

Publicações sobre Química Verde com abordagens CTS

Publications on Green Chemistry with STS Approaches

Resumo

O objetivo do estudo foi levantar e discutir trabalhos na literatura brasileira, no período de 2000 a 2018, que articulam teorias e práticas da Química Verde (QV) com abordagens Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), aplicadas ao Ensino de Química/Ciências, em diálogo com o tema da sustentabilidade ambiental. Ao explorar a busca de integração envolvendo esses dois campos do saber, a análise preliminar permitiu observar poucos trabalhos existentes que se configuram majoritariamente mais como uma busca por descrever o que a literatura traz a respeito, por fazer algumas recomendações e por não apresentarem propriamente propostas de ensino abrangendo essa perspectiva integradora. Não obstante, o teor dos estudos reforça as contribuições da QV e, em certa medida, do seu ensino à formação do senso crítico de estudantes e professores em relação à ciência e à tecnologia, suas implicações na sociedade, em especial, no enfrentamento de problemas relacionados ao ambiente e à sustentabilidade.

Palavras chave: Química Verde; Ciência, Tecnologia e Sociedade; Ensino de Química.

Abstract

The aim of this study was to present and discuss publications in the Brazilian literature, from 2000 to 2018, that articulate Green Chemistry (QV) theories and practices with Science, Technology and Society (STS) approaches applied to Chemistry / Science Teaching, in dialogue with the environmental sustainability theme. Exploring the search for integration involving these two fields of knowledge, the preliminary analysis allowed observing few existing works which are configured mostly as an investigation for describing what literature brings about and for making some recommendations. However, they not present education proposals of this integrative perspective. Nonetheless, the content of the studies reinforces the contributions of QV and its teaching to the formation of the critical sense of students and teachers in relation to science and technology, its implications in society, especially in tackling problems environment and sustainability.

Key words: Green Chemistry; Science, Technology and Society; Chemistry teaching.

Apresentação e Caracterização da Pesquisa

A formação inicial e continuada de professores de Química/Ciência proporciona um momento importante, tanto ao repensar caminhos da docência quanto para refletir e experimentar abordagens alternativas, como as que envolvem a perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Nesse sentido, um tema emergente e em voga, como o da sustentabilidade ambiental, carrega em si contradições e conflitos significativos no campo social, ambiental e econômico, cujo enfrentamento político, científico e pedagógico pode ser explorado nas perspectivas humanizadora de educação e CTS de educação científica e tecnológica. Não é demais recordar que o ensino de Ciências pode e deve contribuir para que se compreenda a importância da minimização dos danos ambientais provocados pelos impactos dos processos tecnológicos, que podem ser causados, entre outros, pelo uso de insumos tóxicos e/ou processos químicos que poluem a atmosfera, o solo e a água.

Nesse sentido, é possível observar iniciativas de estudos, pesquisas e relatos de experiências no âmbito geral da Química os quais visam à inclusão da Química Verde (QV) no ensino e na formação do químico, tanto acadêmico quanto industrial (ANASTAS et al., 2009). Dentre os escopos dessas iniciativas estão o de contribuir para a transformação do panorama atual de descontrole ou inércia nas mudanças envolvendo processos industriais. Isso traz implicações às pesquisas científicas em nível acadêmico que podem oferecer novos processos e produtos químicos ambientalmente mais benignos e limpos, por meio do design e de controle da poluição.

Tais objetivos da QV procuram estar em consonância com as perspectivas, objetivos formativos e as abordagens CTS, para proporcionar uma melhor formação docente, em que se orientem os futuros professores a ensinar sobre compostos, materiais e processos mais limpos e sustentáveis. Um profissional que possa compreender e dominar conhecimentos e práticas químicas baseadas na prevenção – por exemplo, fundamentados nos Doze Princípios da QV, contribuindo, portanto, para um novo modo de pensar e praticar a Química (MARQUES; MACHADO, 2014).

Concordamos com Machado (2011), quando afirma que a QV, considerada um campo teórico de pesquisa e de intervenção reconhecido, se constitui como um suporte à busca de um tipo de desenvolvimento que seja sustentável, além de desenvolver e utilizar processos mais verdes, estabelecidos através dos 3Princípios (Povo/Planeta/Prosperidade), segundo os quais as indústrias químicas não produziram mais substâncias tóxicas, não gerariam poluição e, portanto, não teriam a necessidade de remedir os problemas ambientais. Obviamente, tais processos requerem desenvolvimento de novas técnicas de síntese, de novos designs moleculares e de um conjunto de novos procedimentos químicos que expressem uma nova racionalidade ambiental, em consonância com uma perspectiva CTS mais crítica e humanizadora (AULER, 2007).

No âmbito da formação CTS, é possível encontrar vários trabalhos na literatura e em livros didáticos (exceto no ensino superior) que trabalham o conteúdo científico levando em consideração o contexto histórico e social dos estudantes, como o livro de Santos e Mól (2016) voltado ao ensino médio.

Contudo, a falta de aspectos históricos e a relação entre ciência, tecnologia, sociedade no ensino superior comprometem o senso crítico e a tomada de decisão, assim como pode contribuir para retornar a aprendizagem das ciências para a racionalidade técnica, desconsiderando os aspectos da educação cidadã e do papel, por exemplo, da QV na formação (ambiental) do sujeito (BORREDA; PEÑA, 2016).

Tem-se como hipótese nesta pesquisa que no Brasil existe um significativo número de

trabalhos científicos que fazem uma aproximação da QV com abordagem CTS, na perspectiva de vir a formar um sujeito mais crítico e que saiba discernir entre compostos, materiais e processos mais sustentáveis, portanto, uma formação tecnológica mais crítica. Considerando isso, nosso problema de pesquisa foi levantar e discutir, a partir da produção científica nacional, como vem ocorrendo a integração entre QV e a abordagem CTS no ensino de Química/Ciências e se essas produções se situam na perspectiva da sustentabilidade ambiental. Assim, ao se identificarem estudos e discussões de temas da QV no Ensino de Química em associação às abordagens CTS, espera-se contribuir com a construção de um quadro teórico-metodológico voltado ao ensino da QV.

Metodologia

Caracterizada como pesquisa de natureza bibliográfica, realizamos um levantamento, no período de 2000 a setembro de 2018, de produções acadêmicas na forma de artigos científicos, teses, dissertações e textos publicados em anais de eventos, abrangendo as áreas da Química e Educação/Ensino. A seleção inicial do material se deu a partir das categorias pré-determinadas (que são também as palavras chave usadas nesta pesquisa): Química Verde e CTS; Química Verde e Sustentabilidade; Química Verde e Aspectos Sócio-científicos, Química Verde e Desenvolvimento Sustentável. Tais categorias subsidiaram a análise de conteúdo (BARDIN, 2011), tendo como foco: 1) pesquisas e inovações em didática científica, e 2) discussões de propostas e relatos de experiências no ensino da QV.

O levantamento das produções foi realizado usando-se as bases de dados: SciELO (Scientific Electronic Library Online), Capes-Periódicos, banco de dissertações e teses da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações – BDTD e o Google Acadêmico (<https://scholar.google.com/>). Nesse último, foram vistas até as 10 primeiras páginas de ocorrência, em que não se observavam mais referências contendo todas as palavras chave usadas na pesquisa. Na base Capes-Periódico, a busca por palavras chave descritas acima se revelou bastante difícil, pois muitos trabalhos científicos se repetem nas outras bases de dados e, para evitar duplicidade, coletamos os dados nomeando o arquivo com o sobrenome do primeiro autor, ano e assunto.

Publicações sobre QV e abordagem CTS: 2000 a 2018

Na tabela 1 estão apresentadas as categorias emergentes da análise e a quantidade/natureza de trabalhos divulgados de autores nacionais: artigos publicados (em anais de eventos e em periódicos indexados) e as dissertações e teses encontradas.

Ressalta-se que, ao se usarem as categorias pré-determinadas e após análise de conteúdo, observou-se que algumas referências apresentavam agrupamento dessas categorias, como, por exemplo: Química Verde e abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade e Aspectos Sociocientíficos; Química Verde e Sustentabilidade (SUS) e Desenvolvimento Sustentável (DS). Em face disso surgiram essas novas categorias (emergentes), mostradas na tabela 1, em que a QV é o centro da análise e junto a ela se integram outros *corpus* de análise, como: CTS, Aspectos Sociocientíficos, SUS, DS, Educação Ambiental, Socioambiental e Química Sustentável.

O processo de ensino e aprendizagem envolvendo Questões Sociocientíficas (QSC) exige por si só uma metodologia de aplicação específica e, ao mesmo tempo, discute questões de abordagem críticas, controversas, de cunho social. Considera-se aqui que esse tipo de trabalho necessita do enfoque CTS para sua sustentação (AZEVEDO et al., 2013). De forma que, em

nossa pesquisa, as investigações encontradas sobre QSC foram enquadradas dentro de um currículo que possui esse enfoque CTS.

Número	Categoria	Trabalhos Científicos
1	Química Verde e: abordagem CTS e/ou Aspectos (Questões) Sociocientíficos (ou Sociocientíficas)	3 Teses, 4 dissertações, 3 artigos, 1 evento (ENPEC)
2	Química Verde e: SUS e/ou DS e/ou Educação Ambiental e/ou Socioambiental e/ou Química Sustentável	4 artigos, 3 eventos (SIMPEQUI, ANPED, DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, 3rd International Workshop/Advances in Cleaner Production), 2 revisões, 2 dissertações, 2 TCC.

Tabela 1: Categorias de análise e quantidade trabalhos associados.

A revisão bibliográfica buscou apenas por trabalhos científicos de autores brasileiros que publicam sobre QV na perspectiva CTS. Contudo, mesmo que a maioria dos trabalhos encontrados tenha sido publicada em periódicos indexados nacionais, em poucos casos os artigos selecionados advinham de periódicos ou eventos internacionais mas que envolviam pesquisadores brasileiros.

Ressalta-se que, mesmo priorizando os trabalhos que explicitassem de modo mais claro a integração QV-CTS, em alguns trabalhos tal ligação apareceu expressa entre QV e sustentabilidade, ou da QV com o DS e/ou ainda entre QV e educação ambiental. Portanto, mesmo que não envolvendo ou citando diretamente o enfoque CTS, estes trabalhos foram também considerados por nós como fazendo parte dessa perspectiva, desde que expressassem em suas temáticas algum tipo de discussão e incluíssem referenciais teóricos reconhecidos nacional e internacionalmente nas discussões CTS. Diferentemente, deixaram de ser considerados na composição de nossa amostra os trabalhos que, mesmo contendo abordagem CTS, não apresentavam discussões sobre QV. Como resultado, na categoria 1 foram encontradas 3 teses e 4 dissertações, e apenas 2 dissertações na categoria 2, compreendendo as universidades UFSC, USP, UNB, UFSCar.

Destacam-se aqui alguns exemplos de trabalhos na 1ª categoria. A tese de Melo (2010), que descreve a elaboração e aplicação de uma metodologia de ensino para licenciando em Química, baseada nos princípios da Química Verde e com ênfase em questões socioambientais na perspectiva CTS. O trabalho de Silva (2013), que trata da elaboração e aplicação de uma proposta de sequência didática com enfoque CTS, usando a QV como tema, foi dirigido a alunos do ensino médio no Distrito Federal e cujos resultados mostraram-se promissores à aplicação dessa prática nesse nível de ensino. O trabalho de Coelho (2005), que discute sobre controle de poluição derivada do carvão em uma região de Santa Catarina, particularmente sobre o problema da chuva ácida na perspectiva do enfoque CTS e da QV, concluiu que não existe um entendimento dessas questões por parte dos professores de Química da localidade pesquisada. A dissertação de Roloff (2011), que faz um trabalho interessante em que investiga a inserção de questões ambientais (com as perspectivas de QV, CTS e Educação Ambiental) em cursos de Licenciatura em Química nas regiões sul e sudeste do país, registrando uma visão reducionista no currículo com relação ao ambiente e a Ciência. Também a dissertação da Vieira (2015), que avaliou a inserção da temática ambiental em instituições de educação superior na Universidade Federal de São Carlos, utilizando-se de uma ferramenta virtual conhecida como “Teste de Sustentabilidade”. Esse estudo aponta para uma maior promoção de reflexões e diálogos acerca de QV, CTS e Educação Ambiental

nessas instituições.

A tese de Roloff (2016), também da 1ª categoria, fez uma investigação sobre a presença de Química Verde (QV) em teses e dissertações em áreas ligadas ao ensino e formação de professores de Química, usando Aspectos Sociocientíficos (ASC) em uma categoria de análise. Em seus resultados se encontram apenas discussões sobre questão socioambiental, sócio-histórica e sobre sociologia, mas nenhuma discussão em específico sobre CTS ou ASC em articulação com QV.

Além desse trabalho, têm-se outros dois artigos, na 2ª categoria, de revisão sobre QV: o primeiro trata dos 20 anos da QV (FARIAS; FÁVARO, 2011), e o outro aborda a evolução do conceito sobre QV (SOUSA-AGUIAR et al., 2014), mas ambos não relacionam a análise com CTS. Já alguns trabalhos que relacionaram CTS com sustentabilidade o fazem, todavia, sem discutir ou relacionar com a QV. Destaca-se, nesses casos, a tese de Souza (2016), que discute a formação do técnico agrícola a partir de uma questão sociocientífica relevante - a pulverização de agrotóxicos em uma cidade no Mato Grosso, através do Princípio da Precaução. Um trabalho que busca a tomada de consciência dos professores locais sobre o problema socioambiental gerado pelo uso desses agrotóxicos.

Os trabalhos que integram a QV com a abordagem CTS são em número reduzido, e a maioria ou faz uma revisão na literatura ou trata essas duas áreas de pesquisa separadamente no mesmo trabalho científico (ANDRADE et al., 2016). São poucos os que trabalham diretamente essa articulação, direcionando-a ao ensino de Química, com propostas voltadas à educação em Química Verde. Exemplos positivos são os trabalhos de Júnior e Figueirêdo (2018) e Moreira et al. (2017), que desenvolvem problematizações e contextualizações usando a abordagem CTS. Nessa última referência, os autores argumentam, com uma fundamentação teórica bem embasada, que a integração entre CTS e QV é muito importante à formação de estudante / cidadão crítico preparado para discutir e enfrentar os problemas ambientais da atualidade (MOREIRA et al., 2017).

Considerações finais

Em nossa pesquisa foram encontrados vários trabalhos relevantes integrando a QV com a SUS, o DV, a Educação Ambiental ou Socioambiental. Entretanto, também se observou uma incipiência de trabalhos que articulem explicitamente QV e CTS no Brasil. Contudo, o uso de nossas categorias *a priori* nas bases de dados da pesquisa revelou vários trabalhos de autores internacionais (que não foram aqui analisados), mostrando que a relação QV-CTS tem merecido atenção de pesquisadores, de modo que tais levantamentos irão subsidiar futuros trabalhos.

Os trabalhos analisados que tratam diretamente sobre a articulação da QV com as abordagens CTS mostraram a necessidade de que se desenvolvam mais propostas voltadas ao ensino da QV, o que poderá abrir possibilidades para que visões de ciência e de tecnologia sejam explicitadas no ensino, como as defendidas pelo movimento CTS. Portanto, essas possibilidades futuras constituem implicações importantes para o campo de pesquisa sobre Ensino QV. Acredita-se que isso possa contribuir à formação do químico e de professores de Química (inicial e continuada). Se os cuidados com o ambiente for um eixo formativo desde a educação básica, formando jovens na cultura do ambiente, a escola estará preparando estudantes mais conscientes e críticos aos desafios da sustentabilidade ambiental, a exemplo dos problemas do aquecimento global, perda da biodiversidade e o desmatamento.

Agradecimentos e apoios

Ao PPGECT-UFSC pela bolsa PNPd da Capes, UTFPR - Campus Curitiba.

Referências

- ANASTAS, P. T. (Editor); LEVY, I. J. (Editor); PARENT, K. E. (Editor). **Green Chemistry Education: Changing the Course of Chemistry**. ACS Symposium Series. 1st Edition American Chemical Society, 2009.
- ANDRADE, L. G.; BARROS, J. K. C.; VASCONCELOS, E. R. Questões Socioambientais E Ensino Da Química: Perspectivas E Demandas No Contexto Do Eneq 2010-2012. **Revbea**, V. 11, n. 1, 2016, p. 85-96.
- AULER, D. Enfoque Ciência -Tecnologia - sociedade: Pressupostos Para o Contexto Brasileiro. **Ciência & Ensino**, vol. 1, número especial, 2007.
- AZEVEDO, R. O. M.; GHEDIN, E.; SILVA-FORSBERG, M. C.; GONZAGA, A. M. G. Questões sociocientíficas com enfoque CTS na formação de professores de Ciências: perspectiva de complementaridade. **Amazônia | Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v.9 (18), 2013.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BORREDA, L. M.; PEÑA, A. V. Química Verde y Sostenibilidad en la educación en ciencias en secundaria. **Enseñanza de Las Ciencias**, V 34 (2), 2016, p. 25-42.
- COELHO, J. C. **A Chuva Ácida na Perspectiva de Tema Social: Um Estudo com Professores de Química em Criciúma (SC)**. Dissertação – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- FARIAS, L. A.; FÁVARO, D. I. T. Vinte Anos De Química Verde: Conquistas E Desafios. **Quim. Nova**, V. 34, n. 6, 1089-1093, 2011.
- JÚNIOR, C. A. S.; FIGUEIRÊDO, A. M. T. A. Química Verde – “Fator E”: Atividade Lúdica Aplicada Em Uma Turma Inclusiva. **Edu. Ambiental em Ação**. Número **63**, Ano **XVI**. Março-Junho/2018.
- MACHADO, A.S.C. Da Gênese a educação da Química Verde. **Química Nova**, V, 34, 2011.
- MARQUES, C. A.; MACHADO, A.S.C. (2014). Environmental Sustainability: implications and limitations to Green Chemistry. **Foundations of Chemistry**, V. 16, 2014, p. 125-147.
- MELO, M. R. **Elaboração e análise de uma metodologia de ensino voltada para as questões sócio-ambientais na formação de professores de química**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, São Paulo, 2010.
- MOREIRA, A. M.; AIRES, J. A.; LORENZETTI, L. Abordagem CTS e o conceito química verde: possíveis contribuições para o ensino de química. **ACTIO**, V. 2, n. 2, 2017, p. 193-210.
- ROLOFF, F. B. **Questões Ambientais em Cursos de Licenciatura em Química: As Vozes do Currículo e Professores**. Dissertação – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- ROLOFF, F. B. **A Circulação De Conhecimentos Em Química Verde Em Teses E Dissertações: Implicações Ao Seu Ensino E À Formação De Professores De Química**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

- SANTOS, W.; MÓL, G. (coords). **Química Cidadã**. Editora AJS Ltda, 3ª edição, 2016.
- SILVA, A. K. M. **Abordagem de Temas CTS em uma Escola Particular: Análise de uma Experiência Vivenciada**. Dissertação – Universidade de Brasília, 2013.
- SOUZA, L. C. A. B. **Problematização do Princípio da Precaução na Formação do Técnico Agrícola: Reflexões para o Enfrentamento da Racionalidade Instrumental**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- SOUSA-AGUIARA, E. F.; ALMEIDA, J. M. A. R.; ROMANO, P. N.; FERNANDES, R. P.; CARVALHO, Y. Química Verde: A Evolução de um Conceito. **Quim. Nova**, Vol. 37, n. 7, 2014, p. 1257-1261.
- VIEIRA, M. S. **Ambientalização universitária: o olhar dos estudantes da UFSCar para as questões ambientais**. Dissertação – Universidade Federal de São Carlos, Centro de Educação e Ciências Humanas, 2015.