que isso precisa reverberar no ensino da Química, inclusive na formação de seus professores, caracterizando a constituição de um novo estilo de pensamento, na área da Química: o ensino da QV. Logo, a formação em nível da pós-graduação proporciona um espaço importante e um instrumento de colaboração por meio da circulação de ideias e conhecimentos para que se efetive essa evolução no âmbito da Química, consolidando a chamada Comunidade Epistemológica QV.

Palavras-chave: Ensino da Química Verde, Circulação de ideias, Teses e Dissertações, Formação de professores de Química.

ABSTRACT

This study presents the first reflections of a doctoral research which focuses on understanding how the knowledge of the Green Chemistry (GC) present in theses and dissertations (T&D), may be contributing to the teaching of this perspective, and influencing teacher training of Chemistry. The state of the art research takes place in works produced around of Graduate in Chemistry, Education and Scientific and Technological Education, between 2002 and 2014. Those were identified and selected from the thesis database of Coordination for the Improvement of Higher Level Education (CAPES) and the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD). Access to 77 T&D (50 dissertations and 27 theses) was obtained. Considering which the process of knowledge production also results from the interaction of T&D authors with other scientific community productions, creating and allowing the circulation of knowledge and practices located in the field of GC, it was identified published works under the Brazilian Chemical Society (SBQ) in their magazines and annual meetings to understand the flow of ideas, research results, teaching experiences and texts for dissemination of GC at the national scope; the survey reached 193 GC self-styled publications. The classification was made according to the main focus of each work: turned the disciplinary contents (164 publications) or resume (chemical formation and / or teacher with 29 publications). At this last, attempted to identify the characteristics that originated the problem of work and its association with GC. It was possible to see a predominance of proposals linking GC to other aspects, such as the Environmental Chemistry and Sustainable Development. Another characteristic it was the proposals that associate GC to experimental activities. The first stage enabled us individually and discuss possible trends of teaching approaches to GC may have been used in T&D. The second and main stage of this research was established by analysis of 77 T&D, reading entirely, and identifying various aspects of content, which allowed the conformation and the distinction between exoteric and esoteric circles, ranked according to the explicit propositions about the GC education. At those, only 14 studies (4 theses and dissertations 10) explicitly referred to this dimension, establishing itself as an esoteric circle. Five categories established in advance (each composed of several subcategories) have helped in the analysis of T&D contents, namely: **Problem type/characteristic which originated the work; Knowledge nature involved; Incorporate**

motivations from GC education to form the chemist and chemistry teacher; Justification of GC teaching and teaching model implementation. The main results are: sharing across the different areas of postgraduate ideas and proposals, essentially, when formulated on the GC teaching, forming the same collective of researchers; identifying a wide variety of causal reasons / motivations, study issues, knowledge produced, adopted procedures and some suggested forms for the GC implementation in the Chemistry field. By the end of the 14 studies analysis, revealed up several signs that point or reinforce the evolution of classical chemistry towards a chemical called Green, focused on preventive action on environmental issues. It was noted there is concern that could reverberate in chemistry teaching, including the training of their teachers resulting in a new style of thought in the area of Chemistry: the teaching of GC. Therefore, the post-graduate level training provides an important space and a collaborative tool for the circulation of ideas and knowledge to become effective this evolution in the field of chemistry, named as Green Chemistry Epistemological Community.

Keywords: Green Chemistry Teaching, Flow of Ideas, Theses and Dissertations, Chemistry Teacher Education

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Organização da tese	37
Figura 2: A circulação de conhecimentos, em Fleck (2010)	74
Figura 3: Modelo para a Sustentabilidade Ambiental inspirado	92
Figura 4: Evolução dos paradigmas da atitude humana sobre o ambiente	137
Figura 5: Síntese explicativa da categoria 1	173
Figura 6: Fases do processo de Análise de Conteúdo.....	189
Figura 7: Síntese explicativa da categoria 2	191
Figura 8: Síntese explicativa da categoria 3	192
Figura 9: Síntese explicativa da categoria 4	193
Figura 10: Síntese explicativa da categoria 5	194
Figura 11: Os círculos e a circulação de ideias para o ensino da Química Verde, nas teses e dissertações	221
Figura 12: Representação das convergências de proposições nas T&D	296
Figura 13: Representação esquemática de possíveis Coletivos de Pensamento da área da Química e do novo CP de Ensino da QV.....	307

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição anual de publicações.....	63
Gráfico 2: Distribuição dos trabalhos por programa de pós-graduação (em números)	65
Gráfico 3: Distribuição dos trabalhos por programa de pós-graduação (em percentagem)	65
Gráfico 4: Distribuição anual de publicações QV na SBQ (2002-2014)	170
Gráfico 5: Categorias circulantes em trabalhos SBQ, voltados à formação.....	177
Gráfico 6: Circulação intercoletiva – número de trabalhos voltados à formação do professor.....	178
Gráfico 7: Circulação intracoletiva – número de trabalhos voltados à formação do químico.....	178
Gráfico 8: Doze princípios da Química Verde.....	214
Gráfico 9: Subáreas das Química onde as T&D foram produzidas.....	216
Gráfico 10: Aspectos extraídos a partir da análise dos conteúdos das 63 T&D constituintes do círculo exotérico.....	218
Gráfico 11: Áreas onde os trabalhos que tratam do ensino da QV foram produzidos.....	230
Gráfico 12: Aspectos extraídos a partir da análise do conteúdo das T&D constituintes do círculo esotérico.....	231

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Categorias <i>a priori</i> e suas subcategorias, enquanto aspectos de conteúdo, consideradas na análise das T&D.....	66
Quadro 2: Comparativo entre as premissas do “Limites do Crescimento” e o “Relatório Brundtland”	100
Quadro 3: Preposições para ligação entre os termos Química e Ambiente.....	114
Quadro 4: Os doze princípios da Química Verde.....	127
Quadro 5: Os segundos doze princípios da Química Verde.....	130
Quadro 6: A circulação (intra-coletiva) de ideias nos trabalhos voltados à formação dos químicos.....	174
Quadro 7: A circulação (inter-coletiva) de ideias nos trabalhos voltados à formação dos professores de Química.....	175

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Visão geral do conjunto de questões complementares de pesquisa e suas relações com os capítulos da tese.....	36
Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações.....	48
Tabela 3: Levantamento e identificação das Teses.....	56
Tabela 4: Número de publicações anuais.....	63
Tabela 5: Distribuição anual das pesquisas sobre a temática Química Verde produzidas no período de 2002 a 2014.....	64
Tabela 6: Resumo dos principais acontecimentos relacionados ao Desenvolvimento Sustentável (1962-2009)	97
Tabela 7: Número de publicações QV anuais nos veículos da SBQ....	169
Tabela 8: Síntese da distribuição das produções autodenominadas QV na SBQ, entre 2002 e 2014, segundo o veículo de divulgação e foco.....	171
Tabela 9: Categorização das Dissertações, em seus aspectos constitutivos.....	195
Tabela 10: Categorização das Teses, em seus aspectos constitutivos..	207
Tabela 11: Teses e Dissertações que compõem o Círculo esotérico e seus aspectos constitutivos.....	222

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAPEC – Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
BDTD – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
C&T – Ciência e Tecnologia
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CMMA – Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento
CP – Coletivos de Pensamento
CTS – Ciência-Tecnologia- Sociedade
CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
DS – Desenvolvimento Sustentável
EA – Educação Ambiental
ECT – Educação Científica e Tecnológica
EDS – Educação para o Desenvolvimento Sustentável
ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
EP – Estilos de Pensamento
FdoQ – Formação do químico
FPQ – Formação de Professores de Química
GC – Green Chemistry
IES – Instituição de Ensino Superior
JBCS – Journal of the Brazilian Chemical Society
PNPG – Plano Nacional de Pós-Graduação
PP – Princípio da precaução
PPGE – Programa de Pós-graduação em Educação
PPGECT – Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica
PPGQ – Programa de Pós-graduação em Química
PPGs – Programas de Pós-graduação
PR – Paradigma de risco
QAmb – Química Ambiental
QN – Química Nova
QNEsc – Química Nova na Escola
QS – Química Sustentável
QV – Química Verde
RASBQ – Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química
RVq – Revista Virtual de Química
SA – Sustentabilidade Ambiental
SBQ – Sociedade Brasileira de Química
T&D – Teses e Dissertações

UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFBA – Universidade Federal da Bahia
UFC – Universidade Federal do Ceará
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
UFMS – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
UFPB – Universidade Federal da Paraíba
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
UFPel – Universidade Federal de Pelotas
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCar – Universidade Federal de São Carlos
UFSM – Universidade Federal de Santa Maria
UFU – Universidade de Uberlândia
UFV – Universidade Federal de Viçosa
UnB – Universidade de Brasília
UNESP – Universidade Estadual Paulista
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
UNICENTRO – Universidade Estadual do Centro-oeste
USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	27
Objetivo Geral.....	35
Objetivos Específicos.....	35
CAPÍTULO 1. O UNIVERSO E OS INSTRUMENTAIS DA PESQUISA: DO <i>CORPUS</i> DE ANÁLISE AO APORTE TEÓRICO PRINCIPAL BASEADO NA PERSPECTIVA FLECKIANA.....	39
1.1 PESQUISAS DO TIPO ESTADO DA ARTE: CONTRIBUIÇÕES PARA A CONSTITUIÇÃO DO CAMPO TEÓRICO DAS ÁREAS DO CONHECIMENTO.....	39
1.2 O UNIVERSO DA PESQUISA: SELEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO <i>CORPUS</i> DE ANÁLISE.....	44
1.2.1 O <i>corpus</i> de análise em números.....	62
1.3 A CONTRIBUIÇÃO DA TEORIA DO CONHECIMENTO DE FLECK PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	69
1.3.1 Ludwik Fleck: aspectos do contexto, produção e de algumas de suas categorias.....	69
1.3.2 Fleck e as Pesquisas em Ensino de Ciências.....	75
CAPÍTULO 2. A QUÍMICA NO CONTEXTO DA CRISE AMBIENTAL.....	85
2.1 CRISE AMBIENTAL PLANETÁRIA: A BUSCA DE ENTENDIMENTOS PARA UMA SITUAÇÃO (IN)SUSTENTÁVEL.....	86
2.2 DIMENSÃO AMBIENTAL NO ÂMBITO DA QUÍMICA: INDÍCIOS DA CONSCIÊNCIA DE COMPLICAÇÕES E SEU ENFRENTAMENTO NO COLETIVO DOS QUÍMICOS.....	107
2.2.1 A busca da Sustentabilidade Ambiental nas Atividades Químicas.....	111
2.2.2 Química Ambiental: a remediação como solução para os problemas ambientais.....	115
2.2.3 A emergência da Química Verde: a prevenção na geração de problemas Ambientais.....	119
CAPÍTULO 3. CIRCULAÇÃO DE CONHECIMENTOS SOBRE A QUÍMICA VERDE: INFLUÊNCIAS NO ENSINO DE QUÍMICA.....	145
3.1 O ENSINO DE ASPECTOS AMBIENTAIS PELA QUÍMICA...146	
3.1.1 Educação e Desenvolvimento (mais) Sustentável: interlocuções com a Educação Ambiental.....	147

3.1.2 Situando a dimensão ambiental no ensino de Química: possibilidades da sinergia entre a Química Ambiental e a Química Verde.....	154
3.1.3 Situando a dimensão ambiental no ensino de Química: possibilidades da sinergia entre Química Ambiental e Química Verde.....	159
3.2 A QUÍMICA VERDE E AS PREOCUPAÇÕES COM O SEU ENSINO: ANÁLISE DE UMA PRODUÇÃO ACADÊMICA DA SBQ	167
CAPÍTULO 4. COLETIVOS PRODUZINDO SOBRE QUÍMICA VERDE E SEU ENSINO: IMPLICAÇÕES À FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA.....	187
4.1 O CENÁRIO GERAL: DAS CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS DE ANÁLISE AOS NÚMEROS INICIAIS.....	190
4.2 A IDENTIFICAÇÃO E A CARACTERIZAÇÃO DO CÍRCULO ESOTÉRICO DO ENSINO DA QUÍMICA VERDE.....	220
4.2.1 Tipo/característica do problema que originou o trabalho das T&D.....	232
4.2.2 Natureza do conhecimento envolvido.....	245
4.2.3 Motivações para incorporação do ensino da Química Verde na formação do químico e do professor de Química.....	256
4.2.4 Papel atribuído ao ensino da Química Verde.....	271
4.2.5 Modelos de implementação do ensino.....	282
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	299
REFERÊNCIAS.....	311
Apêndice A - Lista das Teses e Dissertações Analisadas.....	335

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os danos ao meio ambiente causados pelo ser humano vêm sendo mais intensamente observados, discutidos e estudados, principalmente porque não têm mais incidido localmente, mas sim, sobre toda a sociedade, em dimensões e responsabilidades variadas. Esses problemas — e suas proporções — têm sido comumente denominados de crise ambiental (LEFF, 2008), cujas causas parecem ainda não encontrar consenso entre os diversos atores sociais, muito embora algumas delas sejam amplamente conhecidas e, de certo modo, reconhecidas. Nesse quadro, servem de exemplo o atual modelo de desenvolvimento econômico, científico e tecnológico e o consumismo desenfreado, fruto de um modo de vida que tem privilegiado o supérfluo. Tem-se, assim, uma crise que não se limita ou envolve somente os indivíduos, governos ou instituições específicas, mas uma crise que é vista como um modelo civilizacional (NASCIMENTO, 2012a).

Como apontam alguns autores (VIOTTI, 2001; VEIGA, 2005; SACHS, 2008), os sinais da crise socioambiental se tornaram mais evidentes a partir dos anos 1960, impulsionados pelo acelerado desenvolvimento econômico, industrial e agrícola. Na realidade, a crise reflete o uso intensivo de novos meios de produção e a escalada do consumo, que geraram processos de degradação ecológica e destruição ambiental. Contudo, é imperioso registrar, conforme Freitas e colaboradores (2010), que há séculos os recursos naturais do planeta, em grande parte, os de origem não renovável, vêm sendo utilizados de forma bastante irracional e predatória, colocando em risco o nosso futuro e a própria existência da vida na Terra. Embora a conscientização acerca desse tema tenha tido progressos, especialmente desde a Rio-92, o que se observa é um acelerado crescimento da degradação ambiental (SILVA; CRISPIM, 2011).

A crise é, portanto, civilizatória, e não da natureza. Sua superação exige diversas e profundas mudanças, entre elas: a concepção e o reconhecimento sobre os limites biofísicos do planeta; o tipo de relação que o homem estabelece com o ambiente; de valores como o bem-estar e de necessidades vitais; do prazer material e imaterial; da desenfreada busca pela riqueza econômica. Isso requer, então, a suplantação de visões reducionistas, preservacionistas ou mesmo românticas sobre a relação do ser humano com o meio ambiente, sustentadas principalmente por entendimentos que resumem o ambiente a aspectos

naturais, ou ainda, como “provedor” inexaurível da sobrevivência humana. É necessário edificar novos valores, individuais e sociais, moldados nos compromissos socioambientais de preservação do planeta como um bem comum. Algo que deve pautar a economia e os processos de produção que possam garantir nossa (sub)existência.

A nosso ver, essa crise impõe que o meio ambiente seja compreendido de maneira holística e não dicotomizada. Isto é, que seja caracterizado, substancialmente, como fruto das relações **entre** a sociedade e a natureza, reconhecendo-se, para tanto, que os seres humanos fazem parte do meio (ROLOFF, 2011) e que são atingidos igualmente por ela. Nessa relação é necessário levar em consideração um dos principais fatores da crise: as atividades econômicas, as quais, com seus diferentes modos de apropriar-se dos recursos materiais do ambiente, processam-nos (através das transformações biofísicas e químicas) para satisfazer necessidades primárias ou supérfluas, realizando trocas sociais por meio do mercado. E esses fatores, uma vez considerados histórica e socialmente, podem apontar mais claramente para a principal e verdadeira dimensão da atual crise ambiental.

Nessa pequena introdução do tema, saltamos a descrição desses aspectos de caráter mais históricos para nos reportarmos à atualidade. Uma das mais fortes respostas ao reconhecimento da crise são os discursos materializados no conceito de Desenvolvimento Sustentável (DS), construído pelos países integrantes da Organização das Nações Unidas (ONU) e definido como aquele capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender às necessidades das futuras gerações (WCED, 1987). Nele está impresso o reconhecimento da necessidade de mudanças no processo do desenvolvimento econômico, a fim de torná-lo (mais) sustentável. Embora seja polêmico, esse conceito (ou, mais propriamente, uma “ideia-força”) reúne um entendimento de que algo precisa ser feito para não se comprometer (mais) o futuro do planeta.

De acordo com Machado (2010), a compreensão sobre o DS surgiu a partir da necessidade de gerir a matéria-prima (florestas, utilizadas como biomassa), com o objetivo de dar continuidade aos processos de produção já no início do século XVIII, sendo, portanto, um conceito gerado por preocupações e motivações essencialmente econômicas. A ideia-força, porém, surgiu a partir também de estudos ligados às mudanças climáticas, realizados pela ONU, como uma resposta à crise ambiental, a partir da segunda metade do século XX.

O termo DS atingiu maior reconhecimento a partir da década de 1990, tornando-se muito utilizado para se definir um novo modelo de desenvolvimento (VAN BELLEN, 2004). Todavia, Van Bellen (2004) destaca que a crescente legitimidade do conceito não veio acompanhada de uma discussão crítica e consistente a respeito de seu significado efetivo e das medidas necessárias para alcançá-lo.

Essa ressalva expressa uma preocupação com um termo conceitual muito amplo e polissêmico, sendo necessário avaliá-lo em suas múltiplas dimensões: biológicas, econômicas, éticas, políticas, sociais e geográficas. Contudo, como se discutirá ao longo da tese, além dessas dimensões, apontaremos também a necessidade de se considerar o alcance físico dessa ideia-força contida no conceito de DS, cuja dimensão se associa ou se relaciona ao conceito de sustentabilidade ambiental (SA).

O conceito de SA — por vezes empregado como sinônimo de DS — surgiu na década de 1970 (BASIAGO, 1995), e desde então, diversas definições e compreensões têm sido elaboradas (MARQUES; MACHADO, 2014) em vários campos do saber. Todavia, poucos são os autores que assumem a ideia de SA como algo apenas hipotético, dado os limites peremptórios dos sistemas físicos (materiais e energéticos) do mundo biofísico, onde, por motivos variados, a maioria das manifestações acadêmicas e políticas parece adotar esse mesmo conceito ou suas variações de forma acrítica em relação aos determinantes físico-químicos.

Constata-se, então, a crescente percepção social e política de que o desenvolvimento econômico — incluindo o industrial e o tecnológico — vem sendo alcançado sob formas e ritmos “insustentáveis”, o que, em certa medida, coloca a busca por um (novo) modelo de desenvolvimento em “equilíbrio” com o ambiente como algo, no mínimo, controverso. Portanto, falar em DS torna-se apenas uma ideia-força, sem se saber propriamente o que significa e como se alcança. Conforme Nascimento (2012b), talvez seja por isso que esse conceito tenha conquistado tanto consenso ou apelo (comercial), implicando em uma ameaça ao futuro planetário.

Mas, nesse cenário de crise, convém destacar ainda a responsabilidade da Química — uma área com dupla dimensão: acadêmica e industrial —, que fornece insumos (substâncias) e desenvolve processos de transformação química da matéria. Via de regra, seus processos geram resíduos materiais e energéticos que podem ser poluentes e ter como destino final a atmosfera, o solo e a água, contaminando ecossistemas e atingindo diferentes formas de vida, com

efeitos entrópicos danosos ao ambiente natural e humano (MOZETO; JARDIM, 2002). Além disso, trabalha também com substâncias tóxicas e inflamáveis, que são nocivas ao meio ambiente e à sua biodiversidade. Obviamente, a Química não é somente produtora de problemas, pois através de seus estudos muitas coisas mudaram a nosso favor como, por exemplo, a produção de bilhões de toneladas/ano de mais setenta mil compostos, dentre eles fármacos, combustíveis e alimentos, além de tantos outros que nos ajudam a resolver problemas e nos trazem conforto (CORRÊA; ZUIN, 2009).

Por ser uma ciência relacionada ao ambiente (no campo das Ciências da Natureza), e reconhecendo-se a importância e a necessidade de se buscar soluções para problemas ambientais, recentemente se intensificou a busca por novas práticas químicas, a exemplo daquelas orientadas pelos princípios da Química Verde (QV) (ANASTAS; WARNER, 1998; IUPAC; 2014). E embora a QV venha estudando e desenvolvendo soluções ambientais no âmbito da Química, outra “área”¹ importante e histórica, a Química Ambiental (QAmb), tem buscado também proporcionar a melhoria da qualidade de vida no planeta através de estudos envolvendo os processos químicos e as mudanças que ocorrem no ambiente, de origem antrópica ou não (MACHADO, 2004).

Todavia, alguns autores (RAMOS, 2009; MARQUES *et al.*; 2013; GOES *et al.*; 2013; ROLOFF; MARQUES, 2014; ZUIN; MARQUES, 2014, 2015) apontam que, nos últimos anos, poucos trabalhos têm sido desenvolvidos acerca da inserção da QV no ensino de Química, tanto na escolarização básica quanto na superior (MARQUES *et al.*, 2007). A maioria desses trabalhos tem se dedicado a abordar aspectos relacionados aos seus princípios norteadores e a defender possíveis enfoques da QV associados ou relacionados às questões ambientais² com temas envolvendo a SA e o DS, sendo que poucos se voltam ao ensino da Química, no geral, e da QV, em particular.

¹ De acordo com a IUPAC, a QAmb e a QV não são consideradas divisões específicas da Química. Deste modo, a Química Verde (Green Chemistry) está localizada e constituída enquanto um subcomitê dentro da divisão de Química Orgânica e Biomolecular. Logo, a denominação “área”, adotada por nós, tem o sentido de aglutinação de temas e objetivos comuns de investigação, práticas e produções científicas dentro do coletivo dos químicos. Informações disponíveis em: www.iupac.org/web/ins/303.

² O termo “questões ambientais” contém e representa uma síntese dos impasses que o atual modelo civilizatório acena e manifesta (LEFF, 2008). Convém lembrar que “*questões e problemas ambientais*” não se referem à mesma coisa.

A título de exemplo, há o trabalho desenvolvido por Zandonai e colaboradores (2014), que ressaltam que a QV tem sido introduzida nas instituições de ensino do país (principalmente de nível superior) de maneira geral, mas associada à experimentação. Os autores realizaram uma busca em recentes publicações de pesquisadores brasileiros, que objetivavam introduzir os conteúdos de QV no ensino, e destacaram algumas características das propostas, como: a maioria das publicações deriva da Química Orgânica (novas formulações de roteiros práticos através da adaptação de procedimentos existentes); a presença de publicações da Química Analítica centradas no caráter experimental, além de alguns trabalhos que superavam a descrição de um roteiro verde (embora estes cumpram um importante papel, desde que os conteúdos sejam abordados em uma perspectiva epistemológica mais atual). Quanto às reflexões acerca da inserção da QV na formação de professores de Química, salientaram que as publicações:

[...] apontam para a importância de se analisar criticamente a literatura e documentos curriculares nacionais, por meio da discussão das complexas problemáticas socioambientais atuais e da apropriação de uma visão epistemológica contemporânea com relação à produção do conhecimento e empreendimento tecnocientíficos, em oposição à concepção empirista-indutivista, ou seja, um processo contínuo de reconstrução dialógica, que contemple visão sistêmica, complexidade, transdisciplinariedade, flexibilidade e sensibilidade (ZANDONAI *et al.*, 2014, p. 76).

Já Fiedler e colaboradores (2005) destacam a necessidade de se alcançar um novo “paradigma”³, ou seja, o desenvolvimento de um novo modelo para o ensino da Química voltado para um futuro sustentável, integrando meio ambiente e desenvolvimento econômico. Sá e Martins (2005) também reconhecem a necessidade e a importância

Em nosso estudo, o termo “questões ambientais” é mais amplo, pois engloba diversos aspectos, incluindo, dentre eles, os próprios problemas ambientais.

³ O termo paradigma, utilizado algumas vezes ao longo desta tese, refere-se ao desenvolvimento de um novo modelo, uma conotação geral de padrão normativo/referência, não estando relacionado aos conceitos de paradigma e suas rupturas, utilizados por Thomas Kuhn.

do entendimento sistemático e holístico para a intervenção consciente e responsável na problemática ambiental, proporcionado pela educação.

Segundo Costa (2011), a QV mostra que o principal objetivo do ensino da Química seria o de preparar os alunos para compreender, exigir e contribuir para o DS, o que demanda uma visão integrada da Química com o meio ambiente e a economia, sendo a QV um veículo privilegiado para a aquisição dessa visão. Destacando também a importância do ensino da QV, Góes e colaboradores (2013) comentam a adoção desse enfoque, o qual, além do aprendizado de conceitos básicos de química, relaciona-se à capacidade de participação no desenvolvimento da sociedade — conforme discutido nos termos do ensino para o DS —, fornecendo ao aluno a oportunidade de fazer conexões entre a química, outras disciplinas e aspectos do dia a dia.

Esses exemplos, situados no campo da Química, salientam o papel da educação à formação ambiental. Especificamente ao ensino da QV, entendemos que não se reduza à inserção de seus princípios e/ou propostas de atividades e materiais a serem incluídos em conteúdos programáticos de ensino pontuais, ou ainda, a uma disciplina específica de QV (que faça parte da grade curricular dos cursos de Química), mas que seja introduzido no âmbito geral (de práticas e ensino) dessa ciência, perpassando todas as suas áreas. Afinal, a incorporação de metodologias voltadas aos estudos de situações sócio-científicas (que contemplem a perspectiva ambiental) auxilia no enfrentamento da prevenção de problemas ambientais.

Zuin (2013) comenta que o movimento da QV tem crescido nos últimos anos, envolvendo as principais sociedades de Química mundiais, como a *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), além do setor industrial, universidades e órgãos governamentais. A autora ressalta que “desde meados de 2000, várias instituições de ensino, pesquisa, associações profissionais e empresas da área de Química e das Engenharias têm promovido eventos para a difusão da Química Verde” (2003, p. 561).

O que apontamos até aqui registra alguns elementos do processo de circulação de ideias acerca da adoção da QV que podem estar influenciando em seu ensino, na produção de conhecimentos e refletindo na formação dos químicos e dos professores de Química. Esses são aspectos importantes com os quais dialogaremos e defenderemos nesta tese.

Por fim, registramos que esta pesquisa de doutorado dá sequência e aprofunda as reflexões iniciadas no mestrado, como também aquelas

que vêm sendo fomentadas nas discussões e pesquisas realizadas junto ao Grupo de Investigação no Ensino de Química (GIEQ)⁴, da Universidade Federal de Santa Catarina. São estudos voltados à inserção, abordagem e tratamento de aspectos ambientais no ensino de Química e na formação dos professores dessa ciência, principalmente pelo viés da Química Verde.

Durante o mestrado, tivemos a oportunidade de analisar cursos de Licenciatura em Química, de nove instituições públicas de Ensino Superior (IES), das regiões sul e sudeste do país (ROLOFF, 2011). A partir da análise dos documentos curriculares e das entrevistas com os professores responsáveis pelas disciplinas de cunho ambiental, e das IES envolvidas na pesquisa, identificou-se e discutiu-se de que forma a relação entre a Química e as questões ambientais era interpretada pelos docentes nos cursos averiguados, e como esses entendimentos poderiam estar refletindo na prática docente dos futuros professores de Química. Foi possível concluir que, na maioria das IES, existe uma preocupação e um tratamento das emergentes questões ambientais nos processos formativos de professores de Química, as quais são abordadas sobre diferentes vieses, identificados como as perspectivas da Química Verde, da Química Ambiental, da Educação Ambiental (EA) e do enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), além de interfaces entre essas concepções (ROLOFF, 2011; ROLOFF; MARQUES, 2014). Nessa pesquisa, percebemos que essas perspectivas podiam dar suporte epistemológico e teórico-metodológico a uma abordagem crítica e transformadora das questões ambientais no ensino de Química, mas reconhecemos também a necessidade de um maior aprofundamento na investigação especialmente sobre a sinergia entre o ensino da QV e a formação de professores, evidenciando e analisando pesquisas sobre o tema.

Detrai-se, dessas experiências e discussões, que existe uma ideia e/ou objetivo implícito em ações desenvolvidas em prol do ambiente, sejam elas de salvaguarda, remediação ou de prevenção ambiental, as quais estariam, em certa medida, relacionadas às dimensões sociais e econômicas mais amplas. Como a literatura relativa à QV vem se expandindo significativamente, e os espaços de produção envolvendo a QV podem ser amplos demais, interessa-nos observar particularmente o espaço das pesquisas em nível da pós-graduação, problematizando os reflexos que causam na formação do químico (FdoQ), e mais

⁴ Disponível em: www.gieq.ufsc.br.

especificamente, os reflexos na formação de professores de Química (FPQ).

Portanto, a pesquisa pretende dialogar com os aspectos recém-salientados. Consideraremos a necessidade de analisar a circulação de ideias e as propostas sobre a QV, sobretudo acerca de seu ensino e quando voltadas à formação de professores de Química, partindo da literatura nacional. Isso nos auxiliará a olhar para um espaço de circulação de ideias e práticas mais específico, isto é, a distintos coletivos de químicos envolvidos em programas de pós-graduação (PPGs) com o mesmo propósito (FdoQ, FPQ e Ensino). Para tanto, nos apoiaremos na epistemologia de Ludwik Fleck (1986, 2010), especialmente algumas de suas categorias, a saber: Estilo de Pensamento (EP), Coletivo de Pensamento (CP), Círculo Esotérico, Círculo Exotérico, Complicação e Circulação intracoletiva e intercoletiva de ideias.

Diante do panorama apresentado e dos propósitos expostos, propõe-se uma pergunta fundamental para esta pesquisa de Tese (QP):

Em que aspectos a circulação de conhecimentos e práticas envolvendo a Química Verde em teses e dissertações pode contribuir ao seu Ensino e à Formação de Professores de Química?

Como já apontamos, a partir da identificação de discussões acerca de aspectos relacionados à problemática ambiental, consubstanciada principalmente nas ideias e produções da QV, circulantes em teses e dissertações (T&D), espera-se caracterizar aspectos/elementos que possam vir ou estejam contribuindo ao ensino da QV e à formação de professores de Química. Essa expectativa e propósito emergem na medida em que ideias, conhecimentos e práticas sobre a necessidade de se ensinar QV já vêm sendo difundidos na literatura, os quais sinalizam algum tipo de compartilhamento entre grupos/coletivos de pesquisadores atuantes e/ou em formação em programas de pós-graduação. Dito de outro modo, a **hipótese** de nossa investigação é de que o crescimento na produção e circulação acadêmica de trabalhos ligados à problemática ambiental e à QV em T&D nas áreas da Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica (ECT) pode vir a influenciar, ou já está, o ensino da QV e a formação de professores de Química.

Além da questão principal de pesquisa, outras quatro questões complementares também nortearão as investigações, o estudo e a escrita da tese. São elas:

Questão 1 (Q1): Em que aspectos compreensões sobre a crise ambiental e sua relação com a Química circulantes em produções acadêmicas orientam visões sobre QV?

Questão 2 (Q2): De que maneira a circulação de ideias em publicações autodenominadas QV — particularmente no Brasil — pode estar influenciando a elaboração de propostas sobre seu ensino?

Questão 3 (Q3): Que características contêm eventuais formulações dirigidas ao ensino da QV em T&D nas áreas de Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica? Em que medida essas formulações podem contribuir à Formação de Professores de Química?

Questão 4 (Q4): Estariam essas áreas distintas (Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica) se constituindo como círculos e coletivos de pensamento distintos, relacionados ao Ensino da QV e, em certa medida, favorecendo a emergência de novas ideias e práticas educativas no ensino da Química e na formação de professores de Química?

A partir disso, nossos objetivos de estudo e de pesquisa assim se expressam:

Objetivo Geral

Identificar e discutir em que medida a circulação de conhecimentos e práticas envolvendo a Química Verde, em teses e dissertações nas áreas de Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica, pode contribuir ao seu ensino e à formação de professores de Química.

Objetivos Específicos

1) Evidenciar ideias e discutir compreensões circulantes sobre crise ambiental e sua relação com a Química, em produções acadêmicas, especialmente aquelas ligadas à QV.

2) Identificar e discutir em que medida a circulação de ideias envolvendo a QV pode estar influenciando a elaboração de propostas voltadas ao seu ensino.

3) Caracterizar e discutir eventuais propostas sobre o ensino da QV em T&D nas áreas de Química, Educação e Educação Científica, analisando se essas propostas podem contribuir à Formação de Professores de Química.

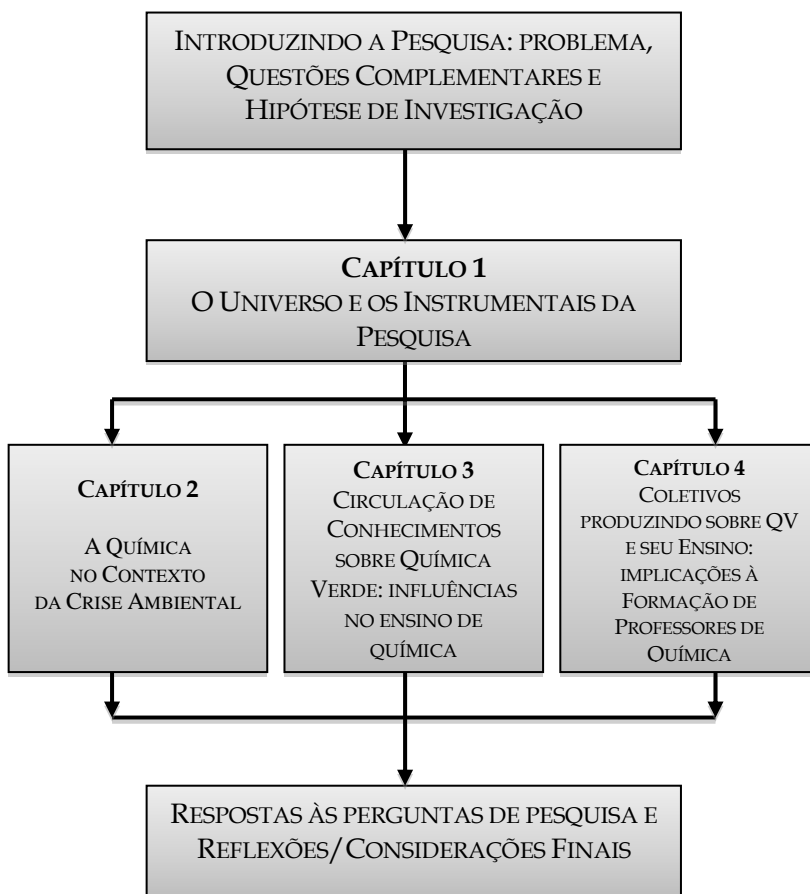
4) Identificar em que medida as pós-graduações em Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica estão se constituindo como distintos círculos e coletivos de pensamento relacionados ao ensino da QV e favorecendo a emergência de novas ideias e práticas educativas no ensino da Química e na formação de professores de Química.

Para responder a essas questões e atingir os objetivos propostos, organizamos a tese segundo uma estrutura hierárquica, que segue um conjunto de perguntas de investigação que nortearão as discussões dos capítulos 2, 3 e 4, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1: Visão geral do conjunto de questões complementares de pesquisa e suas relações com os capítulos da tese

CAPÍTULO	QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO				
	QP	Q1	Q2	Q3	Q4
1	X				
2	X	X			
3	X		X		
4	X			X	X

E para melhor compreender essa sistemática, resumimos na Figura 1 a estrutura dos capítulos para, em seguida, apresentar sinteticamente os assuntos e as ideias a serem contemplados em cada um deles.

Figura 1: Organização da tese

Considerando as informações relativas às ideias e produções QV como ponto de partida da presente investigação, organizamos esta tese de maneira hierárquica em capítulos. No primeiro, apresentamos a caracterização da pesquisa, apontando os procedimentos metodológicos adotados, a estrutura de organização da tese, a construção do *corpus* de investigação, assim como uma análise quantitativa preliminar dessas informações, que nos permitirá ter uma noção do cenário de investigação envolvendo as teses e dissertações de interesse. Abordamos também a teoria de Ludwik Fleck (2010) e suas categorias analíticas,

explicitando sua utilização em pesquisas da área de Ensino de Ciências e as possíveis articulações com o tema em estudo.

No capítulo 2, discutimos aspectos que caracterizam a crise ambiental e a relação com a Química, o que fomenta a justificativa da pesquisa, a necessidade e a importância de se discutir tais aspectos na formação dos químicos, pontuando contribuições da Química Ambiental e da Química Verde na compreensão e atuação preventiva aos danos ambientais provenientes das atividades químicas. Ainda nesse capítulo, por considerarmos que nosso objetivo é dialogar sobre uma nova maneira de se ensinar a Química, tendo como pano de fundo as questões do ambiente, argumentamos e defendemos um novo tipo de educação no âmbito da Química, denominada de Educação Química Verde.

Já no capítulo 3, dialogamos sobre a circulação de ideias em produções autodenominadas QV, especificamente aquelas publicadas nos meios de divulgação da Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Com elas, buscamos entender melhor como essas produções podem estar influenciando o ensino da Química, sobretudo o ensino da QV.

E no capítulo 4, apresentamos as análises quantitativa e qualitativa dos conteúdos das T&D, identificadas e selecionadas. Nesse capítulo, discutimos as produções de T&D da pós-graduação (Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica), assim como os conhecimentos produzidos por esses círculos (a partir das T&D), apontando de que maneira as ideias podem estar influenciando o ensino da QV e a FPQ. Por fim, nas considerações finais, apresentamos uma reflexão geral da pesquisa, dialogando com nosso problema de pesquisa.

CAPÍTULO 1

O UNIVERSO E OS INSTRUMENTAIS DA PESQUISA: DO CORPUS DE ANÁLISE AO APORTE TEÓRICO PRINCIPAL BASEADO NA PERSPECTIVA FLECKIANA

O trabalho do pesquisador consiste em diferenciar, no meio da confusão incompreensível, no caos que enfrenta, entre aquilo que obedece à sua vontade e aquilo que resulta de si mesmo e que resiste à sua vontade. Esse é o solo firme que ele, ou melhor, o coletivo de pensamento procura e não cansa de procurar. (FLECK, 2010, p. 144)

Neste capítulo, apresentamos o universo de nossa pesquisa, descrevendo o seu percurso metodológico, desde as razões para a composição da amostra até os instrumentos que serão utilizados para o alcance das informações que desejamos discutir. Faremos também interlocuções com a teoria de Ludwik Fleck (2010) e suas articulações com o tema e os objetivos de nosso estudo, assim como seu uso em pesquisas da área de Educação em Ciências.

Para tanto, o texto deste capítulo foi organizado em três partes: na primeira, discorreremos sobre pesquisas do tipo “estado da arte” e suas inferências nessa investigação; depois, descrevemos como ocorreu a construção do *corpus* de análise, além de apresentar o cenário dos dados levantados. Por fim, argumentaremos sobre a adequação da escolha do uso do referencial fleckiano para nossos objetivos investigativos, apresentando algumas de suas categorias como subsídio para a análise das produções acadêmicas selecionadas.

1.1 PESQUISAS DO TIPO ESTADO DA ARTE: CONTRIBUIÇÕES PARA A CONSTITUIÇÃO DO CAMPO TEÓRICO DAS ÁREAS DO CONHECIMENTO

Considerando que objetivamos conhecer o universo das produções sobre Química Verde em PPGs, especialmente sobre seu ensino e, possivelmente, sobre a formação de professores nessa

perspectiva, a natureza de nossa pesquisa situa-se no tipo “estado da arte”.

Nessas produções, a principal característica é o interesse pelo conhecimento da totalidade dos estudos e pesquisas em determinadas áreas do saber e campos de produção de conhecimento. O intuito é conhecer o que já foi produzido (em um dado momento histórico), e assim, ordenar resultados obtidos e informações (processo necessário para a evolução da ciência). De acordo com Ferreira (2002), essas são as principais justificativas para o crescimento do desenvolvimento de pesquisas definidas como “estado da arte”, sendo que grande parte dessas reflexões são desenvolvidas em nível da pós-graduação. Segundo a autora, esse tipo de pesquisa é também conhecido como “estado do conhecimento”, sendo definido como:

[...] de caráter bibliográfico, elas parecem trazer em comum o desafio de mapear e de discutir uma certa produção acadêmica em diferentes campos do conhecimento, tentando responder que aspectos e dimensões vêm sendo destacados e privilegiados em diferentes épocas e lugares, de que formas e em que condições têm sido produzidas certas dissertações de mestrado, teses de doutorado, publicações em periódicos e comunicações em anais de congressos e de seminários. Também são reconhecidas por realizarem uma metodologia de caráter inventariante e descritivo da produção acadêmica e científica sobre o tema que busca investigar, à luz de categorias e facetas que se caracterizam enquanto tais em cada trabalho e no conjunto deles, sob os quais o fenômeno passa a ser analisado (FERREIRA, 2002, p. 258).

Romanowski e Ens chamam a atenção para a necessidade do desenvolvimento de pesquisas do tipo “estado da arte”, com um entendimento muito similar ao apresentado anteriormente, quando dizem:

Estados da arte podem significar uma contribuição importante na constituição do campo teórico de uma área de conhecimento, pois procuram identificar os aportes significativos da construção da teoria e prática pedagógica, apontar as

restrições sobre o campo em que se move a pesquisa, as suas lacunas de disseminação, identificar experiências inovadoras investigadas que apontem alternativas de solução para os problemas da prática e reconhecer as contribuições da pesquisa na constituição de propostas na área focalizada. Os objetivos favorecem compreender como se dá a produção do conhecimento em uma determinada área de conhecimento em teses de doutorado, dissertações de mestrado, artigos de periódicos e publicações. Essas análises possibilitam examinar as ênfases e temas abordados nas pesquisas; os referenciais teóricos que subsidiaram as investigações; a relação entre o pesquisador e a prática pedagógica; as sugestões e proposições apresentadas pelos pesquisadores; as contribuições da pesquisa para mudança e inovações da prática pedagógica; a contribuição dos professores/pesquisadores na definição das tendências do campo de formação de professores (2006, p. 39).

Percebe-se que as pesquisas desse tipo, além de resgatar, valorizam os conhecimentos produzidos. As autoras destacam que elas não se reduzem a identificar a produção, mas sim, analisá-la, categorizá-la e revelar seus enfoques e perspectivas. Mas Romanowski, em trabalho anterior, já ressaltava a necessidade de alguns procedimentos para a sua realização:

- definição dos descritores para direcionar as buscas a serem realizadas;
- localização dos bancos de pesquisas, teses e dissertações, catálogos e acervos de bibliotecas, biblioteca eletrônica que possam proporcionar acesso a coleções de periódicos, assim como aos textos completos dos artigos;
- estabelecimento de critérios para a seleção do material que compõe o *corpus* do estado da arte;
- levantamento de teses e dissertações catalogadas;
- coleta do material de pesquisa, selecionado junto às bibliotecas de sistema COMUT ou disponibilizados eletronicamente;

- leitura das publicações com elaboração de síntese preliminar, considerando o tema, os objetivos, as problemáticas, metodologias, conclusões e a relação entre o pesquisador e a área;
- organização do relatório do estudo compondo a sistematização das sínteses, identificando as tendências dos temas abordados e as relações indicadas nas teses e dissertações;
- análise e elaboração das conclusões preliminares (2002, p. 15-16).

Puentes, Aquino e Faquim (2005) comentam que, até pouco tempo, essa modalidade de pesquisa era considerada um simples inventário dos problemas teóricos e empíricos mais representativos de um objeto de estudo. No entanto, as pesquisas atuais envolvendo o “estado da arte” enfrentam um tipo de abordagem centrada na relação estabelecida entre os textos e o contexto. Enfatizam que sua aplicação é muito útil, pois isso permite que se criem importantes acervos teóricos e metodológicos, úteis na determinação de lacunas, inconsistências, tendências, temas relevantes, metodologias emergentes utilizadas, possíveis problemas de interesse científico e social, entre outros.

Ferreira (2002) faz também uma interessante reflexão acerca do uso de catálogos como fonte documental, utilizados como referências de base para o levantamento de dados em pesquisas de “estado da arte”. Segundo a autora, os catálogos orientam pesquisas bibliográficas, em áreas do conhecimento específicas, fornecendo informações básicas a respeito da produção acadêmico-científica, tais como: os títulos dos trabalhos (de teses e dissertações, por exemplo), os nomes do autor e orientador(es), o local e a data da defesa do trabalho, a área à qual pertence, além de um resumo (que deve conter o objetivo da investigação, a metodologia empregada, o problema de pesquisa, o referencial teórico utilizado, os sujeitos de pesquisa, o método de tratamento de dados, os resultados obtidos e as breves considerações). Identificam-se duas maneiras de se utilizar os catálogos como fonte de pesquisa: a primeira, voltada para uma análise mais quantitativa, que basicamente se reduz a interagir com a identificação de dados bibliográficos; a segunda, o pesquisador deve superar as respostas de perguntas como “quando”, “onde” e “quem”, e buscar justificativas ao “o quê” e “como”. Para tanto, o investigador vai além da leitura dos

resumos dos trabalhos, e passa a se debruçar sobre a íntegra das produções.

Esta pesquisa enquadra-se nos dois momentos expressos por Ferreira (2002), dado que, inicialmente, as pesquisas de interesse foram identificadas por meio de descritores e, posteriormente, analisadas em sua totalidade.

Quanto às pesquisas acerca da difusão e aplicação da QV, é possível encontrar algumas produções na literatura da área, que fornecem uma ideia ou panorama do que está sendo produzido, muito embora não se constituam propriamente como “estado da arte”. Dentre elas, destacamos o trabalho de Marques e Machado (2014), que discutem a relação entre DS/SA e Química Verde a partir da análise de artigos e livros internacionais.

Sousa-Aguiar e colaboradores (2014), em artigo publicado na revista *Química Nova*, apresentam uma análise da produção bibliográfica mundial sobre QV, ressaltando que esta vem ganhando destaque na comunidade científica ao longo dos últimos anos, e que as publicações derivam, em sua maioria, de países como os EUA e a Inglaterra, enquanto que os periódicos de maior impacto têm origem na Alemanha, Reino Unido e EUA. Utilizando a base de dados *Web of Science*, os autores realizaram uma busca por artigos publicados até o ano de 2013 que contivessem os termos *Green Chemistry* (800 artigos), *Sustainable Chemistry* (120 publicações) e *Clean Chemistry* (7 artigos publicados). A partir da identificação desse material, construíram gráficos mostrando a evolução no número de publicações para cada palavra-chave ao longo dos anos. Observaram que o termo *Green Chemistry* (GC) é o mais utilizado em publicações da área, elencando ainda um *ranking* de periódicos que mais publicam sobre QV. A revista *Química Nova*, com 49 artigos, foi a única nacional presente na pesquisa, ocupando a 17ª posição, em um universo de 32 periódicos. Adicionalmente, por meio de um gráfico, os autores apresentaram um índice de impacto dos periódicos que mais publicam sobre QV, com o Brasil ocupando a 26ª posição. E utilizando o *Qualis* da CAPES, avaliaram também a qualidade das revistas mais importantes na área de QV, argumentando que os resultados apresentados são úteis para auxiliar a busca daqueles que estão para iniciar um trabalho ou que desejam se aprofundar no tema.

Já Costa, Ribeiro e Machado (2008) realizaram uma análise sistemática da bibliografia sobre artigos que tratam do ensino da QV, principalmente nos periódicos *Journal of Chemical Education*, da American Chemical Society, e do *Green Chemistry*, da Royal Chemical

Society, entre os anos de 1996 a 2007. Essa análise foi atualizada e discutida em uma tese de doutorado desenvolvida por Costa (2011). Em ambos os estudos, a pesquisa bibliográfica foi realizada pela busca do termo *Green Chemistry*, nos títulos dos artigos e nas palavras-chave. Os autores realizaram uma pesquisa prévia nos artigos selecionados, classificando-os em nove categorias, a saber: Divulgação da QV (apresentação da QV e de sua evolução); Ensino (sobre propostas de ensino, cursos, atividades, etc., sem a abordagem detalhada de experiências laboratoriais); Experiência de Demonstração (descrição das experiências realizadas a título demonstrativo); Experiência de Laboratório em Química Analítica; Experiência de Laboratório em Química Geral; Experiência de Laboratório Química Inorgânica; Experiência de Laboratório Química Orgânica; Métricas (cálculo de métricas da QV) e Recensão (Resenha) crítica de livro (realização de trabalhos de síntese crítica de um determinado livro). No total foram analisados e classificados 117 artigos, sendo 73 no primeiro levantamento (COSTA; RIBEIRO; MACHADO, 2008), e os demais, somando 44, na pesquisa posterior (COSTA, 2011). Nesses trabalhos, deu-se especial importância à área experimental, porque os autores pretendiam dirigir-se à prática experimental da QV no ensino secundário português, procurando aferir a extensão da penetração de uma nova atitude de realização da química proposta pela QV no ensino dessa ciência.

Nesta pesquisa, nos distinguimos dos exemplos acima citados por apresentar uma análise de caráter mais epistemológico — no sentido da natureza do conhecimento — da produção acadêmica nacional envolvendo a QV. Logo, nos ocuparemos, principalmente, de pesquisas realizadas no âmbito da pós-graduação das áreas de Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica, particularmente em T&D. Na sequência, apresentamos o processo de obtenção e identificação dos trabalhos que compõem o *corpus* de análise dessa investigação.

1.2 O UNIVERSO DA PESQUISA: SELEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO *CORPUS* DE ANÁLISE

A investigação desenvolvida, por ser do tipo “estado da arte” (ou estado do conhecimento), que utiliza uma metodologia de caráter inventariante e descritivo da produção acadêmica e científica sobre o tema investigado, tem sua natureza metodológica considerada exploratória e bibliográfica. Enquadra-se, assim, na abordagem

qualitativa, uma vez que procura identificar informações factuais nos documentos a partir de questões ou hipóteses de interesse. Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (2004) expõem que qualquer registro escrito, como regulamentos, atas, livros, relatórios, arquivos, pareceres, cartas, jornais, revistas, planos de aula e livros didáticos são considerados documentos.

Partindo das motivações expressas, o trabalho busca, a partir de uma revisão na literatura, investigar e analisar a produção acadêmica expressa nas T&D, identificando as interlocuções teóricas que expressam entendimentos acerca de conhecimentos e práticas QV, e que tenham contribuído para seu ensino e com a FPQ. E, visando atingir os objetivos propostos, eis alguns dos procedimentos metodológicos do trabalho:

a) Revisão de documentos da literatura que expressam entendimentos acerca do ensino e da aplicação da Química Verde, mais especificamente no contexto educacional e associados à formação de professores de Química. Cabe lembrar que quem forma os professores de Química são os próprios químicos, inclusive pesquisadores-docentes, o que justifica a opção por pesquisas situadas na área em questão.

b) Revisão de produções acadêmicas, na tentativa de buscar estudos que articulem conhecimentos e práticas QV ao seu ensino e às questões ambientais a partir de T&D, defendidas em programas de pós-graduação das áreas de Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica⁵, encontrados no Banco de Teses da CAPES. Embora a origem da QV remonte à década de 1990, localizamos esse levantamento no período que abrange os anos 2002 a 2014, pois consideramos a probabilidade de o número de T&D ser demasiado — especialmente na área de Química — e porque é nesse período que as publicações acerca da QV passam a ocupar um espaço significativo, começando a circular mais entre os pares. Auxiliou-nos, nesse recorte temporal, os trabalhos já indicados, de Costa, Ribeiro e Machado (2008), de Costa (2011) e de Sousa-Aguiar *et al.* (2014). Logo, nos debruçaremos nessas produções para investigar as pesquisas desenvolvidas sob a temática da QV, sobre o ensino da QV e/ou aspectos relacionados à problemática ambiental. Pressupomos que os entendimentos, os pressupostos, as representações e as práticas químicas estariam sendo problematizados sob a ótica e os princípios da QV, e que

⁵ Essas áreas foram escolhidas por entendermos que determinam a formação de diferentes pesquisadores em Ensino de Química.

algumas proposições podem indicar aspectos voltados à formação de professores de Química.

Desta maneira, objetivando sistematizar a produção acadêmica nesses PPGs, utilizamos os meios mais clássicos/usuais empregados em pesquisas do tipo estado da arte, visando à identificação das pesquisas de interesse. Assim, a chave de busca se deu, principalmente, nos *títulos, resumos e palavras-chave* dos trabalhos, sendo os principais descritores de busca:

- ✓ Química Verde,
- ✓ Ensino da Química Verde,
- ✓ Ensino de Química Verde,
- ✓ *Green Chemistry*,
- ✓ *Green Chemistry Education*,
- ✓ *Green Chemistry Teaching*.

Embora cientes das limitações impostas por esse tipo de busca, visto que a seleção inicial dos textos pode acabar excluindo aqueles que abordam a QV no corpo do documento – não a salientando em outros aspectos formais do texto –, acreditamos que o emprego desses termos nos proporciona a identificação das pesquisas autodenominadas QV, ou seja, aquelas em que os autores, por reconhecer a importância de seu emprego, destacam o seu uso já no título, resumo e palavra-chave de seu trabalho.

A identificação de parte desses trabalhos foi efetuada ao longo do primeiro semestre de 2012, com o intuito de atualização posterior, com o acréscimo dos trabalhos publicados nos anos de 2013 e 2014. Após o levantamento inicial da amostra, com o objetivo de garantir a fidedignidade dos programas de pós-graduação, o banco de teses da CAPES iniciou um processo de reformulação nos mecanismos de acesso às informações. Atualmente, encontram-se disponíveis apenas os trabalhos defendidos nos anos de 2011 e 2012⁶, o que impossibilita a atualização prevista por meio do banco de teses da CAPES. Desta maneira, como complemento, utilizamos um novo banco para a consulta e a identificação dos trabalhos defendidos em 2013 e 2014, propriamente, a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

⁶ Essas informações podem ser confirmadas em: <http://bancodeteses.capes.gov.br/noticia/view/id/1>. Acesso em: 13 fev. 2015.

(BDTD)⁷. A BDTD é um projeto coordenado pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), que busca integrar, em um único portal, os sistemas de informação de T&D existentes no país e disponibilizar para os usuários um catálogo nacional de teses e dissertações em texto integral, possibilitando uma forma única de busca e acesso a esses documentos. Esse projeto permite que a comunidade brasileira de ciência e tecnologia (C&T) divulgue suas teses e dissertações produzidas no país e no exterior, dando maior visibilidade à produção científica nacional⁸.

O IBICT coleta e disponibiliza apenas os metadados (título, autor, resumo, palavras-chave, etc.) das T&D, sendo que o documento original permanece na instituição de defesa. Cabe ressaltar que os filtros do mecanismo de busca não são tão seletivos quanto os do banco de teses da CAPES. Quando se realiza a busca pelo termo “química verde”, na aba título, por exemplo, o sistema disponibiliza todos os documentos que contêm a palavra “verde” (associada a cores, produtos, matérias-primas, reagentes, curvas, etc.), o que gera um volume imenso de dados. É preciso considerar que o BDTD contém *links* que levam o pesquisador ao documento de interesse, na íntegra, possibilidade não disponibilizada pela CAPES.

A seguir, apresentamos e discutimos (parcialmente) alguns dados relativos ao *corpus* de investigação desta pesquisa.

Nas Tabelas 2 e 3 mostra-se o panorama geral das produções selecionadas, o ano e as instituições de publicação, os descritores de localização, seus títulos, autores e orientadores. A análise dos conteúdos dessas produções, seus problemas de pesquisa, referenciais teóricos utilizados e procedimentos metodológicos adotados podem auxiliar na compreensão do uso, aplicação e ensino da QV, favorecendo, assim, um olhar crítico sobre as questões ambientais e reflexos à formação dos químicos e seus professores.

⁷ A busca foi realizada a partir do sítio eletrônico: <http://bddd.ibict.br>. Acesso em: 13 fev. 2015.

⁸ Informações extraídas de: www.ibict.br/informacao-para-ciencia-tecnologia-e-inovacao%20biblioteca-digital-Brasileira-de-teses-e-dissertacoes-bddd. Acesso em: 13 fev. 2015.

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

(continua)

Dissertações				
Ano	Palavra	IES/Área	Título	Autor e orientador(es)
2002	GC	UFSC EDUCAÇÃO	A Articulação do Conhecimento Químico com a Problemática Ambiental na Formação Inicial de Professores.	Adriana Lopes Leal. Orientador: Carlos Alberto Marques
2005	QV	UNICAMP QUÍMICA	Síntese de Surfactantes Altamente Biodegradáveis pela Transesterificação de Ésteres de Ácidos Graxos com Sacarose	Alexandra Lindner. Orientador: Ulf Friedrich Schuchardt
2005	QV	UFC QUÍMICA	Emprego de Frutas Tropicais como Biocatalisadores em Reações de Hidrólise para a Produção de Álcoois Quirais.	Davila Firmino de Souza. Orientador: Marcos Carlos de Mattos
2005	QV	UFSC ECT	A Chuva Ácida na Perspectiva de Tema Social: um estudo com professores de Química em Criciúma (SC).	Juliana Cardoso Coelho. Orientador: Carlos Alberto Marques
2005	QV	UnB QUÍMICA	Uso de Líquidos Iônicos como Solventes em Reações de Adição Nucleofílica de Alguns Compostos Nitrogenados a Grupos Carbonílicos.	Luana Magalhães Alves. Orientador: Carlos Kleber Zago de Andrade
2006	QV	UnB QUÍMICA	Estudo da Reação de Passerini em Solventes Alternativos.	Sayuri Cristina dos Santos Takada. Orientador: Carlos Kleber Zago de Andrade

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

(continuação)

2006	QV	UnB QUÍMICA	Sílicas Hexagonais Mesoporosas Modificadas com Aminas para a Adição de Nitrometano em Ciclopentenona.	Edimar de Oliveira. Orientador: Alexandre Gustavo Soares do Prado
2007	QV	UFRJ QUÍMICA	Reações Multicomponentes na Síntese de 1,4-Diidropiridinas via Metodologia de Hantzsch em Meio Aquoso: uma estratégia em Química Verde.	Monique Gonçalves. Orientador(es): Flávia Martins da Silva; Joel Junior
2007	QV	UNICAMP QUÍMICA	Síntese e Caracterização de Derivados da Celulose Modificada com Anidridos Orgânicos - Adsorção e Termodinâmica de Interação com Cátions Metálicos.	Júlio César Perin de Melo. Orientador: Claudio Airoidi
2008	QV	UFRRJ QUÍMICA	Síntese, Utilizando Metodologias Alternativas e Avaliação Citotóxica de Compostos Mesoionônicos da Classe 1,3,4-Tiadiazólio-2-Aminida.	Camilla Moretto dos Reis. Orientadora: Aurea Echevarria
2008	QV	UFPE QUÍMICA	Caracterização de Crotilestananas por RMN e Estudo da Reação de Alquilação Redutiva de Nitrobenzeno.	Lívia Nunes Cavalcanti. Orientador: Fernando Hallwass; Ivani Malvestiti
2008	QV	UFPEl QUÍMICA	Adição de Tióis a Compostos Carbonílicos A,B - Insaturados utilizando KF/ Alumina em Meio Livre de Solvente.	Patrícia da Costa Ferreira. Orientador: Eder João Lenardão

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

(continuação)

2008	QV	UNESP QUÍMICA	Desenvolvimento de Metodologia Alternativa Limpa para Análise de Nitrito	Sahra Cavalcante Lemos. Orientadora: Helena Redigolo Pezza
2008	QV	USP EDUCAÇÃO	As Representações Sociais de "Química Ambiental": contribuições para a Formação de Bacharéis e Professores de Química.	Lailton Passos Cortes Junior. Orientadora: Carmen Fernandez
2009	QV	UFPB QUÍMICA	Síntese, Caracterização e Aplicação Adsorptiva de um novo Agente Sililante Imobilizado na Sílica Gel por Rotas Distintas.	Victor Hugo de Araújo Pinto Orientadora: Luiza Nobuko Hirota Arakaki
2009	QV	UFPeI QUÍMICA	Síntese de Benzimidazóis a partir da Condensação do Citronelal e outros Aldeídos com 1,2-Fenilenodiamino, utilizando SiO ₂ /ZnCl ₂ e em Meio Livre de Solvente.	Luiz Gustavo Dutra. Orientadora: Raquel Guimarães Jacob
2009	QV	UFPeI QUÍMICA	Síntese de 5-Alquil(Aril)-3-Triclorometil-1,2,4-Oxadiazóis.	Lizandra Czermainski Bretanha. Orientador: Geonir Machado Siqueira
2009	QV	UNESP QUÍMICA	Desenvolvimento de Procedimento em Fluxo com Detecção Espectrofotométrica para Análise de Bromoprida em Medicamentos e/ou Fluido Biológico.	Liliane Spazzapam Lima. Orientadora: Helena Rodrigolo Pezza

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

(continuação)

2009	QV	UFPE QUÍMICA	Novas Metodologias em Química Verde para Reações de Barbier com Haletos Aromáticos e Selenilação de Compostos Carbonílicos.	Hércules Santiago Silva Orientador: Lothar Wilhelm Bieber
2009	QV	UFRJ QUÍMICA	Avaliação do Isotiocianato de Benzila Natural como Inseticida e Precursor Sintético de Tiouréias e Derivados.*	Gil Mendes Viana Orientadora: Lucia Cruz de Sequeira Aguiar
2009	QV	UFV QUÍMICA	Um Método Verde e Sensível para Determinação de Fenóis em Amostras de Água utilizando Sistemas Aquosos Bifásicos.	Guilherme Dias Rodrigues Orientadora: Maria do Carmo Hespanhol da Silva
2010	QV	UFPeI QUÍMICA	Síntese Limpa de 2-(3,5-Diaril-4,5-Diidro-1h-Pirazol-1-Il)-4-Feniltiazóis Promovida por Ultrassom.	Dalila Venzke. Orientador: Claudio Matin Pereira de Pereira
2010	QV	UFPeI QUÍMICA	Reação de Baylis-Hillman acelerada por Líquido Iônico de Selenônio.	Josiane de Oliveira Feijó. Orientador: Eder João Lenardão
2010	QV	UFMG QUÍMICA	Oxidação Aeróbica de Olefinas Alil Aromáticas Catalisada por Paládio e do Álcool Benzílico Catalisada por Nanopartículas de Ouro.	Luciana Alves Parreira. Orientador: Luciano Menini
2010	QV	UFPeI QUÍMICA	Síntese Verde de N-Alquilcitronelilaminas e N-Alquilcitronelilaminas a partir do (R)-Citronelal - Aplicação na Síntese de um Juvenóide.	Rafael Carniato do Amaral. Orientadora: Raquel Guimarães Jacob

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

(continuação)

2010	QV	UFPB QUÍMICA	Microfabricação de um Analisador em Fluxo-Batelada (Micro Flow-Batch) à Base de Polímero Fotocurável Uretano-Acrilato.	Severino Silvío do Monteiro Filho. Orientador: Sherkan Guimar Lemos
2011	QV	UFPeI QUÍMICA	Glicerol como Solvente Reciclável em Reações de Acoplamento entre Disselenetos de Diarila com Ácidos Arilborônicos.	Vanessa Gentil Ricordi Orientador: Diego da Silva Alves
2011	QV	UFMS QUÍMICA	Determinação de Elementos Traço em Solo por Icp-Ms após Volatilização Empregando Combustão Iniciada por Micro-Ondas.	Rochele Sogari Picoloto. Orientador: Valderi Luiz Dressler
2011	QV	UFPeI QUÍMICA	Glicerol como Solvente Reciclável na Preparação de Selenetos Vinílicos.	Loren Caroline Czermainski Gonçalves. Orientador: Eder João Lenardão
2011	QV	UFRJ QUÍMICA	A Utilização de 2,2,6-Trimetil-4h-1,3-Dioxin-4-Ona na Síntese de Derivados de Compostos 1,3 Dicarbonilados. Reações Multicomponentes.	Fernando Henrique de Souza Gama. Orientador: Simon John Garden
2011	QV	UFPeI QUÍMICA	Determinação de Na, K em Amostras Biológicas e Hg em Álcool Combustível por Espectrometria Atômica.	Caroline dos Santos Silva. Orientadora: Mariana Antunes Vieira
2011	QV	UNESP QUÍMICA	Desenvolvimento de Método Limpo para a Determinação de Uréia.	Andréa Cristina Gigante. Orientadora: Helena Redigolo Pezza

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

(continuação)

2011	QV	UFSC ECT	Questões Ambientais em Cursos de Licenciatura em Química: as Vozes do Currículo e Professores.	Franciani Becker Roloff. Orientador: Carlos Alberto Marques
2011	QV	UFSC ECT	Abordagens de Temáticas Ambientais no Ensino De Química: um olhar sobre textos destinados ao professor da Escola Básica.	Franciele Drews. Orientador: Carlos Alberto Marques
2012	QV	UFMS QUÍMICA	Síntese de Fotocatalisadores por Método de Molten Salt e Termooxidação de Complexos de Ti e Nb para Aplicação em Fotocatálise Ambiental.	Ana Paula Floriano Santos. Orientador: Amilcar Machulek Junior
2012	QV	UFPEl QUÍMICA	Síntese de Sulfetos e Selenetos Graxos Quirais Derivados do Óleo de Mamona.	Katiúcia Daiane Mesquita. Orientadora: Raquel Guimarães Jacob
2012	QV	UERJ QUÍMICA	Síntese e Caracterização de TiO ₂ Puro e Modificado para Aplicações Ambientais.	Elizabeth Lima Moreira. Orientador: Eduardo Bessa de Azevedo
2012	QV	UFSC QUÍMICA	Síntese de Tioéteres Alílicos a partir de Álcoois Alílicos d Tióis sem o Uso de Solvente e Catalisadores Sob Irradiação de Micro-Ondas.	Greice Tabarelli. Orientador: Antonio Luiz Braga
2012	QV	UNICAMP QUÍMICA	Sílica Gel Quimicamente Modificada com Epicloridrina na Presença ou Ausência de Solvente - Estudo Termodinâmico da Interação Envolvendo o Cobre.	Irlene Maria Pereira e Silva. Orientador: Claudio Airoldi

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

(continuação)

2012	QV	UFSCar QUÍMICA	Emprego da Organocatálise como uma Ferramenta da Química Verde em Reações de Adição Conjugada: Estudos Visando a Síntese de Anéis Indólicos.	Karla Santos Feu. Orientador: Marcio Weber Paixão
2012	QV	USP QUÍMICA	Desenvolvimento de Métodos Analíticos Visando Atender aos Princípios da Química Verde na Análise de Resíduos de Medicamentos Veterinários em Leite Bovino.	Adriana Nori de Macedo. Orientador: Eny Maria Vieira
2012	QV	USP QUÍMICA	Novos Tensoativos Não-iônicos para CO ₂ - supercrítico: síntese e estudos de algumas propriedades	Tiago de Angelis Cordeiro Orientador: Reinaldo Camino Bazito
2012	QV	UNICENTRO QUÍMICA	Inserção da Química Verde em Atividades Experimentais de Graduação.	Angélica de Souza Hrysyk. Orientador: Sérgio Toshio Fujiwara
2012	QV	USP QUÍMICA	Síntese e Caracterização de Diferentes Óxidos de Titânio por meio de Rotas Verdes.	Marina Morais Leite. Orientador: Flávio Maron Vichi
2012	QV	UFPE QUÍMICA	Design Teórico, Síntese Multicomponente e Comprovação Experimental da Atividade Antinociceptiva de Pirimidinonas em Camundongos, por vias Intraperitoneal e Oral.	Augusto de Lima Xavier. Orientadora: Janaína Versiani dos Anjos

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

				(conclusão)
2012	QV	UFBA QUÍMICA	Determinação de Bromofenóis Simples em Peixes do Litoral da Bahia por Micro extração com Gota Única.	Joelma Pereira dos Santos Sobrinho. Orientador: Jailson Bittencourt de Andrade
2013	QV	UFSCar EDUCAÇÃO	Construção e avaliação de um ambiente virtual de aprendizagem voltado à Educação em Ciências, Química Verde e Sustentabilidade Socioambiental.	Fábio Fontana de Souza Orientadora: Vânia Gomes Zuin
2013	QV GC	UFU QUÍMICA	Desenvolvimento de uma Metodologia Analítica em Fluxo para Determinação Espectrofotométrica de Fluoreto em Águas Naturais pelo Método de SPADNS.	Thiago Linhares Marques Orientadora: Nivia Melo Coelho
2013	QV GC	UFRJ QUÍMICA	Sínteses e caracterizações de TiO ₂ puro, dopado e co-dopado pelo método sol-gel e suas atividades fotocatalíticas.	Ana Paula Nazar de Souza Orientadores: Joana Mara Teixeira Santos; Eduardo Bessa Azevedo
2013	QV	UFMG QUÍMICA	Uso de Ácidos Orgânicos e Irradiação de Micro-ondas na Síntese de Xantenonas como Potencial Atividade Antirradicalar.	Bruna Silva Terra Orientador: Ângelo de Fátima
2013	QV GC	UFSCar EDUCAÇÃO	A inserção da Química Verde no curso de Licenciatura em Química do DQ-UFSCar: um estudo de caso.	Dorai Periotto Zandonai Orientadora: Vânia Gomes Zuin

Notas: Documentos identificados com asterisco (*) não foram localizados na íntegra, logo, não fizeram parte do corpo analítico desta tese. Green Chemistry

(GC), Química Verde (QV), Instituição de Ensino Superior (IES), Universidades Federais: de Santa Catarina (UFSC), do Rio Grande do Sul (UFRGS), de Pelotas (UFPel), de Santa Maria (UFSM), do Rio de Janeiro (UFRJ), de Viçosa (UFV), de Minas Gerais (UFMG), de São Carlos (UFSCar), do Mato Grosso do Sul (UFMS), do Ceará (UFC), de Pernambuco (UFPE), da Paraíba (UFPB), da Bahia (UFBA). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade de São Paulo (USP), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Universidade de Brasília (UnB), Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Universidade de Uberlândia (UFU). As referências dessas teses e dissertações encontram-se no Apêndice A.

Tabela 3: Levantamento e identificação das Teses

(continua)

Teses				
Ano	Palavra	IES/Área	Título	Autor e orientador(es)
2004	QV	USP QUÍMICA	Investigação da Tecnologia Eletroquímica para a Produção de Ozônio: aspectos fundamentais e Aplicados.	Leonardo Morais da Silva. Orientador: Julien Françoise Coleta Boodts
2005	QV	UnB QUÍMICA	Síntese e Caracterização Estrutural de Novos Complexos de Nióbio a Partir do Óxido de Nióbio(V).	Maria José Serafim de Souza. Orientador: Karl Eberhard Bessler
2007	QV	USP QUÍMICA	Obtenção de Ésteres Etilícos e Metílicos, por Reações de Transesterificação, a partir do Óleo da Palmeira Latino Americana Macaúba - Acrocomia Aculeata.	Hugo de Souza Rodrigues. Orientador: Miguel Joaquim Dabdoub Paz
2007	QV	UFSC QUÍMICA	Estudos de Geração de Vapor para Técnicas de Espectrometria Atômica para a Determinação de Elementos Traço em Materiais Geológicos em Suspensão e para a Especiação de Mercúrio em Materiais Biológicos.	Mariana Antunes Vieira. Orientador(es): Adilson Jose Curtius; Ralph Sturgeon

Tabela 3: Levantamento e identificação das Teses

(continuação)

2007	QV	UnB QUÍMICA	Síntese, Caracterização e Aplicação de Novos Líquidos Iônicos Quirais.	Ricardo Alexandre Figueiredo Matos. Orientador: Carlos Kleber Zago de Andrade
2008	QV	UFC QUÍMICA	Síntese e Aplicabilidade de Antioxidantes Derivados do Cardanol Hidrogenado.	Maria Alexandra Rios Façanha. Orientadora: Selma Elaine Mazzetto
2008	QV	USP QUÍMICA	Solvatação por Solventes Puros e suas Misturas: Relevância para Química e Química Verde.	Clarissa Tavares Martins. Orientador: Omar Abdel Monein Abou El Seoud
2008	QV	UNICAMP QUÍMICA	Construção e Avaliação de Microsistemas para Análise em Fluxo.	Alexandre Fonseca. Orientador: Ivo Milton Raimundo Júnior
2010	QV	UFRJ QUÍMICA	Reações Orgânicas em Água: Adições de Michael e Formação de Pirróis Altamente Substituídos.	Queli Aparecida Rodrigues Almeida Orientador: Roberto de Barros Faria
2010	QV	USP EDUCAÇÃO	Elaboração e Análise de uma Metodologia de Ensino Voltada para as Questões Sócioambientais na Formação de Professores de Química.	Marlene Rios Melo. Orientador: Alberto Villani
2010	QV	USP EDUCAÇÃO	A inserção da dimensão ambiental na formação inicial de professoras/res de Química: estudo de caso.	Vânia Gomes Zuin. Orientadora: Jesuína Lopes de A. Pacca

Tabela 3: Levantamento e identificação das Teses

(continuação)

2011	QV	USP QUÍMICA	Desenvolvimento de Nanomateriais Superparamagnéticos Funcionais para uma Química Sustentável.	André Zuin. Orientador: Henrique Eisi Toma
2011	QV	UFC QUÍMICA	Desenvolvimento Tecnológico de Produtos e Processos dedicados à Biomassa do Caju.*	Diego Lomaco Vasconcelos de Oliveira Orientadora: Selma Elaine Mazzetto
2011	QV	UFBA QUÍMICA	Investigação de Metais, Metaloides, Halogênios e Isoflavonas em Amostras de Soja e Derivados.	José Tiago Pereira Barbosa. Orientador: Jorge Mauricio David
2011	QV	UFPE QUÍMICA	Aminação Redutiva de Aldeídos e Cetonas em Meio Aquoso: uma nova metodologia simples e versátil para obtenção de Aminas Alquiladas Promovida por Zinco e Métodos Eletroquímica.	Renato Augusto da Silva. Orientador: Lothar Wilhelm Bieber
2011	QV	UFSM QUÍMICA	Síntese de Compostos Indólicos Catalisada por Cloreto de Cério (III).	Samuel Rodrigues Mendes. Orientador: Gilson Rogério Zeni
2011	QV	USP QUÍMICA	Novos Tensoativos Oxigenados para Fluidos Supercríticos	Fernando Luiz Cássio Silva Orientador: Reinaldo Camino Bazito

Tabela 3: Levantamento e identificação das Teses

(continuação)

2012	QV	UNESP QUÍMICA	Desenvolvimento de métodos quantitativos e de sistemas de screening para a determinação de glifosato.	Aline Santana Da Silva. Orientadora: Helena Redigolo Pezza
2012	QV	UFV QUÍMICA	Desenvolvimento e Aplicação de Novos Sistemas Aquosos Bifásicos para Determinação e Separação de Metais.*	Guilherme Dias Rodrigues. Orientador: Fábio Rodrigo Piovezani Rocha
2012	QV	UFRJ QUÍMICA	Líquidos Iônicos N-Alquil-Piridínicos: Síntese e Sistemas Bifásicos em Reações de Sonogashira.	Paulo Galdino de Lima. Orientador: Roberto de Barros Faria
2012	QV	UFSM QUÍMICA	Emprego de Oxigênio e Peróxido de Hidrogênio como Auxiliares na Decomposição de Amostras Biológicas por Via Úmida Assistida por Radiação Micro-Ondas.	Cezar Augusto Bizzi. Orientador: Érico Marlon de Moraes Flores
2012	QV	UNICAMP QUÍMICA	LIBS e Nanopartículas Fluorescentes: novas estratégias para determinação de íons de Cu(II) em águas.	Klecia Moraes dos Santos Orientador: Ivo Milton Raimundo Júnior
2012	QV	UFRGS QUÍMICA	Novos Sistemas de Acoplamentos Cruzados em Fase Homogênea e Heterogênea para a Síntese de Produtos de Química Fina.	Marcelo Gomes Speziali Orientador: Adriano Lisboa Monteiro
2013	QV GC	USP QUÍMICA	Enzimas em Biocatálise (Esterificação de aminas, adição de Michael, clonagem e expressão de álcool desidrogenase).	Yara Jaqueline Kerber Araujo Orientador: André Luiz Meleiro Porto

Tabela 3: Levantamento e identificação das Teses

(conclusão)

2013	QV GC	UNICAMP QUÍMICA	Avaliação Rápida, Direta e Sem Geração de Resíduos de Amostras da Vida Cotidiana por Fluorescência de Raios X por Dispersão em Energia.	José Augusto da Col Orientadora: Maria Izabel Maretti Silveira Bueno
2013	QV	USP QUÍMICA	Desenvolvimento de Procedimentos Analíticos em Fluxo com Multicomutação e Foto-oxidação em Linha para a Determinação Espectrofotométrica de Espécies de Interesse Ambiental, Alimentício e Clínico.	Diogo Librandi da Rocha Orientador: Fábio Rodrigo Piovezani Rocha
2014	QV	UFSCar QUÍMICA	Técnicas Espectroanalíticas aliadas à Química Verde Visando à Determinação de V e Mo com Procedimentos de Extração e Pré-concentração.	Amanda Maria Dantas de Jesus Peixoto Orientador: Edenir Rodrigues Pereira Filho
2014	QV GC	UFSCar QUÍMICA	Síntese de derivados de chalconas e de 2-quinolinonas visando a busca por inibidores das enzimas cruzafina e da família BET <i>bromodomain</i> .	Lucas Campos Curcino Vieira Orientadora: Arlene Gonçalves Corrêa
2014	QV GC	UFSCar QUÍMICA	Desenvolvimento de Processos Químicos seguindo os Princípios Adotados pela Química Verde: Redução e Conversão de CO ₂ usando Compostos de Mn(I).	Mariana Romano Camilo Casale Orientadora: Rose Maria Carlos

Notas: Ver nota da Tabela 2.

É importante ressaltar que o Banco de Teses da CAPES fornece apenas o resumo dos trabalhos, enviados pelas instituições de ensino onde as pesquisas foram defendidas. Megid Neto (1999) discorre sobre a importância da leitura dos trabalhos na íntegra, visto que os resumos,

por serem muito sucintos e, em muitos casos, mal elaborados ou equivocados, não fornecem informações suficientes para a divulgação dos resultados e das possíveis contribuições dessas produções para o sistema educacional. Por compartilharmos desse entendimento, da leitura imprescindível do texto na íntegra, após a identificação inicial buscamos os textos originais das T&D com vistas à leitura desse material.

Para a localização dos trabalhos completos, efetuou-se uma busca nos *sites* das universidades, além de seus respectivos PPGs. No levantamento inicial, identificaram-se 80 trabalhos (relacionados à QV e não necessariamente com propostas, relatos ou discussões envolvendo o seu ensino), dos quais se teve acesso a 77 deles, pois, das 51 dissertações selecionadas, apenas 50 foram localizadas nas bibliotecas, banco de dados e/ou *sites* dos PPGs. O mesmo aconteceu com as teses, das 29 selecionadas, apenas 27 estavam disponíveis. É preciso destacar que buscamos localizar e acessar os demais trabalhos via contato direto com os PPGs, com os autores e orientadores, e ainda, através do Programa de Comutação Bibliográfica (COMUT)⁹, porém, não obtivemos retorno/resposta a algumas das solicitações. Por esse motivo, os trabalhos que não estavam disponíveis e/ou não foram localizados, encontram-se nas Tabelas 2 e 3 identificados com um asterisco (*).

Por entendermos que somente a leitura na íntegra das teses e dissertações poderia assegurar a acuidade no processo de análise, os trabalhos não localizados acabaram não sendo examinados em função da fragilidade encontrada na leitura exclusiva de seus resumos, visto que, em muitos deles, as informações relativas aos objetivos, às problemáticas investigadas, aos resultados e referenciais teórico-metodológicos utilizados não são expostos de maneira explícita.

Considerando que o principal objetivo desta pesquisa é identificar e discutir em que medida a circulação de ideias e conhecimentos sobre a QV pode contribuir com seu ensino e à FPQ, um aspecto que nos chama atenção é que nenhuma das T&D selecionadas ocorreu por meio dos descritores “Ensino de/da Química Verde” ou “Green Chemistry Education/Teaching”. Isto é, esses descritores não foram localizados nos títulos, resumos e/ou palavras-chave desses trabalhos. A impressão que nos ocorre é que as pesquisas não têm como preocupação/intuito

⁹ O COMUT é uma rede de serviços que permite a obtenção de cópias de documentos técnico-científicos disponíveis em acervos de bibliotecas de todo o país, mantida através da parceria entre a CAPES, o Sesu – Ministério da Educação, o IBICT e a FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos.

principal o ensino da QV ou a FPQ, aspecto que corrobora com a afirmação de Zandonai e colaboradores (2014) quando relatam que as pesquisas da área de Educação/Ensino de Química, que investigam a inserção da QV em processos educativos e suas implicações, ainda são incipientes, muito embora a literatura atual (KARPUDEWAN; ISMAIL; ROTH, 2012; MARQUES, 2012; GÓES *et al.*, 2013) destaque que a adoção do enfoque da QV no ensino da Química tem recebido mais atenção.

A seguir, apresentamos alguns números relativos às pesquisas voltadas à QV. Expomos uma análise das informações quantitativas, que auxiliarão a entender como ocorre a produção nos distintos “coletivos”¹⁰ da pós-graduação.

1.2.1 O *corpus* de análise em números

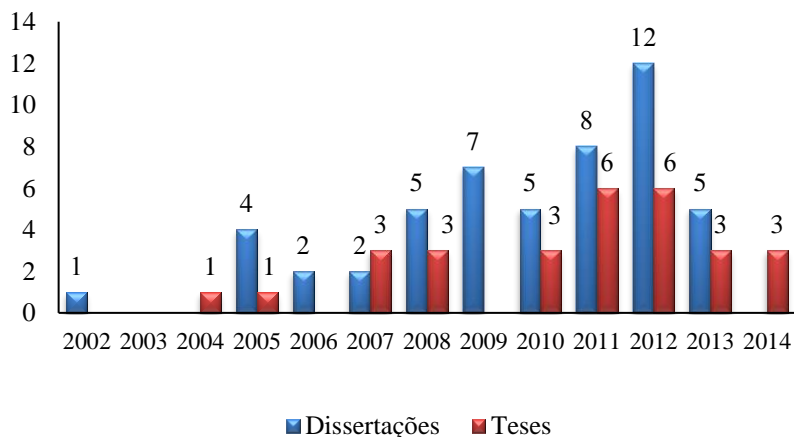
As tabelas e os gráficos apresentados na sequência trazem informações quantitativas a respeito das T&D selecionadas, como na Tabela 4, que além da totalidade de trabalhos a serem analisados, mostra o tipo de publicação (tese ou dissertação) e o número de trabalhos identificados por ano.

¹⁰ Esse termo refere-se a uma das categorias da análise histórica do conhecimento de Fleck, discutida na sequência.

Tabela 4: Número de publicações anuais

ANO	DISSERTAÇÕES	TESES	TOTAL DE TRABALHOS
2002	01	---	01
2003	---	---	---
2004	---	01	01
2005	04	01	05
2006	02	---	02
2007	02	03	05
2008	05	03	08
2009	07	---	07
2010	05	03	08
2011	08	06	14
2012	12	06	18
2013	05	03	08
2014	---	03	03
TOTAL	51	29	80

Observa-se, na tabela, que o número de pesquisas realizadas aumenta a partir do ano de 2008. Essas informações podem ser melhor visualizadas no Gráfico 1.

Gráfico 1: Distribuição anual de publicações

Já na Tabela 5, apresentamos as produções de teses e dissertações elencadas segundo as instituições de origem.

Tabela 5: Distribuição anual das pesquisas sobre a temática Química Verde produzidas no período de 2002 a 2014

Região	Estado	IES	Dissertações	Teses	Total
Sul	Paraná	UNICENTRO	01	---	21
	Santa Catarina	UFSC	05	01	
		Rio Grande do Sul	UFPel	10	
	UFSM		01	02	
	UFRGS		---	01	
Sudeste	São Paulo	UNICAMP	03	03	42
		USP	04	09	
		UNESP	03	01	
		UFSCar	03	03	
	Rio de Janeiro	UFRRJ	01	---	
		UFRJ	04	02	
		UERJ	01	---	
	Minas Gerais	UFV	01	01	
		UFU	01	---	
		UFMG	02	---	
Centro-oeste	Goiás	UnB	03	02	06
	Mato Grosso do Sul	UFMS	01	---	
Nordeste	Ceará	UFC	01	02	11
	Pernambuco	UFPE	03	01	
	Paraíba	UFPB	02	---	
	Bahia	UFBA	01	01	

Chama a atenção a ausência de trabalhos produzidos na região norte do país. Os dados expressos mostram que as publicações se concentram, em sua maioria, nas regiões sul e sudeste do país, sendo que quase a totalidade da amostra deriva de instituições públicas de ensino superior. Isso pode ser justificado pelo fato de que a maioria dos programas de pós-graduação em Química, por exemplo, encontra-se nessas regiões. Os gráficos 2 e 3, apresentados a seguir, mostram a relação das publicações entre os programas de pós-graduação.

Gráfico 2: Distribuição dos trabalhos por programa de pós-graduação (em números)

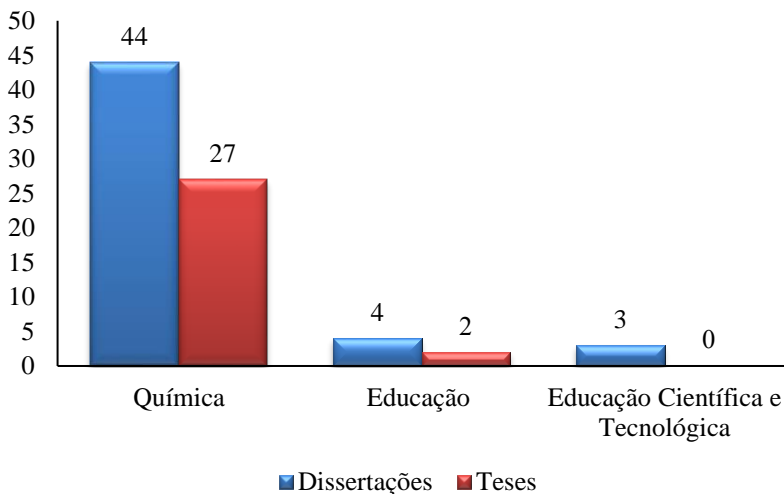
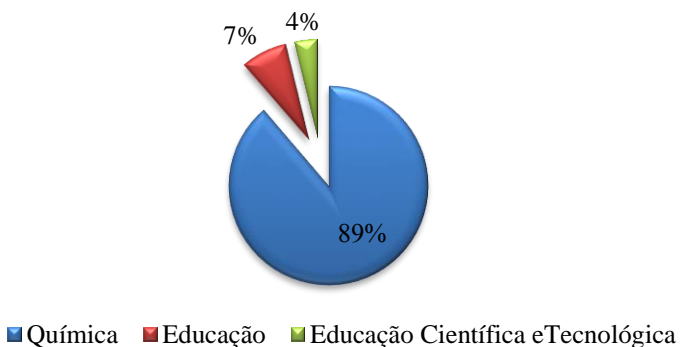


Gráfico 3: Distribuição dos trabalhos por programa de pós-graduação (em porcentagem)



É possível perceber que a maioria dos trabalhos publicados, que versam sobre aspectos associados ao uso e aplicação da Química Verde, deriva dos programas de pós-graduação em Química (PPGQ). Isso pode

ser motivado, por exemplo, pela ideia de que a incorporação da QV nos cursos de graduação deva se dar, ou seja mais apropriada/afeita, aos cursos de bacharelado, Química Industrial e Ambiental, como também à própria pós-graduação em Química, ou então, de que esta tem mais proximidade com as especificidades das disciplinas clássicas da Química, o que confirmaria a pouca importância atribuída à abordagem da QV nos cursos de licenciatura. Isso, em certa medida, já salientado por Goes e colaboradores (2013).

No intuito de compreender a estrutura geral de eventuais coletivo(s) de pensamento que se expressam e estão envolvido(s) nessas produções — algo que será conduzido pela análise e discussão sobre a circulação de ideias relativas à aplicação da QV no âmbito da Química, sobretudo em seu ensino —, neste trabalho definimos cinco categorias *a priori*, que têm como base: a) uma pesquisa desenvolvida por Marques e Machado (2015), na qual levantam e discutem propostas em publicações internacionais que apresentam ideias e propostas voltadas ao ensino da Química Verde, a partir de experiências didáticas e fundamentações teóricas; b) e o trabalho de Goes e colaboradores (2013), que, utilizando-se do referencial de Shulman (1986, 1987), documentam o conteúdo do conhecimento pedagógico sobre QV, desenvolvido por professores do Instituto de Química da USP em um curso de Química Ambiental, caracterizando e sugerindo três modelos para o ensino da QV: tradicional, contextualizado e sócio-científico. Essas cinco categorias são apresentadas sinteticamente no Quadro 1. A elas incorporamos vários aspectos de conteúdo, adotados como subcategorias, formando, assim, um conjunto de parâmetros analíticos para melhor compreender as proposições das T&D que deverão compor o *corpus* da pesquisa.

Quadro 1: Categorias *a priori* e suas subcategorias, enquanto aspectos de conteúdo, consideradas na análise das T&D¹

(continua)

<p>1 - Tipo/característica do problema que originou o trabalho das T&D</p> <p>Curricular Estratégias Atividades laboratoriais Vínculos (EA, QAmb, DS, etc.) Material para uso no ensino Outra característica</p> <p>2- Natureza do conhecimento envolvido</p> <p>Racionalidade técnica</p>
--

Quadro 1: Categorias a priori e suas subcategorias, enquanto aspectos de conteúdo, consideradas na análise das T&D

(conclusão)

<p>Racionalidade socioambiental Eduacional</p> <p>3 - Motivações para a incorporação do ensino da QV na formação do químico e do professor de Química</p> <p>Como justificativa e exemplos de boas práticas ambientais Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e/ou ambientais Melhoria técnica para atingir a sustentabilidade e o DS Sem motivação explícita</p> <p>4 - Papel que atribui ao ensino da QV (Novos) princípios (QV) ao desenvolvimento da Química Alfabetização científica Contextualização da aprendizagem Ensino prático/experimental Inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade Novo tipo de Formação do Químico/Professor Sem atribuição explícita</p> <p>5 - Modelo de implementação do ensino² Incorporação dos princípios da QV em procedimentos experimentais ao ensino Incorporação de estratégias sustentáveis como conteúdo no currículo de Química Uso de questões de sustentabilidade associadas a aspectos sócio-científicos Incorporação da QV de modo transversal no currículo Sem explicitar diferenciação de modelo</p>

Notas: 1 – Quadro baseado em Marques e Machado (2015)¹¹; 2 – Extraído e adaptado de Goes *et al.* (2013).

Tais escolhas e a definição dessas categorias, como dissemos, ocorreram pelo fato de compartilharmos as ideias e os entendimentos desses autores acerca do ensino da QV, algo que discutiremos melhor ao longo das análises apresentadas nos capítulos 3 e 4.

A identificação dos aspectos apresentados no Quadro 1 será efetuada de forma sistemática pela leitura das T&D, a partir de seus resumos, introdução, problemas, objetivos, metodologia, conclusões e das referências bibliográficas.

Partilhamos do entendimento de Costa (2011) acerca da incorporação de conceitos de QV no ensino de Química (tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior), quando argumenta que

¹¹ O artigo em questão encontra-se em revisão para ser publicado, sendo gentilmente cedido pelos autores.

este objetiva “preparar os alunos, futuros cidadãos, para compreender, exigir e contribuir para o DS, o que exige que tenham uma visão integrada da Química com o meio ambiente e a economia — e que a QV é um veículo privilegiado para aquisição desta visão” (p. 04).

As questões que desencadearam a filosofia da QV, na década de 1990, não ocorreram de forma neutra, de modo que se encontram inseridas em um contexto sócio-histórico. Fleck (2010) aponta que a forma de conceber e de buscar resolver um determinado problema está intrinsecamente ligada ao modo de ver e ao estilo de pensamento de indivíduos, social, histórica e culturalmente diferenciados. Isso sucede, por exemplo, no caso dos autores que, pertencentes a uma área de conhecimento dentro de um PPG, produzem academicamente algo sobre a QV.

Serão utilizadas as categorias fleckianas como norteadoras da análise da produção acadêmica de interesse, pois, de acordo com Slongo:

Uma análise fleckiana, à semelhança de outras análises epistemológicas, mostra a transitoriedade do pensamento científico; contudo, para além de explicitar a alternância dos modelos explicativos, desvenda a forma como se operam as mudanças no mundo das ideias e o contingente de fatores que as influenciam e determinam (SLONGO, 2004, p. 124).

Ao referir-se a algumas das categorias analíticas de Fleck, associadas a pesquisas do tipo “estado da arte”, Hoffmann (2012) comenta que o *estilo de pensamento* oferece suporte para identificar tendências de pesquisas sobre um modo de pensar determinado problema ou fato científico, enquanto que a categoria *coletivo de pensamento* possibilita a identificação de grupos de pesquisa e a *circulação inter e intracoletiva de ideias* embasa a compreensão da dinâmica que ocorre na pesquisa brasileira. E em nosso caso, especificamente sobre a QV, seu ensino e as possíveis influências na formação de professores de química nessa perspectiva, dentro do período delimitado neste estudo.

Esses aspectos apontam, levando em conta as pretensões/objetivos desta pesquisa, para considerações sobre aspectos da epistemologia de Ludwik Fleck, acerca da identificação do papel da

circulação de conhecimentos e práticas envolvendo a QV, presentes nas T&D selecionadas.

1.3 A CONTRIBUIÇÃO DA TEORIA DO CONHECIMENTO DE FLECK PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Como esta investigação visa identificar interlocuções teóricas que expressem entendimentos acerca dos conhecimentos e práticas da QV, e o reflexo em seu ensino, a realização de um resgate histórico e a identificação de mudanças de concepções sobre o papel da Química na sociedade são importantes para o entendimento de um eventual processo de gênese (FLECK, 2010) da QV, presente em produções voltadas ao seu ensino. Neste sentido, observaremos e buscaremos compreender a circulação de conhecimentos acerca da QV e seu reflexo na pós-graduação. Afinal, a ênfase na dimensão social e a ênfase no trabalho coletivo na produção do conhecimento científico são considerações epistemológicas importantes na teoria de Fleck, associadas a concepções, pressupostos, observações e práticas dos sujeitos envolvidos nesse processo (PFUETZENREITER, 2003).

Desta forma, acreditamos que as discussões, isto é, a circulação de propostas com novos saberes e práticas e os entendimentos acerca do ensino da QV, possibilitadas por T&D — e produzidas em PPG em Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica —, podem vir a se caracterizar como diferentes coletivos de pensamento no âmbito da Química, inclusive com ressonâncias na formação de seus professores. Esses aspectos favorecem a evolução da Química Clássica à Química Verde, expressando um novo pensar e produzir a Química em relação aos cuidados com o ambiente e a busca pela sustentabilidade ambiental. Eis a tese que defendemos, de modo que a pesquisa aqui desenvolvida pretende lançar luz sobre isso.

1.3.1 Ludwik Fleck: aspectos do contexto, produção e de algumas de suas categorias

O médico judeu-polonês, Ludwik Fleck (1896-1961) passou parte de sua vida em Lwów, na Galícia, região que, após a 1ª Guerra Mundial, foi integrada à Polônia (DELIZOICOV *et al.*, 2002). E embora tenha se dedicado aos estudos e pesquisas voltados, principalmente, a questões sorológicas gerais, sua produção abrange também a sociologia, a filosofia e a história da ciência (FLECK, 2010; PFUETZENREITER, 2003; LÖWY, 1994). Por isso, é considerado o pioneiro do

construtivismo sociologicamente orientado da filosofia da ciência e da abordagem sociológica do estudo da evolução do conhecimento científico e médico (DA ROS, 2000).

Da Ros (2000) chama a atenção para a necessidade de se associar as origens do pensamento de Fleck a alguns fatos que ocorriam à época na Polônia, enquanto escrevia seu livro, entre os anos 1925 e 1935. O país era dividido entre a Prússia, a Rússia e o Império Austro-Húngaro, em cuja capital ocorriam as discussões filosófico-epistemológicas do Círculo de Viena. Além dele, outros círculos científicos, bastante ativos, se reuniam em Lwów, como o de biologia, bioquímica, matemática e medicina, também frequentados por Fleck (DELIZOICOV *et al.*, 2002).

Löwy (1994) destaca a determinante influência da Escola Polonesa de filosofia da Medicina na ideologia de Fleck. Sua forma de pensar a construção do conhecimento, marcada pelo contexto sociocultural, histórico e intelectual, tem como bases mais importantes a contribuição de médicos-autores e as ideias da EPFM (DA ROS, 2000), devido ao interesse desses sujeitos com a história, a filosofia, a sociologia e a epistemologia da medicina. Além da influência das três gerações que fizeram parte da EPFM em seu pensamento, Fleck, enquanto sujeito do conhecimento, tinha a prática como base de seu raciocínio epistemológico.

Destinou grande parte de seus estudos à microbiologia e à bioquímica. Em sua principal obra, *La génesis y el desarrollo de un hecho científico* (FLECK, 1986), apresentou o estudo de caso associado à gênese do conceito de sífilis, chegando à descrição da Reação de Wassermann, utilizada no diagnóstico sorológico dessa doença, e também deduções epistemológicas acerca dessa pesquisa. E não obstante tenha sido publicada pela primeira vez em 1935, em alemão, com uma tiragem de 600 exemplares (DELIZOICOV *et al.*, 2002), apenas em 1962, com a publicação do posfácio de *A estrutura das Revoluções Científicas*, de Thomas Kuhn (2009), que a obra de Fleck veio ao conhecimento de um público especializado.

A perspectiva epistemológica fleckiana teve a medicina como inspiração por se dedicar aos estudos de caso, unindo, assim, aspectos teórico-experimentais e terapêutico-práticos, além de levar em conta o caráter cooperativo, interdisciplinar e coletivo da pesquisa. Desta forma, Fleck julgava que a observação e a teoria são indicotimizáveis (PFUETZENREITER, 2003). Para tanto, fazia relações entre o *objeto* e a *atividade* do conhecimento, reconhecendo que novas definições acontecem **historicamente**. Um dos pontos que o diferencia de outros

epistemólogos de sua época é o entendimento de ciência e de progresso científico que possuía.

Por tratar o processo de conhecimento a partir de um modelo interativo, que subtrai a neutralidade do sujeito, do objeto e do conhecimento, enquadrando-se com a concepção construtivista da verdade, criticava o conceito estático de teoria dos empiristas lógicos. Suas reflexões sobre a história, a sociologia e a filosofia das ciências expõe que o sujeito exerce um papel ativo na construção do conhecimento, sendo que a relação cognoscitiva entre o cognoscente e o objeto a ser conhecido é mediatizada por um terceiro fator, o “estado do conhecimento”, associado a pressupostos e condicionamentos sociais, históricos, antropológicos e culturais, que processam e transformam a realidade (DELIZOICOV, 2009). Desta maneira, parece existir uma dialética entre o sujeito do conhecimento, o objeto já conhecido e o objeto a ser conhecido.

Fazendo considerações sobre compreensões e práticas próprias da ciência médica, Fleck (2010) estabelece categorias que estruturam sua compreensão acerca do processo dinâmico que envolve a produção do conhecimento, cujos aspectos discutiremos a seguir.

Fleck (2010) utiliza termos que não eram comuns à filosofia, tampouco à sociologia da ciência, para auxiliar na compreensão sobre a gênese de um fato científico e, para tanto, estabelece algumas categorias fundamentais, dentre as quais: o *estilo de pensamento* e o *coletivo de pensamento*. Todavia, considerando os objetivos deste trabalho, também são importantes as categorias *círculo esotérico e exotérico*, *circulação inter e intracoletiva de ideias e complicação*.

Em sua obra, Fleck apresenta os vários elementos constituintes do que chama de *estilo de pensamento*, não se limitando a uma definição, destacando ser a “percepção direcionada em conjunção com o processamento correspondente no plano mental e objetivo” (FLECK, 2010, p. 149). Cutolo, em sua tese de doutorado, descreve essa categoria como:

1 – modo de ver, entender e conceber; 2 – processual, dinâmico, sujeito a mecanismos de regulação; 3 – determinado psico/sócio/histórico/culturalmente; 4 – que leva a um corpo de conhecimentos e práticas; 5 – compartilhado por um coletivo com formação específica (CUTOLO, 2001, p. 55).

Em linhas gerais, entendemos o EP como um olhar conformado por concepções, crenças, pressupostos, conhecimentos, atuações e práticas *compartilhados* por certo grupo de indivíduos, acerca de determinado objeto do conhecimento, que se constitui historicamente. Esse grupo/comunidade de indivíduos a que Fleck se refere está diretamente associado à categoria *coletivo de pensamento (CP)*, definida por ele como:

[...] a comunidade das pessoas que trocam pensamentos ou se encontram numa situação de influência recíproca de pensamentos, temos, em cada uma dessas pessoas, um portador do desenvolvimento histórico de uma área de pensamento, de um determinado estado do saber e da cultura, ou seja, de um estilo específico de pensamento (FLECK, 2010, p. 82).

Ou seja, um CP pode ser entendido como um agrupamento de pessoas que trocam conhecimentos e informações e que têm interesses comuns em áreas ou problemas de pesquisa, compartilhando, assim, um mesmo *estilo de pensamento*. Scheid, Ferrari e Delizoicov, ao apresentarem entendimentos — apoiados em Fleck — acerca dos *coletivos de pensamento*, expõem que:

Cada coletivo de pensamento possui uma maneira singular de ver o objeto do conhecimento e de relacionar-se com ele, determinada pelo estilo de pensamento que possui. Os coletivos de pensamento estratificam-se em círculos: o *exotérico* e o *esotérico*. O primeiro é entendido como sendo constituído pelos indivíduos que, de uma ou outra forma, consomem o conhecimento produzido pelo segundo (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005, p. 224).

Como se evidencia no extrato acima, os autores ainda esclarecem o vínculo estruturante e estratificante entre os CPs — imbricado à circulação do conhecimento —, que são os círculos e suas relações. Sendo assim, entende-se por *círculo esotérico* um coletivo de indivíduos formado por **especialistas**, que caracteriza a identidade do coletivo de pensamento, por ser portador do mesmo estilo de pensamento, enquanto que o *círculo exotérico* é constituído pelos leigos formados (ou não) que

se relacionam com o mesmo estilo de pensamento (o saber produzido) dos sujeitos do círculo esotérico (GONÇALVES; MARQUES; DELIZOICOV, 2007).

Neste sentido, a dinâmica envolvida no tráfego de conhecimento entre tais círculos associa-se ao que Fleck chama de *circulação intercoletiva e intracoletiva de ideias* (FLECK, 2010). A *circulação intracoletiva* ocorre dentro do círculo esotérico, mesmo *coletivo de pensamento*, ou seja, entre pares, e é a partir dessa comunicação/circulação que há a emergência de um *fato* que pode originar um *estilo de pensamento*. Dito de outra forma, na visão de Fleck (2010), a comunicação intracoletiva ocorre dentro do *círculo esotérico*, ou seja, de determinado *coletivo de pensamento*, e se dá entre os especialistas de mesmo *estilo de pensamento*. Já a *circulação intercoletiva* torna-se, então, responsável “pela disseminação, popularização e vulgarização do(s) estilo(s) de pensamento para outros coletivos de não especialistas” (DELIZOICOV, 2004, p. 166). Esse diálogo é caracterizado pela comunicação entre *coletivos de pensamento* distintos. Porém, Fleck (2010) é cauteloso e afirma que tais coletivos têm pequenas diferenças entre os *estilos de pensamento*, de modo que a comunicação e a troca de ideias favorecem novos rumos para pesquisa, em áreas correlacionadas, ou seja:

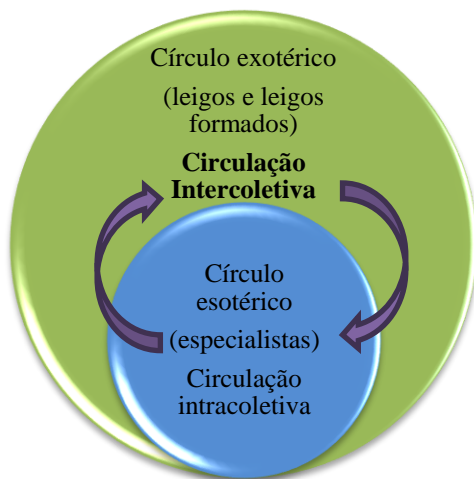
Quanto menor a diferença entre dois estilos de pensamento, tanto menor o tráfego de pensamentos. Quando existem relações intercoletiva, estas apresentam traços comuns, independentemente das particularidades dos respectivos coletivos (FLECK, 2010, p. 160).

Isso posto, quanto mais congruentes os estilos, menor será a comunicação, visto que pensam de forma semelhante.

Cabe destacar também que a noção de círculo esotérico e exotérico depende da presença de mais de um coletivo de pensamento.

No intuito de ilustrar tais categorias, apresentamos uma representação, expressa na Figura 2.

Figura 2: A circulação de conhecimentos, em Fleck (2010)



Fonte: Da autora, baseado em Fleck (2010) e Delizoicov (2004)

Em síntese, para melhor compreender o processo de circulação de ideias e práticas — entre distintos coletivos de pensamento — é preciso remeter à formação do Estilo de Pensamento, que ocorre em um processo de circulação de ideias e práticas *nos círculos hierarquizados epistemologicamente*: um círculo menor esotérico, constituído pelos especialistas de uma área, e um círculo maior exotérico, formado pelos participantes do coletivo de pensamento (FLECK, 2010). Ou seja, a circulação intracoletiva ocorre no interior de um coletivo de pensamento (com o intuito de formação dos pares), enquanto a circulação intercoletiva consiste na disseminação e popularização dos estilos de pensamento, que podem ocorrer no interior de um coletivo ou entre distintos coletivos de pensamento. (DELIZOICOV, 2004). É importante salientar que os sujeitos podem pertencer a distintos coletivos simultaneamente, atuando como transmissores de ideias entre os coletivos. (PFUETZENREITER, 2003).

As categorias acima destacadas favorecem a compreensão do processo de circulação de ideias e práticas sobre a temática ambiental, materializadas em estudos sobre e/ou de relatos de atividades com a QV, particularmente no ensino da Química, a partir das análises das T&D de interesse.

Neste estudo, principalmente os trabalhos autodenominados “químicos verdes” (precursores da QV), se constituem como o coletivo de especialistas (círculo esotérico), visto que, dentro dele, ocorre a circulação intracoletiva de pensamento e práticas da QV. Já os membros da comunidade dos químicos, formada pelos coletivos químicos que ainda não trabalham com a perspectiva da QV, se situam no círculo exotérico, ao passo que a circulação com os coletivos de especialistas químicos da QV seria de natureza intercoletiva.

No item subsequente, apresentam-se alguns exemplos da aplicação da teoria do conhecimento de Fleck no ensino de ciências a partir de uma breve revisão na literatura.

1.3.2 Fleck e as Pesquisas em Ensino de Ciências

Vários estudos utilizam o referencial fleckiano para analisar aspectos do ensino de Ciência (GONÇALVES; MARQUES, 2012; DELIZOICOV, 2004). Um deles são os episódios históricos que podem evidenciar a sociogênese de um determinado conhecimento, sobretudo os que se relacionam com a complicação. Análises de natureza histórico-epistemológicas, vinculadas à História das Ciências e seu ensino, e proporcionadas pela teoria de Fleck, configuram-se como um instrumento importante para entender um fato científico e o estado do conhecimento a ele relacionado e que se almeja conhecer melhor. De acordo com Flôr:

A epistemologia fleckiana trabalha com um modelo interativo do processo de conhecimento, descartando a hipótese do observador neutro a coletar dados. Em linhas gerais, este referencial aponta três fatores na produção do conhecimento científico: o sujeito conhecedor, o objeto a ser conhecido e o “estado do conhecimento” na área (FLÔR, 2007, p. 3).

Queirós e Nardi (2008) apresentam um panorama específico da área de ensino de Ciências acerca de estudos que utilizam a epistemologia de Ludwik Fleck como referencial teórico. Para tanto, analisaram periódicos nacionais da área e atas do Encontro Nacional de

Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)¹² entre os anos de 2002 e 2007. Os trabalhos selecionados foram classificados em quatro grupos: História de Fatos Científicos; Concepção de professores acerca da natureza da ciência; Ensino de saúde; Análises de pesquisas em ensino de Ciências no Brasil. Os autores perceberam que a maioria dos trabalhos estava associada à área de Ciências Biológicas e Saúde, embora grande parte das publicações analisadas tivesse relação com a História de Fatos Científicos. Apenas dois trabalhos foram classificados como “Análises de pesquisas em ensino de Ciências no Brasil”. Acreditam que os resultados encontrados sejam um reflexo do modelo epistemológico de Fleck, por ter sua gênese na medicina, inferindo, dessa forma, no estilo de pensamento dos coletivos de saúde pública e da Biologia, não obstante a epistemologia fleckiana possa ser empregada para compreender e estudar distintos *atos científicos*.

Fleck, ao tratar de um *fato científico*, expõe-no como:

[...] uma relação de conceitos conforme o estilo de pensamento, que, embora possa ser investigável por meio dos pontos de vista históricos e da psicologia individual e coletiva, nunca poderá ser simplesmente construída, em sua totalidade, por meio desses pontos de vista (FLECK, 2010, p. 132).

Os *atos científicos* têm materialidade em um dado momento histórico. Ou seja, são condicionados e explicados sócio-historicamente, com teorias do presente ligadas às do passado e que se ligarão às do futuro, algo que Fleck também percebia como um movimento que gera o progresso científico. Nesse sentido é que acreditamos poder olhar a circulação de conhecimentos relacionados à QV e, principalmente, o ensino da QV, como um fato científico, no qual ainda perduram relações

¹² O ENPEC é um evento bianual, organizado pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC). Teve sua primeira edição em 1997. A ABRAPEC tem por finalidade promover, divulgar e socializar a pesquisa em Educação em Ciências, por meio da realização de encontros de pesquisa e de escolas de formação de pesquisadores, da publicação de boletins, anais e revistas científicas, bem como atuar como órgão representante da comunidade de pesquisadores em Educação em Ciências junto a entidades nacionais e internacionais de educação, pesquisa e fomento. Estão informações foram retiradas da própria página da associação, disponíveis em: www.abrapec.ufsc.br/historico-e-missao. Acesso em: ago. 2014.

de conceitos, cuja totalidade ainda está para ser construída pelos EPs historicamente constituídos, e que talvez ainda estejam baseados em outras perspectivas ou em processo de transformação.

Os conceitos de estilo de pensamento e coletivo de pensamento, enquanto referenciais para a construção teórica em pesquisa no ensino das ciências e tecnologia, com olhar direcionado à área da saúde, são apresentados por Pfuetzenreiter (2002), que se dedica a analisar a metodologia empregada em trabalhos produzidos em programas de pós-graduação da Universidade Federal de Santa Catarina e da Universidade Federal Fluminense, especificamente, os da Educação e da Enfermagem, que utilizam as ideias de Fleck. A autora destacou a existência de um pequeno número de trabalhos que utilizavam as categorias epistemológicas fleckianas como fundamento. Dos cinco trabalhos analisados, um procura relacionar os níveis de “práxis” ao estilo de pensamento em enfermagem, enquanto os demais procuram buscar identificar os EPs presentes na área de saúde ou identificar categorias dentro desses estilos de pensamento.

À luz de Fleck (1986), Delizoicov (2004) também analisou características da área de ensino de Ciências, a partir de programas de pós-graduação, em teses e dissertações e de grupos de pesquisa, com semelhanças e diferenças teóricas entre si. Além desses estudos, analisou periódicos especializados na publicação de resultados de pesquisas e atas e anais de eventos científicos específicos da área. Dentre os aspectos analisados, destacou: o teor das pesquisas; o uso dos resultados das pesquisas nos cursos de formação, seja como subsídios para a atuação do docente formador de professores, seja como conteúdo a ser incluído no currículo de formação; o uso dos resultados em cursos de formação continuada de professores. Nesse artigo, especificamente, se manifestou acerca do primeiro aspecto. Já sobre as categorias de Fleck, destaca que a *circulação inter e intracoletiva* de ideias e práticas permite o compartilhamento e a discussão de problemas relativos ao ensino de Ciências, que propiciam a instauração, a extensão e a transformação de estilos de pensamento da área. Esse processo dinâmico, segundo o autor, possibilita mudanças contínuas nas pesquisas em ensino de Ciências no país (DELIZOICOV, 2004).

Slongo e Delizoicov (2006) realizaram um estudo com o objetivo de caracterizar a produção acadêmica na área do ensino de Biologia a partir de T&D desenvolvidas em programas de pós-graduação, entre os anos 1972 e 2000. Para tanto, realizaram uma análise das respectivas referências bibliográficas e resumos dos trabalhos, buscando dados que fornecessem uma visão panorâmica sobre a produção da área.

Detectaram diversas mudanças nas pesquisas, ao longo dos anos, como a diversificação de focos temáticos e problemas de investigação, superando, inclusive, aquelas que empregam pressupostos empiristas. Para os autores, essas transformações ao longo da história derivam da intensa *circulação inter e intracoletiva* de conhecimentos, ideias e práticas.

No intuito de identificar pressupostos, representações e práticas sobre a Educação Ambiental, Lorenzetti (2008) realizou um levantamento histórico-epistemológico das pesquisas (teses e dissertações) nessa área temática, desenvolvidas em PPGs das ciências humanas e produzidas no Brasil entre 1981 e 2003. Para isso, utilizou as categorias fleckianas EP, CP, círculo esotérico, círculo exotérico e circulação intra e intercoletiva de ideias. O autor debruçou-se sobre pesquisas que tinham como foco investigar as representações e a atuação de docentes que desenvolviam práticas de EA no contexto escolar, o que resultou em um *corpus* formado por 77 trabalhos (em um cenário com mais de 800). Buscou identificar alguns elementos de interesse, com destaque para: o problema de pesquisa; a representação social de meio ambiente; a representação social de EA; a representação social de educação; a proposta assumida; a linguagem estilizada e as referências bibliográficas. A identificação desses elementos foi realizada de forma sistemática a partir da leitura do resumo, introdução, problema, objetivos, metodologia, conclusões e referências.

Os resultados da pesquisa indicam a existência de coletivos de pensamento que compartilham um EP identificado como ecológico (formado apenas pelos docentes entrevistados nas pesquisas — círculo esotérico) e o EP Crítico-transformador (predominante entre os autores das teses e dissertações — círculo exotérico). Para o autor, esse último EP apresenta possíveis matizes, além de um coletivo que estaria em transição (entre o ecológico e o crítico-transformador) (LORENZETTI, 2008).

Em um levantamento em pesquisas da área de Educação em Ciências sobre a recepção do uso da epistemologia de Fleck em T&D, Lorenzetti, Muenchen e Slongo (2013) identificaram que a maioria delas se concentrava em instituições do sul do país, hegemonicamente na UFSC. Já as categorias fleckianas predominantes nesses estudos eram estilo de pensamento, coletivo de pensamento e circulação inter e intracoletiva de ideias, no que diz respeito à produção de conhecimentos. Os autores relataram que as pesquisas concentravam-se em três eixos principais: a emergência de um fato científico, a formação

de professores e a análise de produções acadêmicas. E embora o objetivo do trabalho não tenha sido o de dimensionar o alcance e o impacto da incorporação dos pressupostos da teoria do conhecimento de Fleck na produção científica, expôs as justificativas apresentadas acerca das contribuições para pesquisas da área de Educação em Ciências, ao afirmar que:

possibilita compreender a constituição de uma área do conhecimento; explicitar o caráter sociológico tanto da produção quanto da disseminação do conhecimento; identificar as condições para a instauração de um estilo de pensamento ligado à ciência; compreender a importância de comunicação intra e intercoletiva no estabelecimento e transformação de um estilo de pensamento; analisar o peso da formação para o ingresso em um estilo de pensamento; entender melhor a relação teoria e prática na formação dos professores; refletir sobre a prática pedagógica dos professores; desenvolver alternativas para a inserção da história da ciência nos currículos da graduação (LORENZETTI; MUENCHEN; SLONGO, 2013, p. 194).

Ainda nesse viés, Brick e colaboradores (2013) apresentam reflexões a partir de pesquisas relacionadas a conhecimentos e práticas docentes em Educação em Ciências, também a partir da análise de T&D. Relatam que os estudos demonstram a importância do papel do contexto social e histórico na construção de conhecimento e de práticas docentes, tanto no Ensino Superior quanto no Ensino Médio. Além disso, destacam a importância da circulação de ideias no processo de transformação dessas práticas e na disseminação de conhecimentos (proveniente de determinado EP), caracterizada também através do papel que exercem os livros didáticos e manuais universitários, que podem ser responsáveis por certa coerção de pensamento sobre o objeto a ser ensinado. No estudo, destacam-se os apontamentos sobre a necessidade de se aprofundar alguns pontos da teoria do conhecimento de Fleck, com vistas a instrumentalizar as pesquisas sobre práticas docentes em Educação em Ciências:

- Avançar na compreensão de como a teoria do conhecimento de Fleck poderia ser interpretada

para lançar luz à dinâmica dos conhecimentos docentes;

- Caracterizar os limites da contribuição das ideias originais de Fleck para análise de problemas tão complexos e multidisciplinares quanto os enfrentados pelas pesquisas em Educação em Ciências e pela Educação em Ciências;
- Aprofundar as relações entre a perspectiva fleckiana com outros autores, reconhecendo a necessidade de reinventar a mesma a partir dos problemas próprios da EC [Educação em Ciências] (BRICK *et al.*, 2013, p.7).

Na literatura, encontram-se também pesquisas voltadas ao ensino da Química que utilizam o referencial fleckiano e aspectos de sua teoria do conhecimento. Em um de seus trabalhos voltados à história da ciência, Flôr (2007) faz a leitura de episódios históricos envolvendo a síntese de elementos transurânicos e a consequente alteração da tabela periódica no contexto da execução do Projeto Manhattan. Especificamente nesse caso, analisa como ocorreu a comunicação das ideias e produções científicas à luz das categorias fleckianas de circulação inter e intracoletiva de ideias no desenvolvimento do conhecimento científico relativo à tabela periódica dos elementos químicos. Isso porque considera “que textos que abordam episódios históricos a partir de referenciais epistemológicos podem e devem ser utilizados na licenciatura, a fim de que os futuros professores tenham a experiência da utilização de abordagens históricas” (FLÔR, 2007, p. 1). No contexto da descoberta de elementos transurânicos, a autora conclui que é possível perceber, por meio de conceitos fleckianos — no caso da circulação de ideias —, que o cientista não é um sujeito isolado, uma vez que consulta seus pares (sujeitos que compartilham do mesmo EP) e se comunica com a comunidade à qual pertence, ou seja, os coletivos de pensamento.

Com o propósito de discutir igualmente acerca da circulação de ideias, Gonçalves e Marques (2012) analisaram produções que tratavam da experimentação no ensino de Química, a partir de artigos publicados em periódicos nacionais e em T&D, no período entre 1972 e 2006. Os critérios utilizados foram os seguintes: T&D – procuraram identificar a natureza das pesquisas (mestrado ou doutorado), o ano de defesa, o orientador, a região do país, a instituição e o nível de ensino estudado;

nos artigos foram identificados o ano de publicação, os autores e as respectivas instituições, o referencial teórico e o nível de ensino estudado; já os artigos foram categorizados conforme pesquisa, revisão, fundamentação e ensaios fundamentados. Os autores observaram que “a experimentação no ensino de Química tem sido um tema de pesquisa pouco articulado com a formação de professores e a educação superior e profissionalizante nas dissertações e teses” (2012, p. 198). A maioria dos artigos analisados não tinha relação direta com as pesquisas realizadas no âmbito da pós-graduação, posto que não derivava das T&D analisadas (apenas um artigo mostrou relação com uma das dissertações). Logo, a disseminação dos resultados de investigações acerca da experimentação no ensino de Química, produzidas no âmbito dos programas de pós-graduação, não ocorreu por meio dos periódicos investigados, de modo que, dessa forma, não promoviam a circulação inter e intracoletiva dos saberes produzidos naquele espaço. A esse respeito, os autores reforçam:

Com base na epistemologia fleckiana, reiteramos que os periódicos cumprem com função importante na circulação inter e intracoletiva, auxiliando inclusive na instauração de novas questões de investigação e, por conseguinte, novos campos de pesquisa (GONÇALVES; MARQUES, 2012, p. 200).

Fleck (2010) aponta como um fator importante na produção de conhecimentos, o processo de instauração, extensão e transformação dos estilos de pensamento, que ocorre a partir da dinâmica de circulação intercoletiva e intracoletiva de ideias, pois os processos de circulação podem influenciar na transformação de ideias, ou até mesmo, na instauração de um novo EP (DELIZOICOV *et al.*, 2002).

Já Lambach e Marques (2009) discutiram os resultados de uma investigação que objetivou identificar elementos caracterizadores de EP de professores de Química que atuavam na Educação de Jovens e Adultos (EJA) no Estado do Paraná, e se esses EPs eram afetados por processos de formação inicial e continuada. Por meio de entrevistas, compararam os EPs dos professores com e sem participação em cursos de formação continuada, analisando as práticas, as concepções e os valores docentes. Em suma, apresentaram os possíveis EPs (quatro no total) dos professores entrevistados, assim como os elementos caracterizadores de cada um, concluindo que a estruturação do Estilo de

Pensamento do professor ocorre ao longo de sua atividade docente, que sofre modificações à medida que se relaciona com outros Coletivos de Pensamento.

Em trabalho posterior, porém similar, os mesmos autores discutiram os resultados de uma pesquisa sobre um processo de formação de professores de Química que atuam na EJA, também em escolas públicas do Paraná, organizado a partir de pressupostos teórico-metodológicos freireanos e analíticos fleckianos. A coleta de informações ocorreu em um curso de formação continuada por eles organizado, no qual os participantes discutiam, organizavam e desenvolviam aulas de Química (LAMBACH; MARQUES, 2014). Foram investigados também os possíveis EPs que o coletivo docente tinha sobre o papel social do ensino de Química e de como este deveria ocorrer na EJA. Nessa investigação estabeleceram-se aproximações com as características identificadas na pesquisa anterior, relativas a dois EPs dos professores de Química da EJA, caracterizados como *Professor Suplência* – que se fundamenta na função de suplência, atribuída pela antiga Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, que relaciona o tempo físico com a ideia de recuperação do tempo perdido do aluno, necessitando acelerar/aligeirar o processo educacional para a certificação rápida; e como *Professor Exemplificador* – classificado como aquele que lança mão de exemplos locais ou de qualquer lugar, utilizando-os apenas para introduzir os conteúdos de Química, onde a realidade serve como ilustração (LAMBACH; MARQUES, 2009).

Merecem destaque três trabalhos que, além de associar os pressupostos da teoria de Fleck ao ensino da Química, fazem-no com a adoção do enfoque da Química Verde. Dois deles associam-se às categorias de circulação intercoletiva e intracoletiva de ideias: o primeiro (ROLOFF; MARQUES, 2013) se debruça sobre as perspectivas e possíveis tendências na abordagem de questões ambientais no ensino de Química, visto a partir da seção “Pesquisa no Ensino de Química”, da revista *Química Nova na Escola* (QN_{Esc}), no período entre 2008 e 2012. A identificação dos artigos deu-se pela busca de termos que fornecessem indícios da abordagem e/ou tratamento de aspectos que remetessem ao ambiente. A caracterização do material empírico ocorreu, então, a partir da identificação dos seguintes termos: Meio ambiente, Ambiental, DS e QV. O levantamento indicou a contribuição com a disseminação de conhecimentos relativos à QV e à crescente abordagem dessa temática durante o período analisado. Os autores notaram que as pesquisas se fundamentaram ligeiramente em

citações bibliográficas, concentrando-se antes em exemplos de aplicações que visam à consolidação de conhecimentos químicos, mesmo estando relacionados à compreensão e atuação de aspectos ligados ao meio ambiente. Ressaltam ainda que a circulação inter e intracoletiva de ideias, proporcionada pelas publicações do periódico QNEsc, pode favorecer no processo de formação dos professores, influenciando a atuação docente em sala de aula, e de que a leitura das publicações pode auxiliar na instauração, extensão e até na transformação de possíveis EPs da relação Química vs meio ambiente.

Outro trabalho que buscou discutir a circulação de ideias sobre a relação entre a Química e os cuidados com o ambiente a partir da filosofia da QV e de conhecimentos e práticas associadas à ideia de SA foi o de Roloff e colaboradores (2014), que analisaram T&D produzidas em PPGs em Química, Educação e ECT no período entre 2002 e 2012. As análises apontaram que grande parte dos trabalhos cita e/ou dialoga explicitamente com os domínios ciência-ambiente, favorecendo, assim, a circulação de ideias e práticas entre esses coletivos (de pós-graduação), o que pode ajudar na constituição de EPs a respeito da SA, no âmbito da Química.

Nossa hipótese é que a publicação e a divulgação de tais pesquisas podem estar contribuindo com a circulação de saberes sobre a QV, fomentando a propagação de ideias, estudos e práticas sobre possibilidades e limites à SA. Roloff e colaboradores (2014) comentam que analisar tais ideias pode ser um importante material para auxiliar na formação dos químicos (bacharéis e licenciados), a fim de aperfeiçoar suas ideias e práticas de pesquisa e de ensino voltadas aos cuidados com o ambiente. Apontaram ainda que o uso e o ensino da QV têm influenciado na produção do conhecimento e práticas acerca da SA, basicamente em três perspectivas: **i)** as que a justificam pelo desenvolvimento industrial; **ii)** pelo uso e aplicabilidade dos princípios QV; e **iii)** por aquelas que julgam indispensável sua inserção na formação de professores e no ensino da Química. Concluem que a circulação de ideias entre esses grupos pode influenciar na instauração e transformação de EPs na esfera da Química.

Marques (2012), por sua vez, publicou um artigo no qual apresenta resultados de uma pesquisa realizada com professores de Química de escolas médias de uma região da Itália, investigando o que pensam sobre a viabilidade de adoção do enfoque da QV no ensino da Química, e sobre a prática pedagógica por eles desenvolvida no tocante ao ensino de questões ambientais. Por meio de entrevistas, buscou identificar elementos que pudessem caracterizar EPs dos professores em

relação às questões ambientais, à QV e aos desafios de seu ensino nesse nível de escolarização. Os dados obtidos indicaram uma grande disponibilidade dos professores para compartilhar EPs abertos à abordagem das questões ambientais, mesmo diante de complicações (FLECK, 1986) e limites ao inédito-viável (FREIRE, 1987) relativos à adoção da perspectiva da QV e a mudanças nas práticas pedagógicas envolvendo a abordagem temática.

Nossa exposição, ainda que não exaustiva, buscou constatar que a epistemologia fleckiana tem grande potencial para ser aplicada na educação científica e ao foco de nossa pesquisa. Afinal, a sociogênese do conhecimento de Fleck, por articular-se a episódios históricos, pode ajudar a compreender as modificações nas visões de ciência dos sujeitos (FLÔR, 2009). Delizoicov e colaboradores (2002) destacam a potencialidade epistemológica de Fleck no favorecimento da compreensão de conhecimentos em e entre comunidades/coletivos, para além da científica.

Neste sentido, o ensino de Química deve problematizar e proporcionar reflexões epistemológicas que suscitem questionamentos e ações voltadas não apenas para a solução de problemas ambientais, mas sim, para a prevenção de sua geração, de modo a desenvolver ações mais sustentáveis, influenciando uma nova forma de pensar e desenvolver a Química. Ou seja, um novo estilo de pensamento sobre sua relação com a natureza.

A partir dos exemplos apresentados, é possível inferir que grande parte dos trabalhos que se utiliza da teoria do conhecimento de Fleck e/ou alguma de suas categorias analíticas, é desenvolvida por meio de pesquisas do tipo “estado da arte”. Isso ocorre pela própria caracterização dos coletivos de pensamento e dos estilos de pensamento, compartilhados pelos grupos que têm o mesmo objeto de pesquisa e/ou interesse investigativo, de modo que é preciso entender essa relação no âmbito da Química. Portanto, no próximo capítulo, pretendemos trazer argumentos, explicações e apontamentos que possam favorecer a compreensão da relação da Química com as questões ambientais, particularmente a partir da QV, apresentando como distintos círculos percebem o problema relacionado à crise ambiental.

CAPÍTULO 2

A QUÍMICA NO CONTEXTO DA CRISE AMBIENTAL

Um dos desafios para os químicos de hoje é suprir as necessidades da sociedade por novos produtos, porém sem esquecer os aspectos ambientais. Considerando a necessidade de um contínuo desenvolvimento econômico, social e ambiental sustentável, com vistas à manutenção e melhoria da qualidade de vida atual e vindoura em todo o globo, torna-se imperiosa uma nova conduta química para o aprimoramento de técnicas e metodologias, com a geração cada vez menor ou, idealmente, inexistente, de resíduos e efluentes tóxicos. Esta filosofia, conhecida como Química Sustentável ou Química Verde. (CORRÊA; ZUIN, 2009, p. 7)

Neste capítulo abordamos aspectos associados à crise ambiental e sua relação com a Química, em algumas de suas atividades. Preocupamo-nos em apresentar e discutir como essa ciência reconhece e responde aos problemas ambientais, tanto pelo viés da Química Ambiental quanto da Química Verde, e particularmente, se a Química incorpora e as difunde no âmbito de seu ensino e na formação de seus profissionais, inclusive (ou principalmente) na licenciatura. Se os fundamentos e as práticas defendidas pela QV, através da aplicação de seus princípios na indústria, no ensino e na pesquisa em Química, estão proporcionando um novo olhar às questões do ambiente, pela proposição de novas soluções ou alternativas que minimizem a produção de resíduos, por exemplo, estariam esses princípios e práticas da QV se constituindo como um círculo esotérico em relação à Química clássica, dado que esta, histórica e recorrentemente, atua “de costas” ao ambiente? Assim, seguindo a teoria de Fleck, a Química (não “verde”) se situaria, ao mesmo tempo, como um círculo exotérico em relação aos campos do conhecimento que mais discutem as questões ambientais, a exemplo da QV? Pretendemos discutir esses aspectos ao caracterizar as dimensões e implicações da crise ambiental, vistos, principalmente, através de sua relação com a Química.

2.1 CRISE AMBIENTAL PLANETÁRIA: A BUSCA DE ENTENDIMENTOS PARA UMA SITUAÇÃO (IN)SUSTENTÁVEL

A relação entre o ser humano e a natureza tem mudado ao longo da história, e uma das consequências é que os danos ao ambiente começaram a se multiplicar e a se intensificar. Os maiores registros associam-se, especialmente, ao advento da agricultura e à introdução do trabalho mecânico, durante a Revolução Industrial, iniciada por volta de 1800. Além disso, a chegada da máquina a vapor também foi um importante marco na intensificação da problemática ambiental, afinal a emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa e de substâncias tóxicas nocivas ao ambiente, além de um grande consumo energético, são resultantes de algumas atividades industriais. Mas são muitas as correntes científicas que atribuem diferentes causas às origens dos problemas ambientais hoje sentidos.

Segundo Braga e colaboradores (2005), o problema da poluição ambiental surge no momento em que o ser humano descobre o fogo e passa a ser capaz de impulsionar máquinas e realizar mais trabalho, o que o conduz a um enorme avanço tecnológico. Ao mesmo tempo que esse desenvolvimento traz a necessidade de quantidades cada vez maiores de energia e materiais, o resultado é uma maior produção de resíduos. De lá para cá, o uso de recursos naturais — de fontes renováveis ou não — em processos produtivos tem aumentado intensivamente (BAYARDINO, 2004).

A título de exemplificação, a população mundial que, ao início do século XIX, era de aproximadamente um bilhão de pessoas, passa para sete bilhões em meados de 2011¹³. Isso veio acompanhado de um aumento de cerca de quarenta vezes na utilização de energia; de cinquenta vezes na produção econômica e, por consequência, de um aumento de 30% a 100% na concentração atmosférica de gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄), respectivamente (LIAO, 2012). Quanto ao solo, já em 2005, cerca de 40% do total mundial de terras foi considerado em degradação — fator que contribui na configuração de uma futura crise

¹³ De acordo com informações disponibilizadas pela Organização das Nações Unidas, no documento intitulado “*Demographic Components of Future Population Growth*”, em meados de 2013 a população mundial já passava de 7,2 bilhões de pessoas. Tal informação encontra-se disponível em: www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/technical/TP2013-3.pdf. Acesso em: jun. 2014.

alimentar planetária. O mesmo ocorre com o uso/abastecimento de água, já que o crescimento populacional, a urbanização e a industrialização ampliam a demanda desse recurso natural. Há uma previsão que, em 2030, cerca de quatro bilhões de seres humanos deverão conviver com a falta desse recurso (LÉNA, 2012).

Embora a escassez dos recursos naturais venha se demonstrando uma preocupação recorrente, é preciso considerar que sua utilização é responsável pela manutenção e desenvolvimento da sociedade (da vida), porém, “sua exploração inadequada gera externalidades negativas e sinaliza o esgotamento dos mesmos, levando a emergência da problemática da utilização sustentável desses recursos” (BAYARDINO, 2004, p. 10).

Acerca da crise ambiental hoje instaurada, já nos anos 1980, Tiezzi (1988) alertava para a necessidade de discutir o axioma do crescimento material sem limites e objetivos. Segundo ele, as relações com os modos de produção e o que deve ser produzido (como, onde e quando produzir) deveriam ser problematizados para que a qualidade de vida da sociedade pudesse se equilibrar à natureza, pois a demanda incontrolável de recursos naturais tende a materializar consequências ao ambiente, de forma mais grave e em ritmo cada vez mais veloz.

Em função de tais aspectos, Pinto e Zacarias comentam que existem vários entendimentos sobre as causas e consequências da crise ambiental, assim como alternativas para enfrentar essa problemática, embora defendam que a crise seja “uma manifestação da lógica do processo de produção e acumulação do capital” (2010, p. 41), associada ao crescimento obtido a todo custo e através do aniquilamento dos recursos naturais.

A partir de 1970 os problemas ambientais passaram a ser (mais) oficialmente reconhecidos, principalmente aqueles de ordem antrópica, e a busca de alternativas para seu enfrentamento começaram a ser empreendidas (PINTO; ZACARIAS, 2010). Em seu artigo, os autores destacam duas visões associadas ao entendimento de crise ambiental: a reformista (conservadora) e a crítica. Para os setores reformistas:

o cerne da destruição ambiental está ligado às seguintes causas: o desperdício de matéria e energia, aos limites físicos e naturais dos recursos naturais, ao excesso da população, aos altos padrões de produção e ao consumo, dentre outros (PINTO; ZACARIAS, 2010, p. 42).

Nessa visão, a crise ambiental está associada à incompatibilidade entre desenvolvimento e proteção ambiental. Esse pensamento hegemônico é entendido como conservador, pois compreende que a escassez de recursos e a superpopulação impedem o desenvolvimento da humanidade, afirmação defendida a partir da teoria malthusiana (ZACARIAS, 2012). O outro argumento, utilizado pela visão reformista, é de que os atuais padrões de produção e consumo levarão à escassez dos recursos naturais. Essa premissa surgiu entre as décadas de 1960 e 1970, apresentada no relatório intitulado “Os Limites do Crescimento” (*The Limits to Growth*, 1972), que tratou de problemas para o futuro da humanidade (como a poluição, a energia, o saneamento, o ambiente, o crescimento populacional, entre outros), denunciando os limites da exploração do planeta e situando a crise ambiental como efeito do processo do crescimento descontrolado (MEADOWS *et al.*, 1973). Portanto, os problemas ambientais seriam fruto do mau funcionamento do sistema, e derivados de um estilo de desenvolvimento considerado insustentável (PINTO; ZACARIAS, 2010).

Pinto e Zacarias (2010) apontam ainda que as alternativas defendidas pela perspectiva conservadora preconizam a capacidade de superar a crise ambiental dentro da ordem do capital, entendendo que é possível reformar o capitalismo, tornando-o mais respeitoso com o meio ambiente, a partir de propostas que se restringem aos processos de produção, a tecnologia, a reciclagem, a eficiência energética, o consumo responsável, entre outras, perspectiva esta que despolitiza o debate.

Diferente da visão reformista e conservadora, a perspectiva crítica, defendida por Pinto e Zacarias, entende que a crise ambiental “deve-se a um conjunto de variáveis interconexas, dadas em bases sociais, econômicas, culturais e políticas, estruturalmente desiguais, que conformam a sociedade capitalista” (2010, p. 44). Logo, a crise não tem apenas como causa o excesso de população ou os padrões de produção e consumo, mas é de responsabilidade da lógica destrutiva da acumulação do capital, ligada às relações sociais que se firmam entre os seres humanos, a partir da maneira como se distribuem os meios de produção (ZACARIAS, 2012). No campo crítico, uma alternativa apontada para a superação da crise é a construção de uma ordem de reprodução economicamente viável e historicamente sustentável, que requer modificar as determinações internas e contraditórias da ordem estabelecida que impõe a submissão da necessidade e do uso humano à

necessidade alienante da expansão do capital (ZACARIAS, 2012; PINTO; ZACARIAS, 2010).

É possível perceber que o problema acerca do processo de destruição humana da natureza é de cunho histórico e político-ideológico, tendo como um dos fatores determinantes o modo de produção e o consumo da sociedade capitalista que, segundo Loureiro (2012), prioriza o acúmulo de riquezas e não o da satisfação de necessidades básicas.

Nesse viés, Foster (2005), autor americano de formação marxista, faz uma discussão sobre como o desenvolvimento do materialismo histórico-dialético e da ciência possibilita entender os modos ecológicos de se pensar as origens da crise ambiental. O autor argumenta a favor da visão ecológica de Karl Marx — acusado, por vários, de teorizar sobre o fim do feudalismo e o nascimento do sistema capitalista, uma visão mecanicista/determinista e salvacionista da tecnologia no desenvolvimento das forças produtivas —, buscando desenvolver uma visão crítica revolucionária que, segundo ele, “associa a transformação social com a transformação da relação humana com a natureza de modos que agora consideramos ecológicos” (2005, p. 13). Foster questiona onde ocorre a apropriação (irreversível) da natureza pelo homem dentro do capitalismo, por ele denominada de “falha metabólica”¹⁴. Argumenta que o proprietário capitalista dos meios de produção transforma em consumo e riqueza privada aquilo que é um bem social, a exemplo dos produtos agrícolas, que trazem consigo “as riquezas minerais da terra”, considerada um bem social público. Para Foster, o marxismo questionava as formas com que o modo de produção capitalista destrói irreversivelmente a natureza.

Nessa óbvia, mas determinante, relação de dependência entre os seres humanos e o uso de recursos naturais, especialmente (mas não exclusivamente), para sobrevivência, Silva e Crispim (2011) ressaltam que, nos últimos três séculos, a humanidade atingiu um alto nível de desenvolvimento tecnológico, pelo qual busca dominar os meios de produção e o controle das reservas naturais. A esse respeito, Tiezzi (1988) comenta que muitas pessoas designam à ciência e à tecnologia o papel para a resolução de problemas ambientais atuais, sem levar em

¹⁴ Esse conceito foi desenvolvido por Marx no período de formulação de sua teoria sobre o Capital (séc. XVIII), e diz respeito a uma relação indissociável entre o homem e a natureza, pois “o homem vive da natureza, isto é, a natureza é o seu corpo, e ele precisa manter com ela um diálogo para não morrer”. In. *Manuscritos econômico-filosóficos* (1844).

conta que a solução encontrada poderá resultar no aumento dos problemas, tornando ainda mais próximo o momento do esgotamento dos recursos naturais, e ocasionando mecanismos irreversíveis e de danos irreparáveis ao ambiente.

Essa visão parece associar-se ao que Auler e Delizoicov (2006) chamam de perspectiva salvacionista da C&T, relacionada a uma concepção tradicional e linear de progresso (tecnológico). Tal compreensão defende que a C&T é capaz de resolver os problemas já existentes, proporcionando bem-estar social. Em outras palavras, “1) Os problemas hoje existentes e os que vierem a surgir, serão, necessariamente resolvidos com o desenvolvimento cada vez maior da CT [Ciência e Tecnologia]; 2) Com mais e mais CT teremos um final feliz para a humanidade” (2006, p. 343)¹⁵. Para complementar essa assertiva, é importante ressaltar sobre a necessidade de que tais aspectos sejam problematizados, conforme argumentam Auler e Delizoicov (2001; 2006) e Auler (2007), pois remetem a um entendimento de linearidade e neutralidade da C&T.

Ainda sobre questões relacionadas ao papel da C&T, Tiezzi (1988) ressalta que, na transição para um modelo diferente de produção e desenvolvimento, o papel desempenhado pela ciência e pela tecnologia é primordial, mas que ambas não podem progredir sem que se assumam alguns riscos. Contudo, na atualidade, esses riscos são de longo prazo e de escala planetária, embora, pela primeira vez na história da humanidade, pareçam ameaçar a sobrevivência da espécie humana. A esse respeito, Nascimento (2012b) comenta que vivemos uma crise global que ameaça a vida humana na Terra, ou pelo menos suas condições atuais, isso porque as crises ambiental (pouco compreendida) e econômica resultam de ações antrópicas difusas, que têm fontes e resultados globais.

Parece consenso que o futuro da humanidade esteja ameaçado (IPCC, 2000), e que as causas disso residiriam, principalmente, no aquecimento global. Com base em tal constatação, Nascimento (2012b) enuncia quatro versões dessas ameaças: I) o comprometimento da manutenção do planeta Terra; II) obstáculo à existência da vida em geral; III) extinção do ser humano; IV) e degradação das condições de vida humana — vertente que incorpora as variáveis socioeconômicas em sua análise, além das ambientais.

Como consequência dessas ameaças, três proposições são sugeridas para o seu enfrentamento, as quais se distinguem pelo modo

¹⁵ Os autores utilizam a sigla CT ao se referir à Ciência-Tecnologia.

como avaliam as consequências dos problemas ambientais ou pelas concepções sobre a influência que recebem do atual modelo de desenvolvimento (NASCIMENTO, 2012b). A primeira delas é apresentada por Solow (2000), que argumenta em favor de uma maior eficiência tecnológica, com a produção de mais mercadorias, mas mediante a utilização de menos recursos naturais e energia. Na segunda vertente situa-se a corrente hegemônica da atualidade (NASCIMENTO, 2012b), ou seja, a definição-conceito de DS, formulada no Relatório Brundtland (WCED, 1987), em que o uso racional e parcimonioso dos recursos naturais garantiria o desenvolvimento, sem comprometer as necessidades das gerações futuras na busca por uma economia socioambiental mais eficiente que poupe energia e recursos naturais. A terceira corrente considera que o atual modelo de desenvolvimento nos levará à autodestruição, sendo necessário um decrescimento econômico, como descrito por Latouche (2012). Essa corrente se fundamenta, dentre outras, na tese de Georgescu-Roegen, que afirma que “o processo econômico, do ponto de vista puramente físico, não faz mais do que transformar recursos naturais de valor (baixa entropia) em resíduos (alta entropia)” (2012, p. 62). Portanto, a produção econômica é, no fundo, uma transformação entrópica.

Ao tentar reavaliar os modos de produção, Tiezzi (1988) adverte sobre a necessidade de se construir uma nova cultura, onde os nexos entre o desenvolvimento social e o ecologismo sejam postos em foco. Isso porque, em função do desconhecimento ou desconsideração de grandes leis da física — como os rendimentos energéticos e a entropia, e também, muitos princípios básicos da biologia, da evolução e da genética —, isso faz com que os modos de produção vigentes sustentem uma cultura que desperdiça recursos, destrói o meio ambiente e desrespeita as futuras gerações.

Tiezzi demonstra a relação entre três potenciais crises contemporâneas (ambiental, energética e econômica), ao argumentar que “a crise ambiental e a crise energética são frutos de opções equivocadas do sistema produtivo e do sistema econômico” (1988, p. 13). Sendo assim, a energia é o ponto chave para se entender essas interações, pois “um sistema baseado em energias não renováveis catalisa uma série de reações em cadeia que levam, inevitavelmente, à destruição do meio ambiente, à exaustão dos recursos naturais e, em última análise, à crise econômica” (TIEZZI, 1988, p. 13). Esse entendimento se dá considerando que o crescimento econômico é resultante de uma série de interações e mudanças nas estruturas produtivas, tecnológicas e sociais de uma economia, ou seja, há limites

para o desenvolvimento e o crescimento material. A esse respeito, ainda que tratando sobre a relação entre a QV e o DS/SA, Marques e Machado (2014) discutem sobre questões energéticas associadas às limitações impostas pela segunda lei da termodinâmica, como esquematizado na Figura 3.

Figura 3: Modelo para a Sustentabilidade Ambiental inspirado nos sistemas ecológicos



Fonte: Marques e Machado (2014)

Essa figura traz um esquema que representa o sistema desenvolvido pela atividade humana na Terra ao longo dos anos, pelo progresso da civilização baseada no aumento do uso de tecnologia, o que transformou a superfície do planeta. Os autores descrevem três grandes componentes: a Ecosfera (que representa a natureza ainda não transformada pelo ser humano) e dois componentes artificiais, a Tecnosfera (constituída por dispositivos inventados pelo homem, como máquinas e subsistemas para fazer tais dispositivos, a exemplo das fábricas), e a Antroposfera (que representa os lugares onde os humanos vivem/utilizam, como cidades, estradas, etc.). A interligação entre esses

dois últimos compartimentos resulta no que os autores chamam de Antropotecnosfera. Os recursos naturais (energia e materiais) são extraídos da biosfera para serem utilizados na Tecnosfera, e logo, fazer objetos artificiais utilizados por seres humanos na Antroposfera, a fim de melhorar sua qualidade de vida. Por outro lado, os poluentes e os resíduos provenientes de atividades antrópicas na Antropotecnosfera são, inevitavelmente, descarregados na Ecosfera (MARQUES; MACHADO, 2014). Essa representação demonstra aquilo que Tiezzi (1988) evidenciava, ou seja, as relações existentes entre as três crises: ecológica, energética e econômica.

Léna (2012), por sua vez, chama a atenção para o fato de que não se pode crescer infinitamente em um planeta que é finito — dada suas limitações materiais e energéticas —, e que o modo de se relacionar com o meio ambiente, com base em processos econômicos insustentáveis, é um movimento contraditório e que se dispõe de pouco tempo para que seja possível reverter tal situação.

É latente que as questões acerca do ambiente têm crescido nos últimos anos, o que tem contribuído, em certa medida, para o aumento da conscientização da crise ambiental e das reivindicações por novas posturas políticas, sociais e econômicas. A nosso ver, a crise apresenta-se como um evento inerente ao modo de produção capitalista, de modo que a sociedade precisa buscar modelos alternativos de desenvolvimento que levem em consideração a indispensável proteção ambiental, e ainda com o modo de produção coletivista. Aspectos que não penaliza pouco e afronta a sua lógica maior: o lucro a qualquer custo.

A partir da segunda metade do século XX, o discurso ecológico — como consequência da preocupação com a proteção e os cuidados com o ambiente natural — passou a se articular, transformando-se em um dos movimentos ambientalistas de maior influência. No início da década de 1970 surgiram os primeiros fóruns e documentos internacionais sobre o problema do impacto das ações antrópicas no meio ambiente, a exemplo do Clube de Roma, da criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), além de muitas convenções, tratados e relatórios voltados para o tema. Portanto, foi a partir dessa década que o ambientalismo alcançou maior expressão, ampliando-se e tornando mais visível o profundo impacto ambiental que a atividade produtiva estava gerando, e com isso, ocorreu o surgimento e crescimento de processos que constituem os movimentos ambientalistas globais, dentre eles:

Organizações e grupos que lutam pela proteção ambiental; agências governamentais encarregadas desta proteção; grupos de cientistas que pesquisam os temas ambientais; gestão de recursos e processos produtivos, em algumas empresas, voltada a eficiência energética, redução da poluição; e, de suma relevância, demandadores de produtos caracterizados como “verdes” no mercado (MONTIBELLER-FILHO, 2008, p. 42).

Em decorrência disso, princípios expressos em atas e cartas, e que serviram de base para a legislação ambiental, foram instituídos através de congressos internacionais, tendo como premissa a busca pelo desenvolvimento econômico para a melhoria social, mas com a tutela ambiental. A principal conferência sobre o meio ambiente, nesse período, que evidenciou, inclusive, a preocupação do sistema político com as questões ambientais, foi a Conferência de Estocolmo¹⁶, ocorrida em 1972, em Estocolmo, na Suécia, nomeadamente Conferência da Organização das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano. É considerada um marco histórico-político internacional, decisivo para o surgimento de políticas de gerenciamento ambiental (ALMEIDA, 2002), pois estabeleceu princípios para questões ambientais internacionais, incluindo direitos humanos, gestão de recursos naturais, prevenção da poluição e relação entre ambiente e desenvolvimento, estendendo-se até a necessidade de se abolir as armas de destruição em massa. A conferência também levou à elaboração do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (MORADILLO; OKI, 2004).

A década de 1980 também foi marcada por uma série de conferências mundiais sobre o Meio Ambiente, tendo, como momento proeminente, o ano de 1983, quando a Assembleia Geral das Nações Unidas sugeriu a criação da Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento (CMMAD), cujo objetivo era elaborar um relatório a respeito do Desenvolvimento e do Meio Ambiente, em termos mundiais.

Grande parte das discussões geradas em função do desenvolvimento socioeconômico e ambiental configurou uma estratégia que resultou, em 1987, na publicação do documento *Nosso futuro comum*, também conhecido como Relatório Brundtland¹⁷,

¹⁶ A Conferência de Estocolmo contou com a presença de representantes de 113 países, 250 organizações não governamentais e dos organismos da Organização das Nações Unidas.

¹⁷ Assim definido em homenagem à presidente da comissão, Gro Harlem

elaborado pela CMMAD, considerado um dos mais importantes sobre a questão ambiental e o desenvolvimento dos últimos anos. Trata-se de um relatório da ONU sobre a SA do planeta (WCED, 1987), um marco institucional que serviu de referência a muitos estudos acadêmicos e ações governamentais nessa perspectiva. Brüseke comenta que:

O relatório parte de uma visão complexa das causas dos problemas socioeconômicos e ecológico da sociedade global. Ele sublinha a interligação entre economia, tecnologia, sociedade e política e chama também atenção para uma nova postura ética, caracterizada pela responsabilidade tanto entre as gerações quanto entre os membros contemporâneos da sociedade atual (BRÜSEKE, 2003, p. 33).

O documento apontou a incompatibilidade entre a DS e os padrões de produção e consumo da época. O relatório, que pela primeira vez definiu o conceito de DS, não sugeriu a estagnação do crescimento econômico, mas sua conciliação com as questões ambientais e sociais, com princípio de integrar a conservação da natureza e desenvolvimento, de modo a satisfazer as necessidades humanas fundamentais, mantendo a integridade ecológica e respeitando a diversidade cultural e a autodeterminação social. Enfatizou ainda os perigos do aquecimento global e da destruição da camada de ozônio, afirmando que a velocidade das mudanças era maior do que a capacidade dos cientistas de avaliá-las e propor soluções (WCED, 1987).

O conceito ou ideia-força de DS elaborado no Relatório Brundtland faz referência ao meio ambiente e à conservação dos recursos naturais, com vistas a diminuir os impactos gerados pelo aumento do consumo e do crescimento da economia, como uma possível solução para os problemas ambientais e sociais enfrentados pelo mundo, e acentua a busca e a luta para adoção de um novo “paradigma

Brundtland, então primeira ministra da Noruega. Nascida em Oslo, em 20 de abril de 1939, foi a primeira mulher a chefiar um governo na Noruega (foi primeira-ministra aos 42 anos em 1981, e entre 1986 e 1996) e um partido político (o Socialdemocrata dos Trabalhadores, de 1981 a 1992). Foi também ministra do Meio Ambiente, aos 35 anos (1974), e a primeira médica a assumir a direção-geral da Organização Mundial da Saúde (1988-2003). Informações disponíveis em: www.ideiasustentavel.com.br/2007/12/vida-solidaria-a-fada-madrinha-da-sustentabilidade. Acesso em: 19 dez. 2014.

ambiental” para condicionar o desenvolvimento econômico e social; algo que vem permeando muitas pesquisas e publicações, além da agenda política do mundo contemporâneo. Os princípios do DS estão na base da Agenda 21 Global, documento aprovado por mais de 170 países durante a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio-92, realizada no Rio de Janeiro, em 1992.

Na década de 1990 já havia certo consenso mundial sobre a necessidade de se preservar o meio ambiente, o que, de acordo com Montibeller-Filho (2008), marca a entrada do setor empresarial nas discussões, em vista do interesse acerca do emergente mercado verde que valorizava ou impunha ao produtor o cuidado ambiental. Dias (2010) comenta também que, nesse período, a questão ambiental era tida como *prioridade na agenda global*, devido ao grau de insustentabilidade planetária.

Diversos foram os encontros, convenções e conferências que debateram questões globais em busca de soluções para os problemas de ordem ambiental que afligem o planeta. A descrição de cada um desses eventos pode ser encontrada facilmente na literatura¹⁸. Evitando relatá-los, mas não excluindo sua importância para a gênese do DS, apresentamos uma tabela, extraída de Dias (2010), na qual constam os resumos de alguns dos principais acontecimentos envolvendo essa temática.

¹⁸ No documento intitulado “Perspectivas do Meio Ambiente Mundial – 2002 GEO 3”, terceiro relatório das Nações Unidas para o Meio Ambiente, publicado em 2002 pelo PNUMA e em 2004 pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e Universidade Livre da Mata Atlântica (UMA), há uma descrição detalhada dos encontros, convenções, eventos, publicações, entre outros importantes aspectos acerca dos principais acontecimentos mundiais sobre o meio ambiente. O documento se encontra disponível em: www.wwiUma.org.br/geo_mundial_arquivos/index.htm. Acesso em: 09 fev. 2015. Para saber mais sobre o panorama ambiental global (GEO), conferir o site do PNUMA: www.unep.org/portuguese/geo/About.asp.

Tabela 6: Resumo de alguns dos principais acontecimentos relacionados ao Desenvolvimento Sustentável (1962-2012)

(continua)

Ano	Acontecimento	Observação
1962	Publicação de <i>Primavera Silenciosa</i> (<i>Silent Spring</i>)	Livro publicado por Rachel Carson que teve grande repercussão na opinião pública, expondo os perigos do inseticida DDT.
1968	Criação do Clube de Roma	Organização informal cujo objetivo era promover o entendimento dos componentes variados, mas interdependentes – econômicos, políticos, naturais e sociais –, que formam o sistema global.
1968	Conferência da Unesco sobre a conservação e o uso racional dos recursos da biosfera	Nessa reunião, em Paris, foram lançadas as bases para a criação do Programa: Homem e a Biosfera (MAB).
1971	Criação do Programa MSB da UNESCO	Programa de pesquisa no campo das Ciências Naturais e sociais para a conservação da biodiversidade e para a melhoria das relações entre o homem e o meio ambiente.
1972	Publicação do livro <i>Os limites do crescimento</i>	Informe apresentado pelo Clube de Roma que advertia que as tendências que imperavam até então conduziram a uma escassez catastrófica dos recursos naturais e a níveis perigosos de contaminação em um prazo de 100 anos.
1972	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo, Suécia	A primeira manifestação dos governos de todo o mundo com as consequências da economia sobre o meio ambiente. Participaram 113 estados-membros da ONU. Um dos resultados do evento foi a criação do Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (PNUMA).
1980	I Estratégia Mundial para a Conservação	A IUCN, com a colaboração do PNUMA e do World Wildlife Fund (WWF), adota um plano de longo prazo para conservar os recursos biológicos do planeta. No documento aparece pela primeira vez o conceito de “desenvolvimento sustentável”.
1983	É formada pela ONU a Comissão sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD)	Presidida pela Primeira-Ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, tinha como objetivo examinar as relações entre o meio ambiente e o desenvolvimento e apresentar propostas viáveis.
1987	É publicado o informe Brundtland, da CMMAD, o “Nosso Futuro Comum”	Um dos mais importantes sobre a questão ambiental e o desenvolvimento. Vincula estreitamente economia e ecologia e estabelece o eixo em torno do qual se deve discutir o desenvolvimento, formalizando o conceito de desenvolvimento sustentável.

Tabela 6: Resumo de alguns dos principais acontecimentos relacionados ao Desenvolvimento Sustentável (1962-2012)

(continuação)

1991	II Estratégia Mundial para a Conservação: "Cuidando da Terra"	Documento conjunto do IUCN, PNUMA e WWF, mais abrangente que o formulado anteriormente; baseado no Informe Brundtland, preconiza o reforço dos níveis políticos e sociais para a construção de uma sociedade mais sustentável.
1992	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ou Cúpula da Terra	Realizada no Rio de Janeiro, constitui-se no mais importante foro mundial já realizado. Abordou novas perspectivas globais e de integração da questão ambiental planetária e definiu mais concretamente o modelo de desenvolvimento sustentável. Participaram 170 Estados, que aprovaram a Declaração do Rio, e mais quatro documentos, entre os quais, a Agenda 21. Agenda 21: é um programa de ação, baseado em um documento de 40 capítulos, que se constitui na mais ousada e abrangente tentativa já realizada de se promover, em escala planetária, um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.
1997	Rio + 5	Realizado em Nova Iorque, teve como objetivo analisar a implementação do Programa da Agenda 21.
1997	Protocolo de Kyoto	Visa combater o aquecimento global que causa o efeito estufa.
2000	I Foro Mundial de âmbito Ministerial – Malmo (Suécia)	Teve como resultado a aprovação da Declaração de Malmo, que examina as novas questões ambientais para o século XXI e adota compromissos no sentido de contribuir mais efetivamente para o desenvolvimento sustentável.
2002	Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável – Rio + 10	Realizada em Johannesburgo, o encontro procurou examinar o alcance das metas estabelecidas pela Conferência do Rio-92, servindo para que os estados reiterassem seu compromisso com os princípios do desenvolvimento sustentável.
2005	Protocolo de Kyoto	O Protocolo de Kyoto entra em vigor, obrigando países desenvolvidos a reduzir os gases que provocam o efeito estufa e estabelecendo o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo para os países em desenvolvimento.
2007	Relatório do Painel das Mudanças Climáticas	O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) divulga seu mais bombástico relatório, apontando as consequências do aquecimento global até 2100, caso os seres humanos nada façam para impedi-lo.

Tabela 6: Resumo de alguns dos principais acontecimentos relacionados ao Desenvolvimento Sustentável (1962-2012)

		(conclusão)
2009	Substituição do Protocolo de Kyoto. Acordo de Copenhague (Dinamarca) Convenção sobre Mudança Climática das Nações Unidas (UNFCCC, na sigla em inglês).	Conferência da ONU sobre mudanças climáticas: 120 chefes de Estado e de Governo.
2012	Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio +20)	Foi uma das maiores conferências convocadas pelas Nações Unidas, e iniciou uma nova era para implementar o desenvolvimento sustentável. Foi ainda uma oportunidade para o mundo se concentrar em questões de sustentabilidade, para examinar ideias e criar soluções. Nela foi elaborado um documento com 53 páginas, acordado por 188 países, que dita o caminho para a cooperação internacional sobre DS.

Fonte: Extraído e adaptado de DIAS (2010, p. 35-37)

Os eventos/acometimentos aqui citados apresentam propostas para se solucionar ou amenizar os problemas ainda vigentes na atualidade.

Dentre eles, destacamos que, embora a publicação de *Silent Spring*, de Rachel Carson (1962), tenha impulsionado os debates internacionais para a consolidação da problemática ambiental em escala global, é preciso reconhecer que o relatório realizado pelo MIT (Instituto Tecnológico de Massachussets), sob encomenda do Clube de Roma, “Os limites do crescimento”, e os documentos âncoras da Conferência de Estocolmo, tiveram especial importância para a problemática ambiental, sobretudo pela imensa divulgação internacional que acabou por colocar a questão ambiental na agenda política mundial (OLIVEIRA, 2012). Esse documento tinha como principal proposta parar o crescimento econômico e populacional, porém, tal ideia-força era dificilmente aceitável, tanto do ponto de vista econômico quanto do político, principalmente em um curto prazo.

Oliveira (2012) ainda comenta que, nesse período, mesmo não existindo o termo “desenvolvimento sustentável”, é possível considerar que a união entre *desenvolvimento* e *sustentabilidade* estava sendo desenhada, como sinalizou Meadows, ao afirmar que “medidas

tecnológicas são acrescentadas às políticas que regulam o crescimento do processamento anterior, com o fim de produzir um estado de equilíbrio que seja sustentável em um futuro longínquo” (1973, p. 162).

De acordo com a compreensão de Oliveira (2012), é perceptível que preocupações com o “equilíbrio” e o “futuro”, presentes em alguns debates que apenas se consolidaram ao longo da década de 1980, e que nortearam documentos ambientais propostos pela ONU, especialmente o “Nosso Futuro Comum” e a Agenda 21, assinada durante a Rio-92, são antecipadas em “Os Limites do Crescimento”.

A publicação de Oliveira é bastante interessante, pois dentro da discussão apresentada, busca fazer uma interlocução entre os preceitos, definições e objetivos dos dois documentos: “Nosso Futuro Comum” e “Os Limites do Crescimento”. Apresentamos, a seguir, um quadro síntese, extraído de um de seus textos.

Quadro 2: Comparativo entre as premissas de “Os Limites do Crescimento” e o “Relatório Brundtland”

(continua)

OS LIMITES DO CRESCIMENTO (RELATÓRIO MEADOWS, 1968-1972)	NOSSO FUTURO COMUM (RELATÓRIO BRUNDTLAND, 1983-1987)
Construído por uma equipe de pesquisadores do MIT (Instituto Tecnológico de Massachussets), sob encomenda do Clube de Roma	Construído por uma comissão da ONU composta por membros de múltiplas nacionalidades (oriundos de nações centrais e periféricas), presidida pela ex-primeira ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland
Égide do <i>welfare state</i> [ainda que em vias de crise]	Hegemonia do neoliberalismo econômico
Momento de incertezas ambientais, com a crise ambiental ainda no obscurantismo	Momento de busca de “pseudo”-soluções, com a crise ambiental alçada à condição de “modismo”
Tom pessimista, com descrença nas perspectivas de solução dos problemas ambientais	Tom otimista e proposta de capilarização do desenvolvimento sustentável como solução incontestada dos problemas ambientais
Crescimento Zero: o desenvolvimento deveria ser desacelerado, pois o crescimento econômico apresentava limites próximos	Desenvolvimento Sustentável: aceleração do desenvolvimento, destacadamente o tecnológico com base em “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo”
Neomalthusianismo, onde o aumento da população colocaria em risco a satisfação das necessidades imediatas e a própria sobrevivência humana	Uso do termo necessidade como imbróglio ideológico, e constituição de um conflito imaginário entre as gerações presente e futura

Quadro 2: Comparativo entre as premissas de “Os Limites do Crescimento” e o “Relatório Brundtland”

(conclusão)

Clareza de ideias, com base no Positivismo Lógico	Ideias vagas, improficuas e difusas, com base em noções de inter e transdisciplinaridade
Ordem Mundial da Guerra Fria, em um mundo bipolar (EUA x URSS), com base no poder bélico-militar e na massiva beligerância ideológica entre Capitalismo e Socialismo (“real”)	“Des”Ordem Mundial da Globalização, em um mundo economicamente multipolar (EUA, União Europeia, Japão e China) e militarmente unipolar (EUA – Novo Imperialismo), com base no domínio ideológico do “ <i>american way-of-life</i> ” e na multiplicação dos meios de informação

Fonte: OLIVEIRA (2011).

O autor comenta que esse quadro pode demonstrar algumas vicissitudes entre os dois documentos, facilitando a percepção das marcantes diferenças entre os relatórios quanto à origem e natureza das ideias, ao contexto histórico e geopolítico, e ainda, às indicações promulgadas, sendo que ambos tiveram profunda importância para as conferências que ocorreram na sequência: “Os Limites do Crescimento”, na de Estocolmo, em 1972; e “Nosso Futuro Comum”, na do Rio de Janeiro, em 1992 (OLIVEIRA, 2012). Os dois documentos ainda se apresentam como uma leitura importante para a compreensão da problemática ambiental contemporânea.

No que diz respeito aos problemas ambientais, partilhamos do entendimento de Borinelli (2011), quando argumenta serem decorrentes os desequilíbrios entre os seres humanos e suas necessidades/possibilidades de adaptação ao meio biótico e abiótico, mediados por relações sociais e históricas. Mas, em certo grau e medida, são uma consequência da intervenção antrópica nos diferentes ecossistemas, e de modo predominantemente irreversível. Esses desequilíbrios são causados por meio do uso indiscriminado, do esgotamento e da contaminação dos recursos naturais. Desta maneira, os problemas ambientais emergem de uma contradição entre o ritmo dos ciclos biogeoquímicos e de produção humana, com seus respectivos níveis de depredação e contaminação (TOMMASINO; FOLADORI; TAKS, 2001).

A problemática ambiental induz a processos mais complexos do conhecimento, para apreender os processos materiais que configuram o campo das relações sociedade-natureza. Leff (2000) reconhece que os problemas ambientais são sistemas nos quais intervêm processos de

diferentes racionalidades, ordens de materialidade e escalas espaço-temporais, razão pela qual seu conhecimento demanda uma abordagem holística, pois,

[...] passou-se da noção de ambiente que considera essencialmente os aspectos biológicos e físicos, a uma concepção mais ampla, que dá lugar às questões econômicas e socioculturais, reconhecendo que, se os aspectos biológicos e físicos constituem a base natural do ambiente humano, as dimensões socioculturais e econômicas definem as orientações conceituais, os instrumentos técnicos e os comportamentos práticos que permitem ao homem compreender e utilizar melhor os recursos da biosfera para a satisfação de suas necessidades (LEFF, 2000, p. 21).

Quando assim compreendidos, os problemas ambientais não se resumem aos danos causados ao meio biofísico, mas se estendem às relações entre concepções políticas, históricas, educacionais, éticas e sociais.

A título de exemplo, expomos alguns dos principais problemas ambientais, apresentados pelo Programa das Nações Unidas para o Ambiente (2011) (UNEP)¹⁹, destacando: os desmatamentos (que causam erosão, diminuem a produtividade do solo, resultam na perda da biodiversidade e do assoreamento dos rios); a poluição da água (ocasionada principalmente pelo descarte indevido de esgoto doméstico e industrial), do ar e do solo (provocada pelas emissões atmosféricas através da queima de combustíveis fósseis, pela disposição inadequada de resíduos, além da contaminação por herbicidas e pesticidas); o rápido crescimento demográfico e a urbanização acelerada (que associados ao desenvolvimento tecnológico, aceleram a pressão sobre os sistemas e recursos naturais, trazendo mais impactos ambientais, devido ao aumento na produção industrial e nos padrões de consumo, demandando, assim maiores recursos, energia e infraestrutura, além de criarem problemas complexos de caráter ambiental, econômico e principalmente social); a produção de alimentos e a agricultura (pelo grande consumo de energia, de pesticidas e de fertilizantes); a falta de saneamento básico; a alteração global do clima (causada pelo aumento

¹⁹ Para maiores informações: www.unep.org. Acesso em: 15 dez. 2014.

da concentração dos gases do efeito estufa na troposfera terrestre e de partículas de poluentes — fenômeno conhecido como aquecimento global); e o aumento progressivo das necessidades energéticas (devido ao crescimento populacional, urbanização e crescente desenvolvimento tecnológico), entre outros.

Em síntese, além dos danos localizados causados pela poluição, decorrentes basicamente do processo de industrialização (como o desmatamento e a degradação dos recursos), uma série de outros problemas, que não reconhecem fronteiras (como a destruição da camada de ozônio, o aquecimento global e os vazamentos nucleares), o transporte e a produção de energia, assumem dimensões planetárias.

Neste cenário, é preciso considerar que o desenvolvimento de algumas atividades químicas e a elaboração de certos produtos da Indústria Química oferecem riscos e podem causar danos ao ambiente. Algumas substâncias químicas colocam o meio ambiente e a saúde humana em risco por causa de suas propriedades perigosas intrínsecas, tanto que um dos capítulos apresentados no “Relatório Brundtland” (WCED, 1987) dedica-se a discutir os impactos negativos da Química no ambiente.

A Comissão relata que é cada vez mais evidente que as origens e causas da poluição são difusas, complexas e inter-relacionadas, e que os problemas, que antes eram localizados, agora se apresentam em escalas regionais e globais. Dado a demanda e produção de agentes químicos no/para o mercado, visando reduzir riscos associados ao uso e produção de certos produtos químicos, alguns cuidados são recomendados pela comissão, particularmente aos países produtores de substâncias químicas:

- Que cuidem para que nenhum novo produto químico seja colocado nos mercados internacionais até que seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente tenham sido testados e avaliados;
- Que continuem se esforçando para obter um acordo internacional sobre a seleção dos produtos químicos existentes que merecem testagem prioritária, sobre os critérios e procedimentos para a avaliação desses produtos, e sobre um sistema de distribuição internacional das tarefas e recursos necessários;
- Que regulamentem rigorosamente as exportações, para os países em desenvolvimento, dos produtos químicos para os quais não se tentou

ou não se obteve autorização para venda interna, estendendo aos mesmos as exigências de informações e notificações prévias;

- Que apoiem a criação, nas organizações regionais existentes, de departamentos qualificados para receber tais informações e notificações prévias, avaliá-las e advertir os governos regionais sobre os riscos associados ao uso desses produtos químicos, a fim de que cada governo pondere sobre os riscos e benefícios que possa advir de sua importação (CMMA, 1991, p. 252).

Embora Marques e Machado (2014) comentem que essas recomendações sejam apenas gerais para lidar com produtos químicos, dado o contexto histórico do estudo realizado pela Comissão, desenvolvido logo após o surgimento dos movimentos ambientalistas modernos, os autores reconhecem sua influência e implicações sobre o surgimento da filosofia da Química Verde, pois consideradas as orientações apresentadas e recomendadas pelo “Relatório Brundtland”, passa-se a olhar a produção de produtos químicos de outra maneira, buscando minimizar os danos ao ambiente.

Para Galembeck e colaboradores (2007), é preciso reconhecer que, na atualidade, se tem “investido intensamente em equipamentos de controle, em novos sistemas gerenciais e em processos tecnológicos visando à redução dos riscos de acidentes” (GALEMBECK *et al.*; 2007, p. 1417).

Segundo Demajorovic (2000), a indústria química é um dos setores mais dinâmicos e vitais de qualquer economia, pois gera produtos amplamente demandados por consumidores e uma infinidade de insumos intermediários utilizados por outras indústrias em seus processos de produção. Machado (2012a) comenta que o progresso na realização da química em larga escala (Química Industrial), ao longo do século XX, teve dois tipos de consequências muito diferentes:

(i) por um lado, desempenhou um papel fulcral no desenvolvimento da civilização, contribuindo decisivamente para a melhoria das condições de vida dos seres humanos – permitiu grandes avanços na alimentação, habitação, saúde, transportes, etc.;

(ii) por outro, foi responsável pela deterioração generalizada do ambiente, embora não tenha sido o único culpado – a responsabilidade é compartilhada por muitas das outras atividades industriais, incluindo a agricultura intensiva, e pela produção de energia: a produção da energia elétrica a partir do carvão e o desenvolvimento dos transportes com base nos combustíveis líquidos derivados do petróleo, isto é, a utilização intensiva dos combustíveis fósseis, tiveram uma contribuição brutal para a destruição do ambiente (MACHADO, 2012, p. 4).

A essas observações, acrescentamos que, apesar de contribuir para o avanço econômico e para o desenvolvimento de um país, a Indústria Química também provoca inúmeros inconvenientes²⁰, como a geração de subprodutos tóxicos, a contaminação do ambiente, a produção de grandes volumes de efluentes tóxicos gerados por vários processos químicos, etc. Machado (2012a) relata ainda que há um problema generalizado de impacto ambiental nocivo, causado pelas substâncias químicas produzidas artificialmente, além dos poluentes resultantes do uso dos combustíveis fósseis, que, nos tempos que correm, não podem ser ignorados ou menosprezados pela própria Química, tampouco pela sociedade em geral.

A crise, portanto, não é do ambiente, mas do modo de produção/reprodução da vida, sendo que a química é um meio de transformação material para “ajudar” esse sistema de produção quanto às condições de vida. Logo, se esse sistema está provocando uma crise (ambiental), a Química precisa ser reformatada e revista, e logo, evoluir para uma Química Verde.

É preciso considerar, por exemplo, que a necessidade de redução/eliminação do uso de produtos e insumos químicos nocivos força a busca por alternativas a substâncias e processos químicos clássicos, visando a mudanças nas práticas tradicionais de produção.

²⁰ Essa afirmação leva a, pelo menos, duas possíveis interpretações: uma delas é inerente à própria Química e suas atividades (transformações irreversíveis e processo não limpos), enquanto a outra é de natureza ética (legislação branda, lucro fácil, entre outros). Ressalta-se que, neste trabalho, reconhecem-se as limitações impostas pela segunda lei da termodinâmica, que trata do papel da Química na incorporação de critérios ambientais no modo de pensar e produzir essa ciência.

Esse entendimento pode associar-se à percepção e ao enfretamento do que Fleck (2010) chama de **complicação** no EP vigente. De acordo com o autor, *complicações* são problemas que não podem ser resolvidos, em um dado momento histórico, pois ainda não há conhecimentos disponíveis para sua solução (FLECK, 2010).

Lorenzetti e Delizoicov comentam que a consciência da complicação “ocorre quando o Coletivo de Pensamento passa a ter compreensão dos problemas e incongruências não solucionadas pelo EP que compartilham, o que contribui para a transformação e instauração de um novo EP” (2009, p. 10). No caso desta investigação, a consciência da complicação está associada ao momento em que os químicos percebem a necessidade de evoluir a maneira como desenvolvem suas atividades, superando a forma clássica, e historicamente construída, sobre as atividades científico-tecnológicas e de produção da Química (ou seja, aquela de costas para o ambiente), buscando superar algumas lacunas relativas à inserção e articulação da temática ambiental, inclusive no ensino dessa ciência.

Deste modo, a urgência na mudança da relação antrópica com os recursos naturais (principalmente de ordem não-renovável) e a imprescindibilidade do avanço para sistemas mais sustentáveis de produção e consumo, por exemplo, são resultantes da necessidade de superação dos paradigmas do risco e da diluição²¹, no desenvolvimento da Química. Tais mudanças refletem em trajetórias que estão se movendo na direção de uma Química mais sustentável, a partir da evolução dos conhecimentos, e da filosofia da Química Verde, caracterizando a transformação e instauração de um estilo de pensamento, compartilhado pelo coletivo dos químicos verdes.

A esse respeito, Sangiogo e Marques (2012), com base em Fleck, mencionam que as complicações, ao auxiliarem na instauração, extensão e transformação de EPs, possibilitam um melhor entendimento de elementos que constituem a teoria da gênese do conhecimento ou de um fato científico, e ainda ressaltam que:

A instauração, extensão ou transformação de conhecimentos e práticas está imbricada à necessidade de se tomar consciência, de haver a complicação sobre e de conhecimentos e práticas já estabelecidas ou que estão em construção. Após

²¹ Os conceitos de paradigma de risco e de diluição serão apresentados e discutidos na sequência.

essa consciência da complicação, a exemplo da compreensão de que determinado EP não dá conta de responder um problema, **a circulação intercoletiva assume papel importante na construção do novo EP** que está intrinsecamente relacionado ao conjunto de conhecimentos e práticas do sujeito/estudante (SANGIOGO; MARQUES, 2012, p. 7, grifo nosso).

O exposto pelos autores reforça a justificativa e também a importância de se estudar a circulação de conhecimentos e práticas envolvendo a Química Verde, em teses e dissertações (nas áreas de interesse), principal objetivo desta tese de doutorado. Analisar o que vem sendo produzido, no âmbito da PPG, pode ajudar a compreender quais complicações são percebidas pelo coletivo dos químicos, de que maneira isso influencia na produção do(s) conhecimento(s) em QV, e também, em que medida favorecem seu ensino e a formação de professores de Química.

Cumprir notar que a Química tem buscado colaborar, em maior ou menor grau, com a melhoria dos processos e produtos industriais e o devido saneamento e monitoramento ambiental. Para tanto, como veremos a seguir, guia-se pelos princípios da preservação ambiental e da prevenção de danos ao ambiente, de modo que suas atividades podem ser repensadas e a variável ambiental inserida em suas práticas e estudos. Todavia, essas iniciativas parecem estar muito aquém das necessidades socioambientais e das possibilidades dos padrões técnico-científicos pela Química até então desenvolvidos.

2.2 DIMENSÃO AMBIENTAL NO ÂMBITO DA QUÍMICA: INDÍCIOS DA CONSCIÊNCIA DE COMPLICAÇÕES E SEU ENFRENTAMENTO NO COLETIVO DOS QUÍMICOS

A Química é uma área das ciências naturais que estuda a composição, a estrutura, as propriedades e as transformações de materiais e substâncias, podendo ser direcionada para aplicações práticas, visto que fornece à sociedade um largo espectro de produtos, os quais possibilitam o desenvolvimento da economia e a melhoria da qualidade de vida. Contudo, também pode/deve contribuir para gerar e/ou minimizar a degradação ambiental. Parece inquestionável a presença dos produtos químicos em nosso dia a dia, seja de forma direta, através de produtos farmacêuticos, fertilizantes, tintas, plásticos e

borrachas, seja de forma indireta, a partir de insumos na indústria têxtil, automobilística e eletrônica, por exemplo.

Johnson afirma que a indústria química transformou profundamente as relações dos seres humanos com o mundo natural, pois criou a dependência dos indivíduos por produtos químicos sintéticos:

As pessoas vestem roupas de náilon e poliéster ou a mistura desses com fibras naturais. Suas casas são forradas com carpetes de lã e uma mistura de náilon, a cozinha com folhas de vinil (...) os móveis são de madeira recobertos de verniz (...) o carro conserva o metal em sua estrutura, mas seu interior é de vinil (...) os pesticidas sintéticos controlam a produção agrícola do plantio à estocagem (...) milhares de produtos químicos de limpeza se espalham nos supermercados. É realmente uma era química (...) período em que os sintéticos químicos ocuparam um lugar dominante na nossa economia e no dia-a-dia (JOHNSON, 1998, p. 153).

Associado a isso, Demajorovic (2000) reconhece que vivemos em uma era química, na qual o desenvolvimento de pesquisas em busca de novas substâncias químicas, desde o século XIX, tem ocorrido devido à capacidade dessa ciência (ou seja, dos químicos) de continuamente se inovar.

É importante reiterar que as preocupações com a Química, suas atividades e processos industriais surgem a partir do grito de alerta dos movimentos ambientalistas das décadas de 1960-70. Nesse mesmo período ocorreu o lançamento do livro já citado, *Silent Spring* (*Primavera Silenciosa*), da bióloga Rachel Carson (1962), considerada a mais importante, ou então, a primeira obra publicada, que expôs os efeitos nocivos do uso indiscriminado de alguns produtos químicos, como o Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT). O livro tornou público o impacto da indústria química, ajudando a desencadear uma mudança de postura dos Estados Unidos, e de outros países do mundo, em relação aos pesticidas e poluentes. A denúncia se tornou um marco na revolução ambientalista e despertou um movimento acerca da consciência ecológica.

Em se tratando do papel da Química, partilhamos da opinião de Gonçalves, que argumenta que:

a Química tenha uma contribuição negativa na geração de problemas ambientais, há de se ponderar os esforços atuais de parte da comunidade científica para minimizar ou evitar problemas ambientais produzidos pelas atividades humanas que envolvem a Química (GONÇALVES, 2009, p. 5).

O reconhecimento, pela comunidade científica, sobre o agravamento da crise entre meio ambiente e sociedade, sugere a necessidade de reflexões sobre suas ações e os modos como compreende e desenvolve sua relação com o ambiente natural. Isso implica ainda em reflexões mais profundas, capazes de questionar as características de funcionamento de sua racionalidade predominante. No caso da Química, destacamos a necessidade de superação da *racionalidade técnica* — que se caracteriza, dentre outros aspectos, pela valorização da instrumentalidade técnica para a resolução dos problemas. A racionalidade técnica é herdada do positivismo e diz respeito à lógica racional, orientada pelos procedimentos técnicos, enquanto que a técnica responde a uma necessidade, demanda ou exigência histórica de um grupo ou de segmentos de uma estrutura social (WEBER, 2002). A atividade profissional é principalmente instrumental, técnica, com vistas à solução de problemas, mediante a aplicação de teorias e técnicas científicas. Nessa concepção, os desenvolvimentos científicos e tecnológicos estão associados a uma racionalização delineada por interesses capitalistas, tal qual uma relação de única dimensão. Por exemplo, as indústrias farmacêuticas (que utilizam procedimentos baseados nos conhecimentos e no uso de produtos químicos) priorizam pesquisas em medicamentos, em vez de enfatizar pesquisas sobre doenças.

Isso se associa ao que Chauí (2010) — fundamentada em alguns filósofos alemães da Escola de Frankfurt (dentre eles, Adorno, Marcuse e Horkheimer) — comenta sobre a racionalidade instrumental. Relata que a partir do momento que o sujeito toma a decisão de dominar, controlar e transformar a natureza, a razão se torna instrumental. Isso ocorre pelo não contentamento da ciência em simplesmente conhecer as coisas e os seres humanos, mas surge da necessidade da construção e aplicação artificial no mundo físico, biológico e humano, onde a “ciência vai deixando de ser uma forma de acesso aos conhecimentos

verdadeiros para tornar-se instrumento de dominação, poder e exploração” (CHAUI, 2010, p. 297).

Ao se pensar na lógica de atuação da indústria química, quando orientada apenas para a produtividade e o lucro (similar a de tantas outras organizações atuantes na sociedade industrial), percebe-se que esta se fundamenta no domínio proporcionado pela lógica da racionalidade técnica, facilitada pela ciência. Ao assumir as premissas máximas de uma racionalidade centrada em aspectos econômicos, orientadas pela ação racional técnica, acaba negando ou ignorando questões de caráter social e ambiental, notadamente vitais para a sobrevivência humana. Isso reflete na urgência do estabelecimento de um novo tipo de reflexão, pelos distintos grupos das sociedades, e especificamente, o coletivo dos químicos, que devem auxiliar na reestruturação dos sistemas de produção, com vias a um novo tipo de racionalidade, mais compatível com as necessidades de preservação do meio ambiente, fundamentado em princípios sustentáveis, o que, de certo modo, Thornton (2000) chama de paradigma ecológico.

A busca por essa nova racionalidade resulta em uma concepção conhecida como *racionalidade ambiental*, que trata de um conjunto de mudanças institucionais e sociais necessárias para conter os efeitos estabelecidos entre um passado eco-destruidor e um futuro sustentável (LEFF, 2006). Em sua compreensão, “surge assim, como um conjunto de processos de racionalização com diferentes instâncias de racionalidades que conferem legitimidade à tomada de decisões com respeito à transformação da natureza e do uso dos recursos” (LEFF, 2001, p. 134).

A construção de uma racionalidade ambiental (que incorpora um conjunto de critérios que deve nortear as decisões dos agentes sociais, orientar as políticas públicas, normatizar os processos de produção e consumo), implica na desconstrução da racionalidade predominante na sociedade, cujo foco centra-se exclusivamente nos resultados econômicos.

Essa nova racionalidade, compatível com os interesses de manutenção, preservação e prevenção de danos ambientais, ainda é pouco percebida na esfera da Química e suas atividades (técnicas, industriais ou de ensino). Essa maneira de desenvolver a ciência, que requer a instauração de uma nova ética na relação estabelecida entre o homem e o meio ambiente, de novos valores e novos fundamentos teóricos, de novos instrumentos e práticas, associa-se àquela definida pela filosofia da Química Verde, por exemplo.

Demonstrando a diversidade e a impossibilidade de uma lógica ambiental geral, vale destacar que a racionalidade produtiva proposta por Leff (2006) baseia-se na taxionomia de racionalidade estabelecida por Weber (1983), e constitui, na verdade, quatro racionalidades ambientais, a saber: (1) racionalidade ambiental substantiva (valores); (2) racionalidade ambiental teórica (conceitos, suporte, produção); (3) racionalidade ambiental técnica ou instrumental (vínculo social e material); (4) racionalidade ambiental cultural (significações, identidade e integridade) (FERNANDES; PONCHIROLI, 2011).

Em suma, a noção de racionalidade ambiental é um movimento contrário à razão baseada apenas no cálculo econômico como critério predominante da racionalidade social. Ela propõe a incorporação de normas ao comportamento econômico e a internalização das externalidades ambientais, ou seja, sugere que outros critérios sejam considerados, cujas ações, que visam construir um desenvolvimento equitativo e quiçá sustentável, devem ocorrer nos processos políticos, na legislação, nos procedimentos de gestão e nos processos educacionais, sociais e produtivos.

Há, portanto, a necessidade de se compreender melhor o que existe/define os discursos acerca do DS, o alcance de seus objetivos, das condições de possibilidades de seu alcance (ou não), além das limitações vinculadas a um estilo de pensar um DS. Esses aspectos serão apresentados e discutidos no item subsequente.

2.2.1 A busca da Sustentabilidade Ambiental nas Atividades Químicas

A conceituação de DS surgiu ao final do século XX para traduzir várias ideias e preocupações relacionadas aos efeitos deletérios ao planeta, advindos do crescimento econômico. Diante da percepção da crise ambiental global é que a ideia de sustentabilidade ganhou corpo e expressão política na adjetivação do termo desenvolvimento (NASCIMENTO, 2012a). Observa-se que hoje existe uma variedade de pesquisas e publicações sobre o assunto, que buscam uma maneira de entender e explicar a sustentabilidade, seja como processo ou produto final.

Associada ao modo como os problemas ambientais são avaliados, elaboraram-se distintas proposições sobre o DS. Dentre elas, a mais difundida e também muito criticada, (LAYRARGUES, 1998; HUESEMANN, 2003; LOUREIRO, 2012) encontra-se formulada no “Relatório Brundtland”, que define DS como “um processo que permite

satisfazer as necessidades da população atual sem comprometer a capacidade de atender as gerações futuras.” (WCED, 1987, p. 46).

Em termos gerais, o DS foi descrito, nesse documento, como uma tentativa de superar as limitações que a tecnologia e a organização social impõem sobre o meio ambiente, definindo objetivos que levassem em consideração variáveis econômicas e sociais. Para tanto, seria preciso a utilização consciente dos recursos renováveis e também dos não renováveis, a fim de não esgotá-los, e também, a conservação de espécies animais e vegetais, na tentativa de minimizar os impactos sobre a qualidade da água, do ar e outros elementos naturais, visando sempre às necessidades futuras. O conceito de DS, assim compreendido, além de vago, apresenta uma contradição, pois não deixa claro quais são as necessidades da geração presente, tampouco as do futuro. No entanto, é preciso considerar que, embora ainda esteja em construção, apresenta uma evolução histórica associada ao retrato da economia global, fruto das discussões realizadas nos movimentos ambientalistas mundiais.

Apesar de encontrarmos distintos entendimentos para esse conceito, o DS está ligado a preocupações como a qualidade ambiental, a pobreza, a equidade, a justiça, a segurança, o controle da população, etc., o que implica em uma mudança no funcionamento/organização da civilização (LIAO, 2012).

Sachs afirma que os adjetivos acrescentados ao termo desenvolvimento é que dão ênfase ao que deve ser priorizado. Para ele, o crescimento econômico está longe de resolver os problemas relacionados à crise ambiental, sendo que o desenvolvimento significa “a efetivação universal do conjunto dos direitos humanos, desde os políticos e cívicos, passando pelos direitos econômicos, sociais e culturais, e terminando nos direitos ditos coletivos, entre os quais está, por exemplo, o direito a um meio ambiente saudável” (2007, p. 22). Ele aponta três dimensões básicas, que objetivam a incorporação de posturas éticas e sociais como garantia de um possível desenvolvimento dito sustentável: a ideia de um tripé da sociedade — desenvolvimento socialmente incluyente, economicamente sustentado e ambientalmente sustentável. E é nessa última esfera que se situa a sustentabilidade ambiental, de acordo com Marques e Machado (2014).

Basiago (1995), ao discutir os diferentes usos, definições e domínios da sustentabilidade, defende que o conceito tem um caráter metodológico e que, como a definição é imprecisa, a palavra pode ser usada para descrever uma variedade de preocupações sociais. Por exemplo, do ponto de vista da biologia, a sustentabilidade está ligada à

conservação da diversidade biológica, enquanto que, no campo da economia, o conceito é usado por aqueles que defendem a contabilização dos recursos naturais.

Os autores Sartori, Latrônico e Campos (2014) relatam que não é por acaso que os conceitos de sustentabilidade e DS ainda são mal compreendidos, pois cada ciência tende a ver apenas um lado da equação, já que abordagens referentes a estratégias tomadas em busca da sustentabilidade (como produção mais limpa, controle da poluição, ecoeficiência, gestão ambiental, responsabilidade social, ecologia industrial, investimentos éticos, economia verde, eco-design, reuso, consumo sustentável, resíduos zero, por exemplo) dependem do campo de aplicação.

Muito comumente, os conceitos de DS e sustentabilidade são utilizados como sinônimos (MACHADO, 2010; SARTORI; LATRÔNICO; CAMPOS, 2014), conforme comentam Marques e Machado (2014), em pesquisa realizada no âmbito da Química. Os autores compartilham do entendimento expresso por Dovers e Handmer (1992), expondo que há uma diferença entre os dois conceitos, procurando distingui-los: “Desenvolvimento sustentável refere-se a um novo caminho de desenvolvimento da nossa atual civilização tecno-industrial adequado para alcançar o objetivo final, como um estado sustentável — a sustentabilidade.” (MARQUES; MACHADO, 2014, p. 04). Ou seja, o DS é um caminho a ser trilhado para o alcance da AS (e também da sustentabilidade social e econômica, por exemplo). Para tanto, deve existir um equilíbrio dinâmico, no qual a quantidade de recursos extraídos da natureza não ultrapasse o limite de sua capacidade de reposição, sendo o *equilíbrio* o cerne do conceito. Portanto, há uma relação de interdependência presumida entre um e outro, ainda que esses autores coloquem em dúvida o alcance biofísico de SA quando consideram as Leis da Termodinâmica.

Neste sentido, em um trabalho que elaboramos (ROLOFF *et al.*, 2014), expusemos as ideias de Georgescu-Roegen (2012), que argumenta que a problemática ambiental necessita ser interpretada à luz da Segunda Lei da Termodinâmica, a qual impõe limites físicos ao crescimento econômico. O autor critica a ideia de economia como sendo mera circulação de valores (e bens), desconsiderando que tanto o estoque quanto o fluxo material têm origem na ideia de natureza como sendo infinita. Sustenta que a fabricação de uma mercadoria exige a extração/uso de matérias-primas, em processos que modificam irreversivelmente a natureza, envolvendo diretamente a transformação de massa e energia, em um processo de degradação entrópica. A

matéria, ao passar de estados de baixa entropia para estados de alta entropia, o faz por meio de perda de energia útil, geralmente manifestada na forma de calor, portanto, mediante uma forma de energia irreversível e irrecuperável, a exergia. Sua tese é de que um equilíbrio entre economia e ambiente é fisicamente (termodinamicamente) impossível, mas o homem pode alterar sua relação com a natureza (o planeta), tornando-a durável no tempo histórico, e para a qual defende um programa bioeconômico. Nesse mesmo viés, Huesemann (2003), apoiado também na Segunda Lei da Termodinâmica, constata que não há como uma atividade humana (industrial) não produzir danos ao meio ambiente.

Dentro da complexidade que envolve a ideia-força do alcance da SA, a Química pode desempenhar um importante papel na incorporação de critérios ambientais no modo de pensar químico e no desenvolvimento de suas práticas. Afinal, se essa ciência é fortemente responsável pela degradação ambiental, além de emitir alertas sobre isso, representa também uma possibilidade de solucioná-la, ou então, evitá-la, agindo preventivamente — como preconiza a QV.

Uma das principais ações para minimizar o impacto ambiental causado pelas atividades industriais químicas é possível através do tratamento dos resíduos químicos — ainda que signifique apenas remediar o problema. Esse tipo de tratamento apresenta vantagens ambientais, mas o ideal seria a utilização de técnicas que reduzissem na fonte a geração de resíduos — passando, assim, a prevenir o problema (ROLOFF, 2011).

Para distinguir tais perspectivas (remediação e prevenção), nos baseamos na reflexão entre a *Química* e o *Ambiente*, apresentada por Machado (2004), na qual diferentes preposições podem ser utilizadas para exprimir a ligação entre esses dois termos, conforme expresso no quadro a seguir:

Quadro 3: Preposições para a ligação entre os termos Química e Ambiente

(continua)

QUÍMICA DO AMBIENTE	Estudo dos modos de existência das substâncias químicas no ambiente; dos processos de sua formação; de seu comportamento e mobilidade; das reações em que intervêm. Classicamente, restringia-se às substâncias naturais, sendo designada por Geoquímica.
QUÍMICA NO AMBIENTE	Similar à anterior, considera as substâncias lançadas no ambiente pela atividade humana, sobretudo aquela decorrente da Química Industrial. É trivialmente associada ao termo Química Ambiental.

Quadro 3: Preposições para a ligação entre os termos Química e Ambiente

(conclusão)

QUÍMICA PARA O AMBIENTE	Em contraste com as anteriores, transmite uma ideia de esforço deliberado para a proteção do ambiente por parte de quem pratica a Química, de tal forma que evite a produção de poluentes e resíduos tóxicos, em vez de remediar <i>a posteriori</i> seus efeitos nocivos. Esse tipo proativo constitui a Química Verde.
------------------------------------	--

Fonte: Machado (2004).

A partir das ligações expressas por Machado (2004), é possível discernir distintas posturas no modo de entender e interpretar como os sujeitos encaram essa relação. Junto a elas, compreendemos que estão as formas de enfrentar e perceber a crise ambiental, e logo, sua possível relação com as substâncias químicas e as atividades da química industrial.

No viés da *remediação* dos problemas ambientais, como uma alternativa utilizada e sugerida pela Química, destacamos a perspectiva da Química Ambiental. E quanto à *prevenção* de problemas ambientais, derivados de atividades e substâncias químicas, temos a Química Verde.

Nesse cenário de busca pela SA, em que a Química precisa reconhecer a necessidade do desenvolvimento de processos que reduzam/eliminem a degradação ambiental, acredita-se que práticas da QAmb, e principalmente da QV, têm muito a contribuir. Como tais abordagens podem favorecer as discussões e o entendimento das questões ambientais e sua relação com a Química, apresentaremos a seguir aspectos associados a cada uma delas.

2.2.2 Química Ambiental: a remediação como solução para os problemas ambientais

A Química Ambiental originou-se da Química clássica, sendo hoje considerada um campo de estudo e de pesquisa interdisciplinar, pois não envolve apenas as áreas básicas da Química, mas também a Biologia, a Geologia, a Ecologia, a Engenharia Sanitária e a Toxicologia, por exemplo.

A QAmb pode ser definida de várias maneiras, mas, de acordo com a Divisão de Química Ambiental, da Sociedade Brasileira de Química, ela estuda os processos químicos (mudanças) que ocorrem no meio ambiente. Essas mudanças podem ser naturais ou causadas pelo homem, as quais, em alguns casos, podem trazer danos à humanidade. Atualmente, há uma grande preocupação em entender a química do

meio ambiente, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida em nosso planeta²². Para a Divisão, a Química Ambiental não é entendida como ciência da monitoração ambiental, mas sim, da elucidação dos mecanismos que definem e controlam a concentração das espécies químicas candidatas a serem monitoradas.

Essa definição vai ao encontro das reflexões apresentadas por Machado (2004), quando associa a QAmb à Química **do** e **no** Ambiente, visto que a primeira está ligada ao estudo da composição das partes do ambiente, como a química da atmosfera, da água e do solo (meio biofísico), enquanto que a segunda (mesmo se assemelhando à primeira), sugere uma maior associação ao estudo das substâncias lançadas no ambiente pela atividade humana/industrial, além das transformações decorrentes disso (LEAL, 2012).

Cumpra-se notar que a Química **do** ambiente volta-se mais ao conhecimento e a estudos da Química da água, do solo e do ar, concentrando-se em disponibilizar informações e identificar características e reações envolvidas em fenômenos, além de relatar problemas e a situação que se encontra o meio ambiente natural (LEAL; MARQUES, 2008). Já a Química **no** ambiente associa-se aos problemas ambientais causados por ações antrópicas de lançamento e dispersão de substâncias químicas no ambiente, que são estudados na busca por *remediar* os riscos e mesmo sanear os danos causados.

Associado a tais entendimentos, Cortes Jr. (2013) reconhece a QAmb como uma das áreas da Química que mais tem crescido nas últimas décadas, e cujos estudos têm sido impulsionados pela investigação da relação entre os problemas ambientais e a ocorrência de compostos antropogênicos no ambiente. Isso significa que a QAmb tem como objetivo proporcionar a melhoria da qualidade de vida no planeta, buscando o desenvolvimento de procedimentos, técnicas e ferramentas para a detecção e o saneamento de resíduos tóxicos emitidos no meio ambiente.

É importante salientar que a ciência e a tecnologia devem ser utilizadas de forma a se pensar não apenas na preservação da natureza e da vida. Logo, a Química, sendo desenvolvida a partir da *prevenção* de problemas ambientais, representaria a superação de uma visão neutra de ciência (MARQUES *et al.*, 2007). Apesar dessa responsabilidade, é preciso reconhecer que as atividades químicas e a própria contribuição da Química na resolução dos problemas ambientais não derivam

²² Essa definição encontra-se disponível em: www.sbj.org.br/divisoes.php. Acesso em: 12 dez. 2014.

exclusivamente de si mesmas, afinal, nesse processo entram em jogo aspectos econômicos, políticos e sociais, igualmente responsáveis por sua produção e solução. Quando se analisa o quadro desse modo, avança-se na superação de um entendimento salvacionista de ciência e de tecnologia (AULER, 2002).

As pesquisas em Química Ambiental, realizadas no Brasil durante a década de 1980, dedicavam-se à poluição ambiental e consistiam no monitoramento de espécies químicas consideradas poluentes, em um dos três compartimentos ambientais: atmosfera, litosfera e hidrosfera (ANDRADE, 1992). Todavia, não manifestavam preocupação com as relações existentes entre as partes, a ponto de, em certa medida, negligenciá-las. A partir da criação da Divisão de Química Ambiental (em 1994), na SBQ, além do avanço da legislação ambiental, as pesquisas na área passaram a ter base no paradigma do contexto ou da problemática ambiental, e não mais apenas nos trabalhos de monitoração ambiental (MOZETO; JARDIM, 2002).

A esse respeito, Jardim faz importantes observações:

Muito embora a democratização da discussão sobre as questões ambientais tenha sido um dos principais fatores para um maior conhecimento dos processos de degradação da nossa qualidade de vida e para o aprimoramento de uma legislação pertinente, os problemas de poluição ambiental ainda são cercados de muita desinformação (ou contrainformação), o que muitas vezes dificulta a escolha da melhor opção preventiva ou mesmo paliativa para o problema (JARDIM, 2001, p. 03).

Entendemos que tais dificuldades possam ser superadas a partir da formação dos químicos, afinal, a Química não apenas como prática científica, mas também como disciplina formativa, pode ser muito útil para a compreensão das questões atreladas ao meio ambiente, pois, além de fazer parte do meio, favorece estudos relativos às interações entre as substâncias que o constituem e também daquelas que o poluem.

Os próprios pesquisadores Mozeto e Jardim, já citados, reforçam que a razão de ser da QAmb, enquanto disciplina dos cursos de Química, ou ainda como habilitação específica, são os ecossistemas e seus compartimentos abióticos e bióticos, onde “todas as questões abordadas que digam respeito a processos naturais e/ou afetados por ações antrópicas, quer da atmosfera, hidrosfera e geosfera/pedofera,

têm de ser tratadas de forma holística ou integrada” (MOZETO; JARDIM, 2002, p. 8).

Diversos autores relatam que, no início da década de 1980, iniciou-se a oferta da disciplina de Química Ambiental nos departamentos, institutos e cursos de Química (JARDIM, 2001; MOZETO; JARDIM 2002; CORTES JUNIOR; CORIO; FERNANDEZ, 2009). É possível afirmar que isso tenha ocorrido, pois foi a partir desse período que as questões ambientais passaram a fazer parte das discussões em todos os segmentos da sociedade, embora já houvesse avanços na tomada de consciência acerca da relação entre os problemas ambientais e o modelo de desenvolvimento econômico — que considerava que o planeta Terra tinha capacidade infinita e de prover recursos ilimitadamente — a partir dos anos 1960 (ROLOFF, 2011).

Cortes Junior, Corio e Fernandez ressaltam que o estudo da Química Ambiental pode ser importante para a formação dos químicos, a fim de “torná-lo[s] mais consciente[s] acerca dos valores relacionados à integração entre o ser humano e o ambiente”, enquanto que os licenciandos, especificamente, como “educadores em Química, não podem negligenciar a temática da Química Ambiental na sua profissão, dada a necessidade de educar ambientalmente por meio da química” (2009, p. 46).

Partilhando de tais afirmações, acreditamos que a proposição de melhorias, a busca por soluções e, principalmente, a prevenção da geração de problemas ambientais, seja o objetivo comum de diferentes setores, áreas produtivas e cursos de formação dos químicos (independente da habilitação). A partir dele, suas práticas podem ser repensadas, mediante a inserção de valores e atitudes que orientem suas ações com vistas à tutela do meio ambiente. E é nesse cenário que surge a Química Verde.

A maneira de compor entendimentos sobre o enfoque dado aos problemas ambientais, sua detecção e proposição de soluções apresentadas e praticadas, aproximam-se do que Fleck (2010) chama de estilo de pensamento. Se tomarmos como parâmetro a QAmb e a QV, estes seriam constituintes do círculo esotérico, se postos em relação àqueles químicos que não se preocupam com questões ambientais, isto é, os membros do círculo exotérico.

Embora não possamos afirmar a existência de um ou mais EP dessa comunidade QV, o fato é que, quando se compara esse grande “coletivo” de químicos verdes (Química **para** o ambiente – prevenção

de problemas ambientais) com o “coletivo” dos químicos ambientais (Química **do e no** ambiente – remediação de problemas ambientais), surgem algumas evidências que os distinguem, ainda que haja entre ambas (e os sujeitos que se auto incluem nesses dois campos) certo compartilhamento de matizes de um mesmo EP em relação aos cuidados com o ambiente. Logo, isso pode ser fruto da proximidade das práticas compartilhadas e do próprio objeto do conhecimento (Química e ambiente), como explorado por Epicoco, Oltra e Jean (2014), que caracterizaram as comunidades epistêmicas (constituídas em torno de grupos de pesquisadores que compartilham um objetivo comum de criação de conhecimento, em um campo de investigação comum) no contexto da ciência acadêmica. Essas observações serão compreendidas no próximo item.

2.2.3 A emergência da Química Verde: a prevenção na geração de problemas Ambientais

A partir da necessidade de novas modificações das condutas químicas, visando tanto ao controle quanto à prevenção da poluição ambiental, causada por algumas de suas atividades e/ou produtos, é que surge a chamada Química Verde. Uma nova postura de investigação laboratorial e implementação industrial da Química, com o objetivo global de conseguir suporte para o DS. Segundo Machado (2004), a QV pode ser classificada, desde a sua origem, como a Química **para** o ambiente, pois busca *a priori* cuidados com o meio ambiente, pela prevenção da poluição através do estabelecimento de tecnologias limpas e ambientalmente sustentáveis.

De acordo com seus precursores, Paul Anastas e John Warner, a Química Verde pode ser 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, tradução nossa). Além de eliminar os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, procura orientar e atuar na redução da produção de resíduos, incentivando a fabricação de produtos compatíveis com o ambiente. Assim, a QV é um campo emergente, que teve origem nos anos 1990 (ANASTAS; WARNER, 1998), em função da necessidade da busca por respostas e soluções para os desafios ambientais, consolidando-se como uma nova maneira de desenvolver a Química (MACHADO, 2004).

De lá para cá, muitas pesquisas com base nos princípios da QV vêm sendo desenvolvidas, assim como conhecimentos científicos em

torno dessa nova prática. Cabe ressaltar que a QV é uma nova racionalidade no padrão analítico e produtivo da Química, e não uma nova área. Desta maneira, deve perpassar todos os seus campos, sejam eles voltados à pesquisa, às práticas industriais ou ao seu ensino (ROLOFF; MARQUES, 2014).

Por entendermos que a Química Verde seja uma resposta mais consistente, diferente (paradigmática) e interdisciplinar para a crise ambiental, é que nos dedicamos a entendê-la e descrevê-la de modo mais minucioso.

Embora não possamos afirmar que a QV já tenha consolidado um novo estilo de pensamento, entre os químicos, sem sombra de dúvidas, vêm caracterizando sua extensão, e até mesmo, transformação, uma vez que têm proporcionado a emergência de novas ideias no domínio de se fazer/produzir/ensinar a Química. Isso corrobora com o defendido por Fleck (2010), ao expor que os conhecimentos e práticas de um EP podem ampliar-se e transformar-se ao longo de sua história.

A perspectiva da Química Verde pode associar-se à gênese e ao desenvolvimento de um fato científico, sendo estes explicados:

[...] pelas ideias iniciais relativas ao fato, surgidas no passado, e que, apesar das modificações, continuam existindo. **Estas ideias vão sendo pouco a pouco modificadas, sofrendo re-interpretações de acordo com o pensamento em evidência. Assim, o pensamento vai se modificando e se adaptando ao meio e em consonância com o sistema.** O observar é dirigido, por meio de um condicionamento histórico-cultural, sempre levando em consideração um conceito pré-formado (PFUETZENREITER, 2002, p. 149, grifo nosso).

O fato pode ser entendido como a consciência da necessidade dos cuidados com o ambiente — na relação entre o homem com o meio ambiente —, e a QV, como o pensamento que se modifica (consciência da complicação). É preciso considerar que essa filosofia proporciona transformações do conhecimento, em uma posição contra-hegemônica ao fazer tradicional da Química, e isso é perceptível por meio do processo histórico.

Vale lembrar que o movimento relacionado com o desenvolvimento da QV iniciou nos anos 1990, principalmente nos

Estados Unidos, Inglaterra e Itália. Sousa-Aguiar e colaboradores (2014) comentam que, desde então, um grande progresso tem sido alcançado em diversas linhas de pesquisa voltadas à QV, dentre elas: a catálise; a formulação de solventes menos nocivos ao ambiente e o desenvolvimento de processos que utilizam matérias-primas renováveis. E nas linhas mais tradicionais, comentam sobre a existência de diversos estudos relacionados a novas áreas da Química, destacando, como exemplo, a sonoquímica (que busca aumentar rendimentos e reduzir gastos com insumos através do uso de ultrassom).

Assim sendo, torna-se importante conhecer o contexto em que a Química Verde foi proposta. Conforme já abordado, por volta da década de 1960 começou-se a perceber os limites do progresso e os riscos associados à exploração desmedida dos recursos naturais das sociedades industriais. Nessa mesma época, ocorreu também a chamada revolução ambiental norte-americana, quando cresceu a preocupação de parte da população com os problemas da deterioração ambiental (MONTIBELLER-FILHO, 2008).

O “Relatório Brundtland” (WCED, 1987) levanta discussões acerca dos impactos negativos sobre o meio ambiente, ocasionados pela indústria química e alguns de seus produtos, ao mesmo tempo que reconhece que as substâncias químicas melhoraram a saúde e a expectativa de vida, incrementando a produção agrícola e ampliando oportunidades econômicas. Poluição, contaminações e catástrofes industriais são alguns dos problemas levantado pela comissão.

Não é por acaso que nessa seara surjam as discussões acerca da “reinvenção” da Química e de suas atividades industriais. Segundo Meirelles (2009), desde a década de 1990 a Indústria Química tem procurado adotar uma postura de redução, prevenção ou eliminação das causas dos impactos ambientais que tem gerado. Nesse período, mais especificamente no ano de 1991, a Agência Ambiental Norte-Americana (*Environmental Protection Agency – EPA*)²³, após a publicação da Lei de Prevenção a Poluição²⁴ dos Estados Unidos, lançou um programa

²³ Um grande número de informações acerca da agência pode ser obtida a partir do sítio eletrônico da EPA: www.epa.gov/greenchemistry. Acesso em: 19 dez. 2014.

²⁴ Essa foi a primeira e única lei que se centrou na prevenção da poluição, ao invés do típico tratamento e remediação. Através dela, a EPA tentou se associar à indústria para encontrar métodos mais flexíveis e economicamente viáveis, não somente nas regras já existentes, mas também prevenindo a poluição em sua origem (ANASTAS e WARNER, 1998).

chamado “Rotas Sintéticas Alternativas para Prevenção da Poluição”, uma linha que financiava projetos de pesquisa que incluíssem a prevenção de poluição em rotas e produtos sintéticos (TUNDO; ROMANO, 1995; SANSEVERINO, 2000; LENARDÃO *et al.*, 2003; MACHADO, 2008a; CORRÊA; ZUIN, 2009).

Em 1993, o programa foi expandido através da inserção de outros tópicos, como solventes ambientalmente corretos e compostos inócuos, sendo, assim, renomeado, e passando a adotar oficialmente o nome de Química Verde. Nesse mesmo ano estabeleceu-se, na Itália, o Consórcio Universitário Química para o Ambiente (INCA)²⁵, cujo objetivo era reunir pesquisadores envolvidos com as questões químicas e ambientais para a disseminação dos princípios e tópicos de interesse da química mais limpa ou ambientalmente correta. É importante salientar que todos os anos o INCA promove a Escola Internacional de Verão em Química Verde, que conta com a participação de estudantes de mais 20 de países (CORRÊA; ZUIN, 2009).

Dois anos mais tarde, precisamente em 1995, o governo dos EUA instituiu um programa de premiação chamado “The Presidential Green Chemistry Challenge” (PGCC), com o objetivo de reconhecer inovações em pesquisas que poderiam ser implementadas na indústria para a redução da produção de resíduos na fonte (LENARDÃO *et al.*, 2003; CORRÊA; ZUIN, 2009). Os autores relataram que foram premiados trabalhos em cinco categorias:

1. Acadêmico;
2. Pequenos negócios;
3. Rotas sintéticas alternativas;
4. Condições alternativas de reação, e
5. Desenvolvimento de produtos químicos mais seguros ou inócuos.

Em 1997 foi criado o Instituto de Química Verde (*Green Chemistry Institute – GCI*), que desde janeiro de 2001 tem parceria com a Sociedade Americana de Química (*American Chemical Society – ACS*). Já no mês de setembro do mesmo ano, a União Internacional de Química Pura e Aplicada (*International Union for Pure and Applied Chemistry – IUPAC*) aprovou a criação do Subcomitê Interdivisional de QV, e em 2004, editou o livro *Química Verde en Latinoamérica*, dentro

²⁵ Maiores informações sobre o consórcio, suas ações e publicações, disponíveis em: www.incaweb.org. Acesso em: 19 dez. 2014.

da série de textos “Green Chemistry”, da IUPAC/INCA (MACHADO, 2008a; CORRÊA; ZUIN, 2009).

Machado (2008a) comenta a resistência do uso do termo na literatura científica e pedagógica para além desses círculos. Diz que a QV começou a ser usada de forma coloquial (em jornais, encontros, etc.), e acredita que isso tenha se dado devido à conotação política que a palavra *verde* tinha em muitos países, ligada à primeira geração dos ambientalistas, “os verdes” puros e duros, que almejavam a conservação do ambiente a todo o custo, independentemente das consequências econômicas e sociais. Explica que o termo apareceu pela primeira vez em revistas científicas, no título de um comentário publicado na revista *Science*, em 1993, e em revistas pedagógicas, no título de uma publicação no *Journal of Chemical Education* (JCEd). A escassez no uso do termo só diminuiu com o lançamento, em 1999, do periódico *Green Chemistry*, pela Sociedade Britânica de Química (*Royal Society of Chemistry* – RSC). O autor realizou buscas nos sites de publicações científicas da ACS e do JCEd e percebeu que o termo QV só ganhou aceitação científica e pedagógica a partir do ano 2000.

No âmbito nacional, os conceitos da QV começaram a ser difundidos recentemente, no meio acadêmico, governamental e industrial (SANSEVERINO, 2000). Destacam-se atividades como as Escolas de Verão, *workshops* e grupos de pesquisa voltados à QV, e também as publicações veiculadas nas revistas da SBQ, especificamente os periódicos *Química Nova* (QN), *Revista Virtual de Química* (RVq), *Química Nova na Escola* (QNEsc) e *Journal of the Brazilian Chemical Society* (JBCS), além dos trabalhos produzidos e apresentados nas Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira de Química (RASBQ), que em sua 37ª edição apresentou, pela primeira vez, uma seção científica dedicada exclusivamente às produções voltadas à QV. Realizamos um levantamento nas publicações desses veículos, que serão posteriormente apresentadas nesta tese, pois estão diretamente voltadas à circulação de ideias acerca da QV e de suas implicações ao seu ensino.

Ao tratar dos programas de inserção da Química Verde no contexto brasileiro, Corrêa e Zuin (2014), em um boletim informativo do Conselho Regional de Química da IV região²⁶, ressaltam a crescente necessidade da integração dos variados setores — indústria, academia e instituições governamentais — para se potencializar a geração de

²⁶ O boletim completo encontra-se disponível em: www.crq4.org.br/informativomat_1044. Acesso em: 19 dez. 2014.

conhecimentos de forma científica, técnica, ética e socialmente comprometida.

A indústria química é um sistema muito complexo, que envolve a fabricação de cerca de 100.000 compostos variados, por meio de aproximadamente 3.000 processos de fabricação distintos, e sua formulação em cerca de 6.000.000 de produtos químicos, disponibilizados a outras indústrias, a serviço e ao público; e esse sistema tem forte relação com o DS, apontando que a QV exerce um papel fulcral na condução desse processo (MACHADO, 2011a).

É preciso considerar que a indústria química está entre os maiores setores industriais do mundo, e de acordo com a Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM)²⁷, em termos de faturamento líquido, a indústria química brasileira é a sétima maior do mundo, em uma comparação que tem como base o ano 2010.

Ainda que a indústria química contribua para o avanço econômico e o desenvolvimento de um país, ela também gera inconvenientes, como: a formação de subprodutos tóxicos; a contaminação do ambiente; a produção de grandes volumes de efluentes tóxicos gerados por vários processos químicos, etc., embora a busca da resolução de problemas de poluição e a tomada de consciência seja crescente (MACHADO, 2011b).

Mesmo que pareça algo óbvio, o conceito da QV não nasceu subitamente, mas é resultante de um longo processo de estudo, desenvolvido por químicos e engenheiros químicos, a fim de tornar a indústria menos nociva ao ambiente. Esse processo histórico de construção, consolidação e aplicação tem contado com a conscientização dos químicos para o problema dos resíduos (aspecto que também caracteriza uma complicação destacada por Fleck, influenciando um novo pensar acerca da prevenção da geração de resíduos químicos), enquanto que a aproximação da investigação acadêmica aos objetivos da química industrial tem possibilitado a construção de um campo teórico, resultante da fusão de vários conceitos precursores, conforme comenta Machado (2004, 2011b).

A esse respeito, Epicoco, Ultra e Jean (2014) reconhecem que, nas últimas décadas, vem ocorrendo um grande interesse dos químicos no desenvolvimento de uma Química mais sustentável, cujo resultado ocorre pela propagação de novos conhecimentos, produzidos a partir de uma nova forma de se fazer Química, e para os autores, isso tem

²⁷ Informações sobre a indústria química brasileira podem ser obtidas através do sítio eletrônico da Abiquim: www.abiquim.org.br

configurado a emergência e a conformação daquilo que chamam de comunidade epistêmica²⁸ em torno do conceito de Química Verde.

Ancorados em Haas (1992), os autores afirmam que, no âmbito acadêmico, as comunidades epistêmicas são constituídas por grupos de pesquisadores que compartilham princípios, métodos e objetivos cognitivos comuns, de criação de conhecimento em um campo de investigação comum (EPICOCO; OLTRA; JEAN, 2014). O entendimento desse conceito pode ser associado ao compartilhamento de um Estilo de Pensamento, por um coletivo de pensamento (FLECK, 2010), como expressa Haas, em uma de suas notas de rodapé:

Nossa noção de “comunidade epistêmica” lembra de alguma forma a noção de Fleck de “coletivo de pensamento” – um grupo sociológico com um estilo de pensar comum. Também lembra, de alguma forma, definição sociológica ampla de paradigma de Kuhn, que é “um amontoado de constelações de crenças, valores, técnicas e assim por diante, compartilhados por membros de uma dada comunidade” e que governam “não uma disciplina mas um grupo de praticantes” (HAAS, 1992, p. 03, tradução nossa).

Em se tratando especificamente da comunidade epistêmica QV, os autores sugerem quatro argumentos, a saber: a QV é formada por um grupo de químicos que compartilha o objetivo comum de criação de conhecimento no campo da pesquisa sobre sustentabilidade; o livro sobre QV, escrito por Anastas e Warner (1998), representou um manual de códigos da comunidade e padrões compartilhados; os 12 princípios da QV resumem os desafios comuns e preveem regras para superá-los; e por fim, afirmam que o *Green Chemistry Journal* pode ser visto como a autoridade processual e estrutural da comunidade, junto com a *Environmental Protection Agency* e investigadores, a exemplo de Anastas e Warner (EPICOCO; OLTRA; JEAN, 2014). Neste sentido, o

²⁸ O conceito de comunidade epistêmica ganhou terreno na ciência política, em particular nas relações internacionais, na sequência da publicação do trabalho de Haas, que define uma comunidade epistêmica como “uma rede de profissionais com experiência e reconhecida competência em um domínio específico e uma reivindicação de autoridade ao conhecimento relevante para a política dentro desse domínio ou área” (1992, p. 3, tradução nossa).

Green Chemistry Journal, além de uma importante fonte de informações para entender os campos e temas de interesse da QV que melhor expressam a evolução da comunidade epistêmica QV, tanto pela autoridade que exerce quanto por ser um periódico que reúne as produções desse grupo, caracteriza-se como um dos principais instrumentos de divulgação dessa comunidade.

Desta maneira, a filosofia QV se consolidou fortemente, apoiada por uma rede de profissionais do meio acadêmico, da indústria e de esferas políticas, e tal aspecto é afirmado pelo rápido crescimento, do termo “Química Verde”, em publicações científicas e no debate público. Esse fator reflete o importante papel da circulação de ideias não apenas entre os membros do círculo intracoletivo, mas principalmente a discussão e o reconhecimento gerados pela circulação no meio exotérico (ou seja, aqueles leigos formados que não são especialistas em QV).

O processo de construção e consolidação da QV é apresentado por Epicoco, Oltra e Jean (2014) a partir de uma análise histórica de suas origens e desenvolvimento, da qual se destacam três estágios de construção. O primeiro (que vai de 1980 até o final de 1993), caracterizado pela necessidade de adoção de prevenção da poluição, ao invés de uma política de comando e controle, foi formalizado politicamente na Lei de Prevenção da Poluição, de 1990, através da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (já abordado).

O segundo estágio (1993-1998) foi marcado pelo movimento de institucionalização progressiva da QV, expresso através da criação de simpósios, da organização de redes de cooperação entre a indústria, a academia e o governo (e também entre nações como o Japão e a Itália, e não apenas nos Estados Unidos). Em 1998, o prof. Paul Anastas e John Warner publicaram o primeiro manual sobre Química Verde, no qual expunham seus objetivos, princípios, visões e desafios.

Já o terceiro período (1999-2008) foi caracterizado por uma contribuição significativa do *Green Chemistry Journal* (GCJ), dado o número de publicações em QV no periódico. Em 2009, durante seu décimo ano de publicação, a GCJ era o 15º de 140 periódicos de Química, de acordo com o fator de impacto do *Web of Knowledge* (EPICOCO; OLTRA; JEAN, 2014). Embora a EPA tenha dado ênfase na promoção da criação de redes de cooperação entre a academia e a indústria (na implementação de princípios QV), as iniciativas de QV se multiplicaram em todo o mundo, especialmente no Japão, Europa, Austrália, Canadá e China.

Esses elementos configuram uma comunidade epistêmica QV (ou então, matizes de um estilo de pensamento), onde a EPA dos EUA e pesquisadores como Anastas e Warner, além do *Green Chemistry Journal*, desempenham um papel importante na circulação de conhecimentos QV, também entre círculos eso e exotéricos.

O desenvolvimento da QV, em substituição às atividades químicas vigentes, passa pela identificação prioritária dos problemas mais críticos ao ambiente e à saúde humana. Nesse contexto, os doze princípios da QV, introduzidos por Anastas e Warner em 1998,

têm servido para a consciencialização dos químicos sobre variados aspectos da Química que requerem revisão com vista a reduzir os seus impactos negativos sobre a saúde humana e ecológica. Os referidos princípios proporcionam prescrições genéricas para concretizar a transição da Química atual para a QV e têm sido usados com êxito (MACHADO, 2012b, p. 1250)

O emprego dos 12 princípios da QV tem como ponto central diminuir os riscos através da minimização do perigo intrínseco do processo e das substâncias relacionadas a ele, de modo a implicar em uma mudança de paradigma sobre a gerência do risco químico, guiados pela preocupação com a qualidade de vida e com o meio ambiente, envolvendo a prática da química (ANASTAS; WARNER, 1998; LENARDÃO *et al.*, 2003; PRADO, 2003; MACHADO, 2004; CORRÊA; ZUIN, 2009). São eles:

Quadro 4: Os doze princípios da Química Verde

(continua)

1	PREVENÇÃO	Evitar a produção do resíduo é melhor do que tratá-lo após sua geração.
2	ECONOMIA DE ÁTOMOS	Deve-se procurar desenhar metodologias sintéticas que possam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final.
3	SÍNTESE DE PRODUTOS MENOS PERIGOSOS	Sempre que praticável, a síntese de um produto químico deve utilizar e gerar substâncias que tenham pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.
4	DESENHO DE PRODUTOS SEGUROS	Os produtos químicos devem ser desenhados de tal modo que realizem a função desejada e ao mesmo tempo não sejam tóxicos.

Quadro 4: Os doze princípios da Química Verde

(conclusão)

5	SOLVENTES E AUXILIARES MAIS SEGUROS	O uso de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, secantes, etc.) precisa, sempre que possível, tornar-se desnecessário, e quando utilizadas, essas substâncias devem ser inócuas.
6	BUSCA PELA EFICIÊNCIA DE ENERGIA	A utilização de energia pelos processos químicos precisa ser reconhecida pelos seus impactos ambientais e econômicos e deve ser minimizada. Se possível, os processos químicos devem ser conduzidos à temperatura e pressão ambientes.
7	USO DE FONTES RENOVÁVEIS DE MATÉRIA-PRIMA	Sempre que técnica e economicamente viável, a utilização de matérias-primas renováveis deve ser escolhida em detrimento de fontes não renováveis.
8	EVITAR A FORMAÇÃO DE DERIVADOS	A derivatização desnecessária (uso de grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária por processos físicos e químicos) deve ser minimizada ou, se possível, evitada, porque essas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos.
9	CATÁLISE	Reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são melhores que reagentes estequiométricos.
10	DESENHO PARA DEGRADAÇÃO	Os produtos químicos precisam ser desenhados de tal modo que, ao final de sua função, se fragmentem em produtos de degradação inócuos e não persistam no ambiente.
11	ANÁLISE EM TEMPO REAL PARA A PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO	Será necessário o desenvolvimento futuro de metodologias analíticas que viabilizem um monitoramento e controle dentro do processo, em tempo real, antes da formação de substâncias nocivas.
12	QUÍMICA INTRINSECAMENTE SEGURA PARA A PREVENÇÃO DE ACIDENTES	As substâncias, bem como a maneira pela qual uma substância é utilizada em um processo químico, devem ser escolhidas a fim de minimizar o potencial para acidentes químicos, incluindo vazamentos, explosões e incêndios.

Fonte: Lenardão *et al.* (2003).

O desenvolvimento de métodos alternativos de sínteses químicas, que minimizem o custo energético, reduzam ou eliminem o uso de solventes orgânicos convencionais e otimizem o consumo de todos os reagentes utilizados, são os pilares fundamentais da QV. Em uma de suas publicações, Machado (2011c) expõe que, quando se deseja desenvolver uma síntese para otimizar a verduza do processo, todos os doze princípios devem ser usados e, se cumpridos, ocorrerá o que o autor chama de “Síntese Verde Ideal”.

É possível encontrar na literatura muitos exemplos e estudos mais aplicados relativos aos princípios da QV, ainda que a maioria das pesquisas e publicações seja oriunda da área da Química Orgânica (SANSEVERINO, 2000; PRADO, 2003; DA SILVA; LACERDA; JONES JR, 2005; COSTA; RIBEIRO; MACHADO, 2008a; GOES *et al.*, 2013; ROLOFF *et al.*, 2014). Isso se justifique talvez pelo fato de que a maior parte dos exemplos encontrados na literatura sobre sua aplicação origina-se da perspectiva das sínteses orgânicas, que exemplifica o papel da circulação intracoletiva entre os sujeitos constituintes de um coletivo de pensamento. Inferimos, assim, a importância de as demais áreas da Química também aumentarem seus esforços para ampliar as pesquisas e inserir com maior efetividade a perspectiva da QV em suas atividades, aspecto que pode ser favorecido pela circulação intercoletiva de saberes, proporcionada por tais publicações, pelo desenvolvimento de pesquisas no âmbito da pós-graduação e pelas discussões em eventos científicos, por exemplo.

Sendo, então, a QV outro estilo de pensar e fazer a Química, mais compatível com o ambiente, torna-se válido ressaltar que a ciência Química (especialmente a indústria química) depende do meio ambiente, pois é dele que derivam as fontes de matérias-primas e da energia empregada nos processos de produção. O que mais uma vez parece se reafirmar é a necessidade de se utilizar materiais renováveis e diminuir o consumo de energia nas atividades de pesquisa e produção, dado o esgotamento dos recursos não-renováveis. A esse respeito, Machado (2004) destaca que mudanças na produção química, com a fabricação de produtos novos ou não, não dependem exclusivamente da Química, mas também de mudanças técnicas e econômicas — como as exigências de mercado — e da influência crítica dos cidadãos, levando-se em conta aspectos globais envolvidos nos meios de produção.

Neste sentido, os processos educativos e de formação profissional necessitam incorporar a dimensão ambiental, incentivando sua compreensão e buscando introduzir práticas da QV. Estes são elementos que podem contribuir significativamente ao desenvolvimento de uma educação química (verde), em uma perspectiva crítica e emancipatória²⁹ (FREIRE, 1987).

²⁹ Essa perspectiva de ensino visa ao rompimento de uma educação tecnicista, baseada na transmissão de conhecimentos, buscando “a formação de sujeitos sociais emancipados, isto é, autores de sua própria história” (FREIRE, 1987, p. 18).

Pensando nisso, Winterton (2001) formulou “os segundos doze princípios da QV”, dirigidos especialmente aos profissionais da Química acadêmica (MACHADO, 2012b), que desenham novos processos de síntese de moléculas e podem contribuir para uma maior objetividade na consolidação da QV e, assim, na implementação dos processos de fabricação industrial — campo onde realmente interessa obter verdura (RAMOS, 2009; MACHADO, 2008b).

No Quadro 5, apresentamos os outros doze princípios da Química Verde.

Quadro 5: Os segundos doze princípios da Química Verde

(continua)

13	IDENTIFICAR E QUANTIFICAR OS COPRODUTOS (SUBPRODUTOS EVENTUAIS E RESÍDUOS)	Identificar os coprodutos e determinar suas quantidades relativamente às do produto principal.
14	OBTER CONVERSÕES, SELETIVIDADES, PRODUTIVIDADES, ETC.	Para além do rendimento químico das reações de síntese, determinar métricas relevantes para a QV: seletividades, produtividades (eficiência atômica e similares), etc.
15	ESTABELEÇER BALANÇOS MATERIAIS COMPLETOS PARA O PROCESSO	Especificar, quantificar e contabilizar todos os materiais usados na obtenção do produto final, incluindo os auxiliares, nomeadamente os solventes.
16	DETERMINAR AS PERDAS DE CATALISADORES E SOLVENTES NOS EFLUENTES	Determinar as quantidades dos fluxos de efluentes líquidos, sólidos e gasosos e as concentrações de reagentes auxiliares neles.
17	INVESTIGAR A TERMOQUÍMICA BÁSICA DO PROCESSO	Avaliar e relatar as variações de entalpia das reações exotérmicas para alertar sobre eventuais problemas de libertação de calor com a mudança de escala.
18	CONSIDERAR LIMITAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR E DE MASSA	Identificar fatores que afetam a transferência de calor e de massa no escalamento (velocidade de agitação ou de dispersão de gases, área de contato gás-líquido, etc.).
19	VISUALIZAR AS REAÇÕES SOB A PERSPECTIVA DOS ENGENHEIROS QUÍMICOS	Identificar e compreender pontos de construção para o escalamento da química no desenvolvimento do processo industrial por estudo das várias alternativas de tecnologia disponíveis para implementá-lo e contatos com engenheiros químicos.

Quadro 5: Os segundos doze princípios da Química Verde

(conclusão)

20	CONSIDERAR A GLOBALIDADE DO PROCESSO INDUSTRIAL AO SELECIONAR A QUÍMICA DE BASE	Avaliar o impacto das alternativas possíveis de todas as variáveis de processo (matérias-primas, natureza do reator, operações de separação, etc.) nas opções possíveis para a química de base. Realizar experiências com os reagentes comerciais que vão ser utilizados no fabrico.
21	AJUDAR A DESENVOLVER E APLICAR MEDIDAS DE SUSTENTABILIDADE DO PROCESSO	Avaliar quantitativamente, na extensão possível, o grau de sustentabilidade do processo industrial (atividade ainda incipiente, mas com futuro).
22	QUANTIFICAR E MINIMIZAR O USO DE “UTILIDADES”	Dar atenção ao uso e minimização das “utilidades” e proporcionar informação que permita avaliar as respectivas necessidades logo no início do desenvolvimento do processo e ao longo do escalamento da síntese.
23	IDENTIFICAR SITUAÇÕES DE INCOMPATIBILIDADE ENTRE A SEGURANÇA DO PROCESSO E A MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS	Dar atenção à segurança do processo a desenvolver com base na síntese laboratorial e alertar para o fato de existirem restrições de segurança que limitam as condições de implementação da reação à escala industrial.
24	MONITORIZAR, REGISTRAR E MINIMIZAR OS RESÍDUOS PRODUZIDOS NA REALIZAÇÃO LABORATORIAL DA SÍNTESE	Dar atenção pormenorizada e quantitativa aos resíduos produzidos na síntese laboratorial e lutar pela sua minimização.

Fonte: Machado (2008b)

Esses doze outros princípios, complementares aos demais, são numerados de 13 a 24 para dar sequência aos doze primeiros, e assim, evitar confusão. Como o objetivo de sua utilização seria o de possibilitar uma “atitude proativa” em favor do “esverdeamento” (COSTA; RIBEIRO; MACHADO, 2009) das reações químicas, podem facilitar o entendimento e o emprego da QV nos processos de síntese, contribuindo para o *design* verde de produtos e processos.

Em um de seus artigos, Machado (2012b) comenta que esses segundos doze princípios não têm sido objeto de tanta atenção como os primeiros, não sendo ainda abordados, tampouco nos mais recentes livros que tratam da QV. Para ele:

Estes princípios, tal como os primeiros 12, por si sós, não são suficientes para garantir a montagem de processos verdes e implementar uma Indústria

Química Verde – porque o bom cumprimento da cadeia de verdura [...] envolve fatores tecnológicos exteriores à Química, bem como outros (econômicos, etc.), não contemplados nos princípios. No entanto, este segundo conjunto de princípios de QV merece atenção – porque permite um aumento da consciencialização dos químicos laboratoriais quer para os problemas de concretização de verdura à escala industrial, quer para a necessidade de definir áreas de investigação académica previsivelmente mais produtivas para este fim (MACHADO, 2012b, p. 1255-1256).

Apesar das afirmações do autor sobre processos químicos industriais resultantes das investigações dirigidas à QV, que envolvem componentes de natureza tecnológica e económica, e que caem fora do domínio da Química de base, é preciso considerar que a QV também proporciona vantagens para a esfera tecnológica (pois simplifica processos), a económica (pois, em algumas situações, reduz custos com matéria-prima, energia e tratamento/produção de resíduos, por exemplo) e a ambiental (que poupa recursos e reduz a poluição). Todas estas características servem como suporte da sustentabilidade.

Como demonstra Machado (2012b), os grupos de princípios têm intraligações entre si e interligações entre os dois grupos. E mesmo que as interligações entre os vinte e quatro princípios seja complexa, para que se consiga a verdura química dos processos, é necessário que todos os princípios (dos primeiros aos outros doze) sejam aplicados em conjunto.

Os primeiros doze princípios têm sido muito úteis na divulgação da QV, proporcionando uma primeira avaliação da verdura de reações e auxiliando na comparação de procedimentos (vias de síntese) com vista a escolher a mais aceitável quanto a impactos ambientais, como salientado por Machado:

[...] a utilização destes princípios tem limitações diversas, por exemplo, por um lado, são algo genéricos e distantes da realidade industrial – ignoram ou, pelo menos, não explicitam, características importantes da Química do mundo real, por exemplo, a necessidade de usar ferramentas de avaliação de largo alcance (ciclo

de vida), de garantir viabilidade econômica, de proporcionar uma adequada inserção societal da Química, etc.; por outro, são prescrições *qualitativas* – e a avaliação cabal da verdura exige o cálculo de métricas *quantitativas* de verdura, preferivelmente holísticas (MACHADO, 2012b, p. 1257, grifo nosso).

Já os segundos doze princípios, que têm por base uma atitude mais pragmática, são voltados antes à implementação industrial da Química para complementar algumas das limitações dos primeiros princípios, pois “eles ajudarão os químicos laboratoriais a fazer incidir a sua atenção em áreas de investigação mais produtivas quanto à QV e a selecioná-las precocemente como merecedores de atividade prioritária — isto é, favorecem uma atitude proativa dos químicos com respeito à QV” (MACHADO, 2012b, p. 1258).

A verdura de um procedimento químico pode ser avaliada por meio de cálculos de um conjunto de grandezas, chamadas de métricas de verdura química. Machado comenta que a “métrica é um meio de avaliação do funcionamento de um sistema dinâmico complexo que permita aferir o modo como ele opera, especificamente quanto ao cumprimento dos respectivos objetivos, isto é, um sistema de medição da performance do sistema” (2014, p. 37). Quando se procura examinar a verdura química, busca-se avaliar até que ponto um composto, um processo de fabricação ou uma via de síntese são verdes. O autor comenta que avaliar a verdura química é um processo complexo, que envolve características de benignidades variadas, pois depende de variáveis diversificadas (desde a síntese laboratorial de um novo composto/substância até a utilização/consumo dessas moléculas), e a isso, ele chama de cadeia de verdura química.

Resumidamente, as métricas da QV constituem-se no uso sistêmico das *métricas clássicas* da Química (econômica, rendimento e seletividade), com as métricas específicas da QV, que são as *métricas de massa* (não produção de resíduos e a incorporação dos átomos dos reagentes nos produtos) e as *métricas ambientais* (aferem benignidade ambiental de produtos e processos).

Depreende-se, a partir do exposto, que a QV tem se constituído em uma abordagem fundamental na reformulação/reformatação de modelos teóricos e práticos da Química para o desenvolvimento de metodologias e processos científicos e inovações tecnológicas, os quais buscam oferecer respostas e soluções aos desafios ambientais.

Contribui, assim, com a superação dos paradigmas clássicos da Química — *o paradigma do risco e o da diluição* (MARQUES *et al.*, 2013).

Machado (2012a) explica que o *paradigma da diluição* surgiu num contexto de falta de consciência das consequências nocivas à saúde humana e da biosfera em geral, do lançamento de substâncias químicas no ambiente; algo muito comum até a primeira metade do século XX, quando se descartavam substâncias residuais de processos industriais diretamente no ar, água ou solo.

Por meio desse paradigma, admitia-se que, se porventura existissem efeitos nocivos, a *diluição* de uma substância, no meio em que se fazia a descarga, era suficiente para mitigar seus impactos negativos (acreditava-se que a diluição era a solução para os problemas da poluição). O autor comenta que foi nesse período que se construíram centrais térmicas com enormes chaminés — para que os gases fossem dispersos na atmosfera em grandes altitudes —, ou as fábricas junto a grandes rios — para diluir os fluxos líquidos residuais (MACHADO, 2012a).

Quanto ao *paradigma de risco* (PR), Thornton (2000) caracteriza-o como a predisposição de gerir a poluição química, baseado na capacidade assimilativa do ambiente em absorver e degradar poluentes, sem danos, e na suposta existência de um grau de exposição ao qual os organismos podem ser expostos com pouco ou nenhum efeito adverso.

Machado (2012a) comenta que o paradigma do risco em processos químicos industriais se expressa na linha de fabricação, que se mantém intacta, sendo que o controle dos poluentes e/ou o tratamento de resíduos é feito no fim do processo. Isso é implementado a partir da neutralização de fluxos residuais ácidos (antes de sua libertação), da absorção de poeiras dos fluxos de gases nas chaminés, da incineração de resíduos perigosos ou seu tratamento químico para a conversão em materiais mais inócuos, cuja deposição no ambiente se possa fazer com “riscos aceitáveis”.

O fato é que o paradigma do risco não é capaz de evitar a contaminação química global. Marcelino e Marques (2013) destacam seis falhas do PR, baseadas em apontamentos feitos por Thornton (2000): Falha 1 – reside no pressuposto de que há uma descarga “aceitável” de produtos químicos, que não irá sobrecarregar a capacidade de assimilação dos ecossistemas. Falha 2 – desconsiderar a dispersão global do dano e a simultaneidade e continuidade de milhares de outras fontes poluidoras. Falha 3 – desconsiderar os efeitos sinérgicos

que aumentam a toxidez e a complexidade de uma mistura. Falha 4 – não há pesquisas científicas suficientes sobre os riscos de substâncias, mesmo individuais. Falha 5 – mesmo rotas sintéticas controladas geram produtos indesejáveis e muitos outros desconhecidos. Falha 6 – a ineficácia das tecnologias de controle e descarte, pois só mudam o tempo, a forma e o local da exposição.

Pressionado pela nova postura socioambiental, no âmbito da Química, diluir ou encaminhar os resíduos para as estações de tratamento (onde é feito o ajuste das cargas emitidas aos parâmetros estabelecidos para os lançamentos), reciclá-los, reutilizá-los, ou ainda incinerá-los depois de tratados, quando se faz uma reflexão crítica em torno da SA, já não é mais suficiente.

Embora o paradigma do risco tenha contribuído para o controle da poluição, em função de suas limitações intrínsecas, foi substituído por um novo paradigma, denominado *paradigma ecológico* (THORNTON, 2000), que previa a prevenção de problemas ambientais (causados pelo descarte inapropriado de substâncias químicas) e sua precaução (evitando práticas que têm o potencial de gerar danos ao ambiente) (MACHADO, 2011a; MARQUES *et al.*, 2013).

Para Thornton (2000), as bases desse novo paradigma incorporam o *princípio da precaução* (PP) e formam seus quatro pilares de ação química: 1) Descarte zero: visa evitar o acúmulo e descarte de substâncias persistentes e bioacumuláveis, negando a capacidade assimilativa; 2) Produção limpa: redesenho de produtos e processos para evitar uso e geração de substâncias tóxicas; 3) Ônus reverso: baseando o controle de substâncias em provas da segurança na produção e uso, demonstrar antecipadamente que ações não são susceptíveis a riscos significativos e que não existe uma alternativa mais segura disponível; 4) Controle de classes de produtos químicos: eliminação de compostos e processos químicos nocivos.

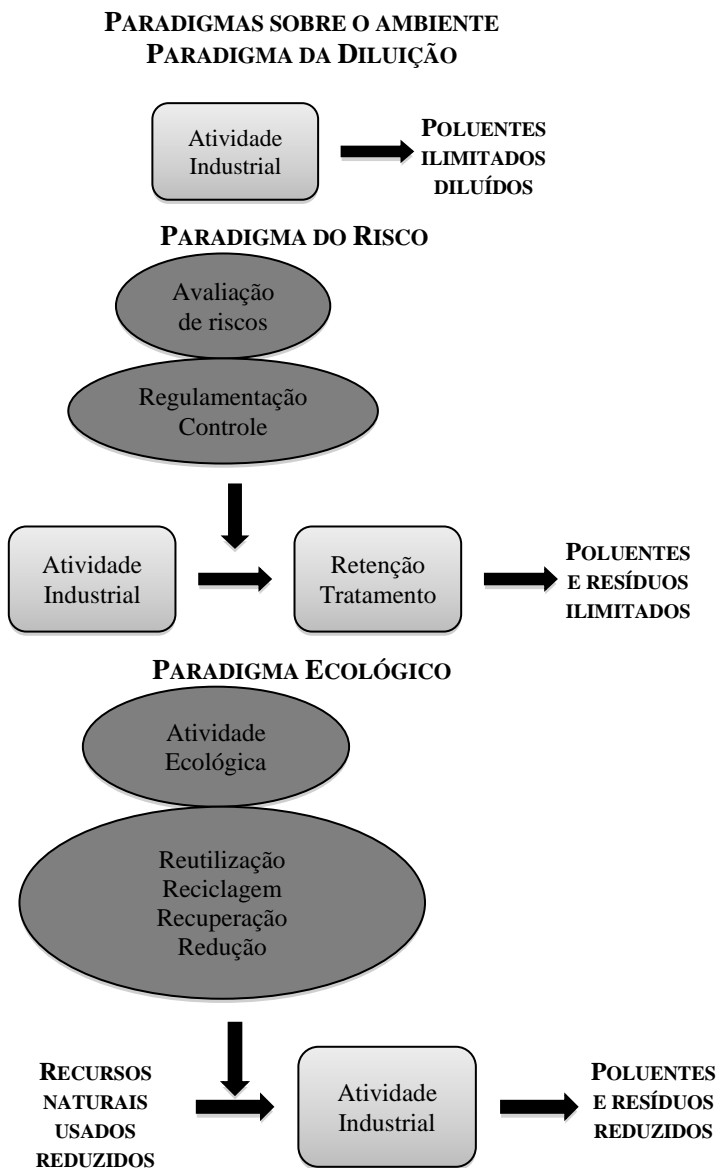
O PP envolve o reconhecimento e a exposição das inerentes incertezas acerca dos eventuais efeitos das substâncias químicas sobre os seres humanos e o meio ambiente, e procura assegurar que os compostos químicos e processos de fabricação sejam testados antecipadamente para garantir, de maneira preventiva, que seus impactos ambientais sejam inócuos.

Em síntese, Marcelino e Marques (2013) comentam que o paradigma do risco (PR) (tecnocrático) se baseia em uma pretensa “certeza científica” apoiada em princípios falhos como neutralidade, objetividade e desenvolvimento cumulativo da C&T, enquanto o paradigma ecológico coloca em xeque essa concepção “ingênua” da

atividade científico-tecnológica, recorrendo ao PP como eixo estruturador.

Machado (2012a) esquematiza as ideias gerais de cada um dos três paradigmas, que representam a atitude sobre o ambiente da sociedade em geral, e da Química Industrial em particular, ao longo do século XX, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4: Evolução dos paradigmas da atitude humana sobre o ambiente



Fonte: Machado (2012a)

Essa figura traz uma síntese gráfica da evolução de três fases, que correspondem aos paradigmas apresentados e discutidos. Percebe-se a relação entre eles e a atividade industrial química e a forma de descarte dos resíduos produzidos. No caso do paradigma da diluição, eles são lançados e dispersos no ambiente, enquanto que no paradigma de risco, os resíduos passam por processos de retenção e eventual tratamento antes do descarte no ambiente. Já no caso do paradigma ecológico, em função da tomada de consciência das limitações do modelo vigente, as prioridades passam a ser outras, com a prevenção da poluição à partida do processo, visando diminuir a quantidade de poluentes e resíduos produzidos.

No lastro da temática ambiental e da necessidade permanente de se reduzir os impactos ambientais, discutir o enquadramento e a reformatação da Química envolve mudanças de atuação, quer na própria Química, quer no invólucro socioambiental onde a sua prática industrial ocorre, o que pode se dar por meio da QV.

Apesar de a QV não se limitar à expressão de princípios éticos, estes têm orientado um novo pensar e fazer dos químicos, e essa nova postura da atividade química (em atividades científicas e de aplicação industrial) visando à proteção ambiental, limitando ou impedindo a dispersão de resíduos, ou então, prevenindo a disseminação de poluentes e contaminantes tóxicos no ambiente, associa-se ao que Machado (2011b) sinteticamente expressa:

A gênese da QV envolveu uma transição da química da postura reducionista do racionalismo cartesiano (raciocínio linear causa → efeito, com objetivo único: o produto da reação), para a postura sistêmica (raciocínio por linhas paralelas, que não foge à complexidade, holístico, dirigido a objetivos múltiplos – envolvendo simultaneamente produto e os resíduos) (MACHADO, 2011, p. 539).

Na esteira dos movimentos ambientalistas e das discussões sobre o DS, podemos relacionar a origem das contribuições da QV como uma resposta aos problemas gerados pela indústria química, com a superação dos paradigmas clássicos da Química (diluição e risco), pela emergência do paradigma ecológico. O desenvolvimento científico e a inovação

tecnológica têm sido grandes marcas da contribuição da QV se alcançar a SA.

Marques e colaboradores expressam que:

Por tais aspectos, a QV tem se colocado promissoramente, seja como uma vertente que busca aglutinar transversalmente pesquisadores e profissionais do ensino das diferentes áreas, em especial as que tradicionalmente compõem a Química, seja em direção de um novo modo de desenvolver a Química, comprometido com a prevenção e salvaguarda do ambiente, por vezes denominada de “sustentabilidade” ambiental (2013, p. 916).

Não é à toa que, no atual cenário, a Sustentabilidade e o DS, no âmbito da Química, são vistos como objetivos da QV, pois, na prática, essa filosofia é importante para estabelecer formas de se avaliar tecnologias quanto aos impactos ambientais, proporcionando procedimentos, ferramentas e métodos operacionais para esse fim (MARQUES; MACHADO, 2014).

A QV é, então, percebida como uma possibilidade de fazer evoluir a Química, no sentido da sustentabilidade, sem que se comprometam os conhecimentos químicos. Como anunciam Torresi, Pardini e Ferreira:

Dentro deste contexto, o que a Química, através de seus cientistas e pesquisadores, pode contribuir para um desenvolvimento sustentável? A resposta é simples, a Química pode trazer o ponto de equilíbrio para este desenvolvimento melhorando os produtos de consumo com novos materiais mais adequados, além de novos métodos de produção de fármacos e produtos químicos intermediários, ambientalmente recomendáveis. Deve-se ressaltar que já há algum tempo a Química vem trabalhando com a concepção de uma ciência ambientalmente mais recomendável, chamada de Química Verde (TORRESI; PARDINI; FERREIRA, 2010, p. 5).

Outros autores complementam a visão sobre a relação entre QV e sustentabilidade (PRADO, 2003; MACHADO, 2004; 2010, 2011a;

CGEE, 2010; REIS *et al.*, 2011; CORRÊA *et al.*, 2013; MARQUES *et al.*, 2013; ZUIN, 2013; MARQUES; MACHADO, 2014), como o entendimento expresso por Prado:

Dentro dos princípios da necessidade de um desenvolvimento sustentável, tem-se como regra que a química deve manter e melhorar a qualidade de vida. O grande desafio é a continuidade do desenvolvimento, diminuindo os danos causados ao meio ambiente. Tal fato requer uma nova conduta química para o aprimoramento dos processos, com o objetivo fundamental da geração cada vez menor de resíduos e efluentes tóxicos, bem como da menor produção de gases indesejáveis ao ambiente. Este novo caminho a ser delineado pela química é denominado como química sustentável ou química verde: ‘A criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias tóxicas’ (PRADO, 2003, p. 738).

A QV talvez esteja sinalizando e dando mostras de que exista um modo diferente de se fazer Química, o que fará com que as manifestações quanto à crise ambiental diminuam, ou então, acabem, pois ela agirá preventivamente, diferentemente dos ambientalistas ou dos críticos à ideia de DS e SA, os quais, ainda que implicitamente, sustentam a tese de que é impossível o DS, pois não há como alterar o modo como depredamos a natureza para sobreviver, ou que apenas existe esse modo de transformar os recursos naturais (a base material do processo de desenvolvimento) em bens e produtos que necessitamos, fruto do modelo de produção capitalista. Agindo assim, acabam secundarizando ou obscurecendo a questão física (termodinâmica) em prol de uma discussão ideológica e ecológica. Já os químicos verdes parecem indicar que é possível manter um nível de desenvolvimento, pois buscam desenvolver novos processos de síntese, através do uso de materiais renováveis, de economia energética e controle de riscos.

Um viés que reconhece a QV como sinônimo de Química para o DS, e que objetiva conduzir ações científicas e processos industriais

ecologicamente corretos, é defendido e apresentado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2010)³⁰:

A plena aceitação e adoção deste novo campo de atividades da química nos anos recentes se devem ao esforço bem sucedido de se acoplar os interesses da inovação química simultaneamente com os objetivos da sustentabilidade ambiental e com os **objetivos de caráter industrial e econômico**. A razão pela qual a química assumiu tamanha importância nestas últimas décadas se deve ao fato de que a química se situa no centro de todos os processos que impactam o meio ambiente, **afetando setores vitais da economia** (CGEE, 2010, p. 09, grifo nosso).

Esse entendimento está associado à ecoeficiência, pois reconhece como necessário enquadrar a economia a um modelo ambiental sustentável, concepção defendida pela Economia Verde. Esse conceito é mais recente que o DS, e ganhou projeção na conferência Rio+20, sendo definido como “uma economia que resulta em melhoria do bem-estar da humanidade e igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente riscos ambientais e escassez ecológica” (PNUMA, 2011, p. 02). Quem defende a bandeira da Economia Verde reconhece que a busca pela sustentabilidade se baseia no desenvolvimento econômico. Salientamos que compreender a QV como um elemento da Economia Verde pode ser algo perigoso por conta de concebê-la como um processo estritamente relacionado às inovações tecnológicas e de caráter salvacionista.

Machado (2004) discorre sobre o papel das ideias de DS e da importância de se pensar as relações entre a química industrial e a SA,

³⁰ A CGEE é uma organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, que tem, dentre outros objetivos: promover e realizar estudos e pesquisas prospectivas de alto nível nas áreas de educação, ciência, tecnologia e inovação e suas relações com setores produtores de bens e serviços; promover e realizar atividades de avaliação de estratégias e de impactos econômicos e sociais das políticas, dos programas e projetos científicos, tecnológicos, de inovação e de formação de recursos humanos; promover a interlocução, articulação e interação dos setores de educação, ciência, tecnologia e inovação com o setor empresarial. Para maiores informações, conferir: www.cgee.org.br.

em termos científicos, técnicos, econômicos e sociais, argumentando que a expressão “Química Verde e Sustentável” torna-se uma variante da própria QV. Tundo (2007), porém, apresenta uma diferenciação entre a Química Sustentável (QS) e a Química Verde. Para ele, a QS trata de processos mais ambientalmente benignos e que possibilitam uma maior margem de lucro, enquanto a QV se interessa primordialmente por processos mais benignos ambientalmente, sem ser precisamente de interesse industrial.

Marques e Machado (2014) também reconhecem a QV como uma nova prática da Química, adequada para trazer SA a produtos e processos químicos. Porém, destacam que a Sustentabilidade é um conceito que envolve uma série de problemas em diferentes níveis, tais como: a observação, a descrição, a quantificação e o esclarecimento dos fatos, a análise de suas causas, o prognóstico e a formulação de hipóteses, a definição de objetivos e a visualização e a construção de estratégias para persegui-los. Portanto, há a necessidade de se levar em conta os limites físicos do ambiente, assim como as limitações impostas pela Segunda Lei da Termodinâmica no campo da Química (no que diz respeito às transformações materiais e energéticas), que não devem ser desconsideradas ao se discutir a SA no âmbito da QV (MARQUES *et al.*, 2013).

Por essas razões, assumimos, baseados em Georgescu-Roegen (2012), que a SA deva ser buscada como um processo sócio-histórico, e ainda que incessante e inalcançável, sua inevitável busca requer uma gestão adequada dos recursos naturais (energéticos e/ou materiais) e dos sistemas que dão suporte à vida (como a atmosfera, a hidrosfera e o clima, por exemplo). Tudo isso exige mudanças comportamentais e atitudinais nos campos econômico, social, científico e tecnológico (LIAO, 2012).

Desta maneira, defendemos que os conceitos e práticas relacionados à Química e aos postulados da Termodinâmica, que envolvam o alcance e os limites da SA, do DS e da sustentabilidade em geral, devem fazer parte da formação dos químicos, já que tais entendimentos irão influenciar suas práticas químicas, sua atividade científica, e também, o ensino dessa ciência. Advogamos, portanto, pela inserção da QV no ensino visando à formação de profissionais químicos.

No entanto, convém ressaltar que não se trata somente de incluir os doze princípios da QV em disciplinas do currículo da graduação em Química, mas uma formação para o pensamento crítico e reflexivo, que questione, por exemplo, os objetivos e o uso da QV para além de

processos industriais mais limpos. A QV tem potencial para contribuir à busca da SA como processo histórico e temporal, sempre considerando a impossibilidade física desse alcance, pelos limites termodinâmicos. Sendo assim, configuramos o ensino da QV como uma Educação Química Verde. Defende-se que ela precisa fazer parte da formação de seus profissionais, seja no ensino de química escolar, na graduação ou na pós-graduação. Como esta tese tem como foco principal a circulação de ideias envolvendo a QV, e os reflexos ao seu ensino, passamos a discorrer sobre argumentações e justificativas para essa escolha, e isso se dará com base na literatura, no capítulo seguinte.

O capítulo que aqui se encerra teve como objetivo principal “evidenciar ideias e discutir compreensões sobre a crise ambiental e sua relação com a Química, circulantes em produções acadêmicas, especialmente aquelas ligadas à QV”, no intuito de responder à primeira questão complementar desta investigação: **Em que aspectos compreensões sobre a crise ambiental e sua relação com a Química circulantes em produções acadêmicas orientam visões sobre QV?**

Em síntese, buscamos, ao longo dessas páginas, demarcar o que parte da literatura, relacionada com a ciência Química, traz acerca da crise ambiental (definições, compreensões, causas, características, etc.), e o que nós, enquanto pesquisadores, entendemos acerca dessa problemática de abrangência planetária. A tomada de consciência, consequência de preocupações com a proteção e cuidados com o ambiente natural, fortemente pressionada pelos movimentos ambientalistas emergentes na década de 1960, impulsionou a busca de soluções aos problemas ambientais, resultando na publicação do “Relatório Brundtland” (1987). Este, como já assinalamos, descreve e delinea a tentativa de superar as limitações que a tecnologia e a organização social impõem sobre o meio ambiente, discute e apresenta o conceito de DS a partir de uma ideia-força que busca defender um tipo de desenvolvimento econômico para a melhoria social, tendo como pano de fundo essencial a tutela do ambiente. Esse foi o contexto histórico, sociopolítico e ambiental, de influências e implicações, que contribuiu para o surgimento da QV.

Assim, foi a partir da contextualização acerca das relações de alguns problemas ambientais resultantes de atividades químicas, que discutimos o surgimento da QV como uma possibilidade de desenvolvimento de novas ideias e práticas da Química, na busca de soluções aos grandes desafios ambientais impostos à sociedade e à economia moderna, procurando avançar para sistemas mais sustentáveis de produção. Ou seja, destacamos a necessidade da Química (clássica)

ser feita e pensada sob um novo olhar, evoluindo a uma química mais limpa e preventiva em relação ao ambiente, nos moldes apregoados pela QV.

Neste sentido, ao pensarmos o contexto de produções científicas da QV, e utilizando algumas categorias epistemológicas de Fleck, consideramos possível caracterizar a existência de um coletivo formado por integrantes que compartilham uma forma de pensar e praticar a QV, ao produzir e difundir os resultados de suas pesquisas em/sobre Química Verde. Esse coletivo é constituinte de um círculo esotérico (FLECK, 1986) em relação a outro coletivo, que forma um círculo exotérico, constituído por aqueles químicos que (ainda) não incorporam a QV (e no limite, práticas de cuidados com o ambiente) aos processos e produtos químicos que desenvolvem. Cabe observar que ainda não explicitamos a presença dos integrantes nesses círculos, cuja preocupação, foco de atuação e produções se centram no ensino da QV, algo sobre o qual nos debruçaremos mais adiante.

Por fim, pensar em mudanças na relação quanto ao uso dos recursos naturais e o repensar as formas de produção e utilização de materiais e os padrões de consumo atuais dependem da transição para sistemas mais sustentáveis, algo que não é simples, uma receita mágica, pois depende do desenvolvimento de novos métodos, produtos e/ou processos que possam atender aos limites do meio ambiente e contribuam com a busca da sustentabilidade ambiental. Dentro dessa perspectiva, o ensino da Química não pode negligenciar seu papel e a nova abordagem que a QV oferece.

A seguir, discutimos a circulação de ideias, as experiências e as propostas voltadas ao ensino da QV, analisando implicações à formação dos químicos, particularmente, a formação de professores de química.

CAPÍTULO 3

CIRCULAÇÃO DE CONHECIMENTOS SOBRE A QUÍMICA VERDE: INFLUÊNCIAS NO ENSINO DE QUÍMICA

A ciência da qual partimos, a Química e a Química Verde/Sustentável, parece muito difícil e talvez o seja por causa de sua complexidade e sua linguagem. Na verdade, o que é realmente difícil é traduzir esta matéria em palavras e em uma linguagem mais acessível, não apenas cientificamente, mas também do ponto de vista da divulgação e da comunicação... (GREEN, 2007, p. 2, tradução nossa).

A partir das considerações anteriores, evidenciamos a necessidade de mudanças no ensino da Química, sobretudo em relação a incorporar os cuidados com o ambiente, em convergência com a busca pela prevenção de danos ambientais, princípio norteador intimamente relacionado aos princípios da QV. Isso implica em fazer com que esse princípio alcance a formação do químico, assim como seus valores e produções científicas, evoluindo da Química Clássica à Química Verde. Contudo, abrimos este capítulo com alguns tópicos relacionados aos aspectos ambientais e sua relação com o ensino de Química para, depois, adentrar propriamente no levantamento e análise de produções em QV.

Portanto, discutiremos a QV na perspectiva da importância de seu ensino. E faremos isso, levantando e analisando a circulação de ideias e práticas sobre a temática ambiental, de estudos e relatos de atividades específicas da QV, particularmente aquelas voltadas ao ensino da Química, a partir de publicações feitas nos espaços de divulgação da SBQ: nos Anais de sua Reunião Anual (RASBQ) e de suas quatro revistas científicas: *Química Nova* (QN), *Química Nova na Escola* (QNEsc), *Revista Virtual de Química* (RVq) e *Journal of the Brazilian Chemical Society* (JBACS). Com isso, e ancorados na perspectiva epistemológica de Fleck, buscamos compreender a dinâmica de construção, disseminação e circulação coletiva do conhecimento acerca da QV, de modo a analisar a ressonância no ensino da Química e na formação do professor de Química.

A análise crítica dessas publicações pode evidenciar a “penetração” dos princípios da QV na constituição de um novo estilo de pensar e fazer da Química, uma vez que essas produções se constituem enquanto expressão do reflexo da produção da comunidade epistêmica dos QV (EPICOCO; OLTRA; JEAN, 2014) — o que pensam, pesquisam e julgam prioridade —, as quais, de certa maneira, podem estar influenciando na formação dos químicos. Nesta investigação, interessa-nos analisar a reverberação dessas produções na formação dos professores de Química, também em nível de pós-graduação. Afinal, tanto os licenciados quanto os pesquisadores em ensino de química são os responsáveis pelo ensino formal dessa ciência, promovendo uma nova postura proporcionada pela QV em relação ao ambiente, e também, uma cultura com vistas à Sustentabilidade.

3.1 O ENSINO DE ASPECTOS AMBIENTAIS PELA QUÍMICA

Como apontamos ao longo dos capítulos anteriores, a degradação ambiental ocorrida em nível planetário está intimamente relacionada às relações entre homem-natureza, agravada, principalmente, pelo seu modo de vida social e suas atividades econômicas. O modelo atual de desenvolvimento econômico tem contribuído, em grande extensão, para o agravamento da situação. Cotidianamente, grandes catástrofes ambientais, naturais ou provocadas por atividades antrópicas são confirmadas por meio da mídia, embora, muitas vezes, de forma genérica e noticiosa (MORADILLO; OKI, 2004).

Desta maneira, a emergência da superação de uma perspectiva conservacionista e técnica para a compreensão e o enfrentamento dos problemas ambientais, consequência do ideário ambientalista e da evolução dos ideais de preservação ambiental, exprime a relevância da inserção da temática ambiental em processos educativos.

É importante que a comunidade química esteja plenamente consciente do desafio que o tratamento de problemas ambientais requer, e que a Química, por si própria, tem muito a contribuir para a sua resolução. Já aos professores dessa ciência, é importante que se apropriem de conhecimentos que possam favorecer a compreensão, a explicação e a possível resolução desses problemas.

Nesse movimento de se repensar os empreendimentos tecnocientíficos, o ensino de Química deve ser transformado, passando a basear-se em uma ética socioambiental, que deve orientar também a Ciência/Química e suas atividades. Em consonância com esse

entendimento, Zandonai e colaboradores (2014) apontam que os “programas de pesquisa do campo da Química e áreas correlatas têm procurado contemplar metodologias, obtenção e uso de produtos que sejam considerados menos impactantes e idealmente inócuos à saúde humana e ao ambiente” (ZANDONAI *et al.*, 2014, p. 75).

A preocupação com relação à conduta do campo da Química no que tange às problemáticas socioambientais, especificamente com relação ao seu ensino, além de fazer referência à sustentabilidade, deve oportunizar conhecimentos científicos, relacionando-os a valores, atitudes, procedimentos e comportamentos dos educandos, de modo a provocar mudanças — consideradas muito necessárias no pensar e agir dos sujeitos — nas questões ambientais. Diante do exposto, é preciso considerar que os próprios documentos que normatizam o ensino de Química no país são inequívocos em relação à importância dada à temática ambiental, conforme se discute a seguir.

3.1.1 Panorama do ensino da temática ambiental no Brasil: o que dizem os documentos norteadores

A educação no país é regida por orientações formuladas pelo Ministério da Educação (MEC). Como o quadro da urgência ambiental planetária coloca um grande desafio aos sistemas escolares, os documentos que regulam o ensino reforçam a importância da abordagem e tratamento de questões ambientais em todos os níveis de ensino, como expresso, por exemplo, nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química (DCN) (BRASIL, 2001), que são as normas que orientam o planejamento curricular das Instituições de Ensino Superior (IES) e que fornecem subsídios para a reformulação dos cursos de Química no país. Constituem-se em princípios, procedimentos e fundamentos a serem observados na (re)estruturação curricular desses cursos, ressaltando que deve haver concordância e coerência entre a formação oferecida e a prática esperada pelos futuros profissionais.

Para o Bacharelado, em se tratando de trabalhos de investigação científica e produção ou controle de qualidade, espera-se que um químico, dentre outras habilidades, “possua conhecimento da utilização de processos de manuseio e descarte de materiais e de rejeitos, tendo em vista a preservação da qualidade do ambiente” (BRASIL, 2001, p. 4). Com relação à aplicação dos conhecimentos, esse profissional deve:

- Saber realizar avaliação crítica da aplicação do conhecimento em Química tendo em vista o

diagnóstico e o equacionamento de questões sociais e ambientais;

- Saber reconhecer os limites éticos envolvidos na pesquisa e na aplicação do conhecimento científico e tecnológico;
- Ter conhecimentos relativos ao assessoramento, ao desenvolvimento e à implantação de políticas ambientais [...] (BRASIL, 2001, p. 4 e 5).

O mesmo documento ressalva que a formação de um Licenciado em Química deve fornecer:

[...] capacidade crítica para analisar de maneira conveniente os seus próprios conhecimentos; assimilar os novos conhecimentos científicos e/ou educacionais e refletir sobre o comportamento ético que a sociedade espera de sua atuação e de suas relações com o contexto cultural, socioeconômico e político (BRASIL, 2001, p. 6).

Como esses cursos — Bacharelado e Licenciatura — se inter cruzam, podem influenciar na realidade das universidades. Logo, o ensino de Química deve então “compreender e avaliar criticamente os aspectos sociais, tecnológicos, ambientais, políticos e éticos relacionados às aplicações da Química na sociedade” (BRASIL, 2001, p. 7).

Assim como as DCN para os cursos de Química, os documentos oficiais que orientam os currículos da Educação Básica apontam, no geral, para a importância do tratamento de questões ambientais. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Fundamental (BRASIL, 1997), o meio ambiente é sugerido como um tema transversal. Já os Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio (PCNEM) expressam como objetivos formativos o desenvolvimento de competências e habilidades pelos alunos a partir do ensino científico-tecnológico, pois o aprendizado deve contribuir para o desenvolvimento de “meios para a interpretação de fatos naturais, a compreensão de procedimentos e equipamentos do cotidiano social e profissional, assim como para a articulação de uma visão do mundo natural e social” (BRASIL, 1999, p. 7).

Quanto ao ensino de Química, especificamente, o documento ressalta que os conteúdos químicos devem ser abordados de forma interdisciplinar, permitindo também a contextualização do

conhecimento, considerando-se as vivências individuais dos alunos e a sociedade em sua interação com o mundo (BRASIL, 1999). Já nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCN+) (BRASIL, 2002), que buscaram complementar os parâmetros já instituídos, o ensino de Química deve “possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si, quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas” (BRASIL, 2002, p. 87).

É evidente a importância dada à inserção de questões ambientais no ensino da Química, indicando a necessidade da utilização de formas diversas para o seu tratamento e abordagem. Porém, o que se observa é a dificuldade que os professores apresentam em trabalhar com questões ambientais em sala de aula, uma vez que a prática docente da maioria dos professores de Química do Ensino Médio continua baseada no ensino tradicional (SCHNETZLER; ARAGÃO, 1995; COELHO, 2005; MARQUES *et al.*, 2007).

No que tange à pós-graduação, a CAPES desempenha um papel fundamental na expansão e consolidação da pós-graduação (mestrado e doutorado) em todos os estados da Federação. Suas atividades podem ser agrupadas em linhas de ação, cada qual desenvolvida por um conjunto estruturado de programas:

- avaliação da pós-graduação *stricto sensu*;
- acesso e divulgação da produção científica;
- investimentos na formação de recursos de alto nível no país e exterior;
- promoção da cooperação científica internacional.
- indução e fomento da formação inicial e continuada de professores para a educação básica nos formatos presencial e a distância.³¹

Dentre suas resoluções, decretos, deliberações, leis, normas, pareceres e portarias, a coordenação publicou em 2010 o Plano Nacional de Pós-Graduação (PNPG) 2011-2020, em dois volumes (BRASIL, 2010a; 2010b). Esses documentos definiam novas diretrizes, estratégias

³¹ Informação disponível em: www.capes.gov.br/historia-e-missao. Acesso em: 16 fev.2015.

e metas para dar continuidade e avançar nas propostas para a política de pós-graduação e pesquisa no Brasil. Já em 2012, a CAPES publicou o livro *Contribuição da pós-graduação brasileira para o desenvolvimento sustentável – Capes na Rio+20*, no qual apresentava os avanços da pós-graduação brasileira na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, denominada Rio+20, em comemoração aos 60 anos de criação da agência. Nele, buscava identificar recursos, potencialidades e desafios a serem trabalhados conjuntamente na direção de um padrão de desenvolvimento coerente aos ideais de sustentabilidade (BRASIL, 2012), tendo como base informações provenientes dos outros dois documentos, além de incluir textos elaborados por especialistas de reconhecimento internacional e contribuições de consultores e de coordenadores de áreas de avaliação da CAPES. Em função de nosso objeto de pesquisa, nos deteremos agora a destacar aspectos desse último documento.

O texto registra a evolução da PPG brasileira no enfoque do DS e seus marcos históricos, além do quadro atual e os desafios da pós-graduação relacionados aos temas da Rio+20, sendo apresentados aspectos ligados aos importantes instrumentos para a formação dos recursos humanos. Apresenta também um resgate histórico sobre os Planos Nacionais de Pós-graduação (PNPG), já elaborados, e que tiveram como objetivo “capacitar docentes das universidades, avaliar o desempenho do sistema de pós-graduação e o desenvolvimento da pesquisa científica e tecnológica, para o atendimento das prioridades nacionais” (BRASIL, 2012, p. 18).

A compilação do primeiro documento (I PNPG 1975-1979) ocorreu em paralelo às discussões promovidas a partir da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo, em 1972, o que implicou em uma etapa importante do avanço da discussão da questão ambiental e repercutiu na urgente necessidade de produção e intercâmbio de informações e conhecimento. Isso resultou em uma série de mudanças, como a criação, nos últimos anos, de instrumentos legais e institucionais brasileiros, segundo consta:

O governo estabeleceu instituições e leis, nas quais vêm **incorporando ao discurso político, as preocupações com o desenvolvimento humano e meio ambiente**. Foram criadas e fortalecidas diversas entidades nessa vertente, **cabendo destacar aquelas relativas ao meio ambiente** que congregam órgãos e instituições estaduais do