

## **Química Verde no Ensino Médio: Currículo e Inovação no Ensino de Ciências**

### **Green Chemistry in High School: Curriculum and Innovation in Science Teaching**

#### **Resumo**

Em 2017, o Centro de Ensino Integrado de Química da USP de Ribeirão Preto promoveu a 15ª edição da Olimpíada Regional de Química, evento que recebe alunos do Ensino Médio de diferentes escolas de Ribeirão Preto e região. O tema trabalhado foi a Química Verde, uma das vertentes da química sustentável que praticamente não é discutida nas escolas, já que o conceito não aparece nas propostas curriculares e nem nos livros didáticos de Química do E. M. Em uma das atividades correlatas à ORQ foi realizada uma oficina para discussão curricular da temática com os professores de E. M. Neste trabalho discute-se os meandros desta atividade de formação continuada que teve como foco a atualização curricular, a promoção de autonomia docente e a reflexão sobre as metodologias de ensino. Concluiu-se pela necessidade de inserção deste tema no currículo articuladamente aos conteúdos já trabalhados, porém, de modo atualizado e inovador.

**Palavras chave:** Currículo; Formação docente; Ensino de Ciências.

#### **Abstract**

In 2017, the Integrated Learning Chemistry Center of USP in Ribeirão Preto, promoted the 15<sup>th</sup> edition of the Regional Chemistry Olympiad, an event that receives high school students from different schools of Ribeirão Preto and the region. The theme worked was Green Chemistry, one of the aspects of sustainable chemistry that is practically not discussed in schools, since the concept does not appear in the curricular proposals nor in the textbooks of Chemistry of the High School Level. In one of the activities related to the ORQ, a workshop was held for curricular discussion of the theme with the teachers of the High School Level. This work discusses the meander of this continuous training activity that focused on curricular updating, the promotion of teacher autonomy and reflection on teaching methodologies. It was concluded by the need to insert this theme in the curriculum articulately to the contents already worked, but in an updated and innovative way.

**Key words:** Curriculum; Teaching formation; Science teaching.

#### **Introdução**

A Química como ciência da (trans)formação da matéria aparece em todos os itens de nossa vida diária, do alimento conservado em latas e duráveis por anos aos celulares ultrarrápidos; da água que sai da torneira aos pratos e talheres comestíveis; do ‘reino dos plásticos’ aos medicamentos mais eficazes. Mas, o encantamento das produções científicas

mais inovadoras nem sempre chega com essa ênfase nas salas de aula. Com um currículo pouco flexível e com novidades sempre em débito com o “hoje”, os livros didáticos da área nem sempre conseguem funcionar como recurso/fonte de inovação no ensino de Ciências. Se antigamente eles eram a fonte de informação atualizada, esta função certamente está se deslocando na atualidade para as atuais novas tecnologias. A presença da informatização em todas as salas de aula com acesso imediato à rede mundial de computadores e aos sites de notícias poderia facilitar muito este trabalho, mas essa realidade ainda está longe das classes brasileiras. A inovação dos conteúdos em sala de aula acaba ficando a cargo da disposição e condição dos professores, para que suas aulas apanhem e compartilhem um pouco do que surge diariamente no mundo da ciência.

Apesar dos grandes benefícios que os produtos da ciência apresentam, não é incomum que as mídias de comunicação em massa, em especial a televisão e mais atualmente a rede mundial de computadores, alardeiem diversas situações de degradação ambiental, efeitos colaterais de medicamentos, aumento de doenças relacionadas ao uso de metais pesados nas baterias de celulares, a presença de substâncias cancerígenas nos enlatados e nos plásticos, etc. Ou seja, a produção científica guarda tanto a possibilidade de grande melhoria quanto de grandes implicações danosas ao meio ambiente e à sociedade e esse processo é histórico. Nesse sentido, pensar na crítica a um modelo hegemônico de dominação e descrição de verdades acaba sendo uma premissa importante de ser discutida no campo da formação de professores seja na formação inicial, seja na formação continuada. Isso porque, o ensino de ciências implica não apenas o conhecimento do conteúdo científico, mas também os seus modos de produção, divulgação e utilização.

Neste sentido, em 2017, o Centro de Ensino Integrado de Química (CEIQ), em parceria com o Centro de Excelência para Pesquisa em Química Sustentável (CERSusChem), promoveu a 15ª edição Olimpíada Regional de Química (ORQ), cujo tema foi “ConsCiência: a Química também pode ser Verde”. Entre os objetivos da XV ORQ, pretendia-se divulgar a temática e discutir com professores e alunos de ensino médio os princípios de química verde, contextualizando-os num enfoque atual e interdisciplinar, ressaltando a importância da educação ambiental. Uma palestra sobre o tema foi elaborada e apresentada para aproximadamente 2100 alunos de ensino médio e 60 professores participantes da ORQ, durante a 1ª fase da ORQ, que também participaram de experimentos práticos relacionados à temática da olimpíada. A referida palestra continua disponível *online* no site do Centro.

Assim, com os argumentos da necessidade de atualização de conteúdos por parte dos professores da área das ciências exatas e naturais, da atualidade dos assuntos tratados em sala de aula e dos livros didáticos como fonte de conhecimento e informação, é que apresentamos aqui um trabalho realizado com professores em uma atividade formativa que buscou articular: formação continuada, atualização e estudo crítico do currículo do Ensino Médio.

### **Sobre educação ambiental**

A ideia de Educação Ambiental surgiu na década de 1970, vinculada à movimentos ecológicos, e só depois foi incorporada ao âmbito educativo (CARVALHO, 2004). A partir da década de 1980, o termo “Educação Ambiental” se popularizou e tem passado por várias reformulações (GUIMARÃES, 1995). Pode-se dizer que atualmente, a Educação Ambiental é considerada parte da educação e contempla não só questões ambientais, mas uma profunda transformação de conhecimentos, valores, atitudes e relações, necessárias para a construção de uma nova realidade, sendo base para construção de uma sociedade sustentável (LIMA, 1999).

A consideração da compreensão do ambiente natural como fundamental para a Educação Básica, presente na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 9394/96)

foi um passo importante, assim como a inclusão da temática ambiental como um dos temas transversais nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para a escola básica.

Cerca de 40 anos se passaram e a educação ambiental ainda não foi devidamente implementada no ensino brasileiro, muitas vezes não havendo disciplinas específicas para abordar o assunto, bem como muita confusão é feita, principalmente quando tratamos de Educação Ambiental, Química Ambiental e Química Verde, que muitas vezes são tratadas como sinônimos, mas são áreas distintas.

A Química Verde surgiu na década de 1990 e pode ser definida como o planejamento e desenvolvimento de processos químicos que reduzem ou eliminam substâncias nocivas à saúde humana e ambiental (ANASTAS & WARNER, 1998). O termo tem sido usado no sentido de uma química mais limpa, ecológica, antipolvente e dos produtos sustentáveis. Embora existam pontos de intersecção entre Química Verde e Química Ambiental, os termos não devem ser usados como sinônimos, já que esta é definida como o estudo das fontes, reações, transporte e efeitos das espécies químicas em água, solo, ar, ambientes de vida e os efeitos da tecnologia nos mesmos. Deste modo, a química ambiental não é a ciência da monitoração ambiental, mas sim busca tornar compreensíveis os mecanismos que definem e controlam a concentração de espécies a serem monitoradas (MANAHAN, 2007).

O início da Química Verde esteve atrelado ao programa “Rotas Sintéticas Alternativas para Prevenção de Poluição”, da agência norte-americana EPA (“Environmental Protection Agency”), que previa apoio financeiro para pesquisadores que incluíssem em seus projetos a preocupação com a poluição em suas rotas sintéticas. Mais tarde foram criados programas similares em vários países, como Inglaterra, Itália, Austrália e Alemanha. O Consórcio Universitário Química para o Ambiente (INCA), criado em 1993 na Itália, propunha reunião de grupos acadêmicos envolvidos com química e ambiente e uma de suas áreas de atuação é a prevenção de poluição através da pesquisa em reações, produtos e processos mais limpos. Anualmente, o INCA tem organizado eventos que reúnem químicos do mundo todo. Ainda em 1997, em setembro, a IUPAC (“International Union for Pure and Applied Chemistry”) organizou sua Primeira Conferência Internacional em “Green Chemistry”, em Veneza; em julho de 2001 (LENARDÃO *et al.*, 2003).

Como supracitado, a Química Verde pode ser definida como o desenho, desenvolvimento e implementação de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso ou geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente, estando ligada à ideia de tecnologia limpa que possibilite controle rigoroso na emissão de poluentes, sendo regida pelos seguintes princípios (ANASTAS & WARNER, 1998):

- 1- Evitar a produção do resíduo é melhor do que tratá-lo ou “limpá-lo” após sua geração;
2. Economia de Átomos. Deve-se procurar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final;
3. Síntese de Produtos Menos Perigosos;
4. Desenho de Produtos Seguros;
5. Solventes e Auxiliares mais Seguros;
6. Busca pela Eficiência de Energia;
7. Uso de Fontes Renováveis de Matéria-Prima;
8. Evitar a Formação de Derivados;
9. Catálise Eficiente;

10. 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;
12. Química Intrinsecamente Segura para a Prevenção de Acidentes.

Segundo Paul T. Anastas e John C. Warner (1998) a "Química Verde consiste na utilização de um conjunto de princípios que reduzem ou eliminam o uso ou a geração de substâncias perigosas durante o planejamento, manufatura e aplicação de produtos químicos". Outra definição, proposta pela EPA (Environmental Protection Agency) considera que a Química Verde é o uso da química para prevenir a poluição. Mais especificamente, é o planejamento de produtos e processos químicos que sejam saudáveis ao ambiente. Ao mesmo tempo em que a QV propõe que se evite ou diminua a utilização ou produção de produtos poluentes, por outro lado, estabelece a fabricação de produtos benéficos ao ambiente.

## Procedimentos metodológicos

A atividade proposta foi realizada com um grupo de 60 professores de Química de escolas públicas e particulares de Ribeirão Preto e região, e consistiu em organizar professores em grupos menores, de no máximo 10 pessoas, sendo que cada grupo deveria explorar diferentes livros didáticos, analisando se a temática da Química Verde aparecia de alguma maneira.

Depois dessa primeira análise e constatação de que o tema não aparece no currículo de Química do Ensino Médio, instigamos os professores a buscarem conteúdos e assuntos nos próprios livros didáticos que permitissem abordar a Química Verde em sala de aula. Cada grupo propôs uma atividade ou situação problema com a qual abordaria o conceito e os 12 Princípios da Química Verde nas escolas, apresentando os resultados para os demais grupos e discutindo as propostas, seja na forma de sequência didática, de debate ou atividade proposta aos alunos.

## Resultados e discussão

Ao analisar os conteúdos dos livros didáticos, os professores mostraram-se surpresos pelo fato do tema e dos conceitos da Química Verde não aparecerem em nenhum momento para serem discutidos nas escolas. Para mostrar a pertinência e importância da temática, foi feita, durante a oficina, uma pesquisa sobre o tema "Química Verde" no Google, e encontramos pouco mais de 300 mil resultados. A mesma pesquisa foi feita para o termo em inglês, "Green Chemistry", e foram encontrados quase 20 milhões de resultados. Isso mostra o quanto a Química Verde ainda é pouco estudada e discutida no Brasil. Foi discutido o grande destaque do assunto na mídia, na qual cada vez mais notícias evidenciando a química verde são veiculadas, bem como questões cobradas em vestibulares referentes ao tema (e. g. VUNESP, 2008; FUVEST 2009; ENEM 2013 e 2015).

Cada grupo escolheu um tema central do currículo de Química do Ensino Médio, propondo uma atividade ou dinâmica e adaptando o conteúdo, de maneira a poder abordar os conceitos da Química Verde na sala de aula, apresentando a proposta para os demais grupos. A discussão gerada foi bastante rica, propiciando a problematização mais ampla do próprio

currículo e foi fundamental para a inovação na concepção do ensino, seleção de conteúdos e liberdade didática do professor, corroborando a importância de que os professores tenham autonomia e criticidade sobre as temáticas a serem trabalhadas em sala de aula e que a perspectiva positiva em relação à química seja ressaltada.

Muitos professores relataram, inclusive, que ficaram sabendo da existência da Química Verde apenas devido à Olimpíada do ano de 2017 e que por isso, inclusive, estavam curiosos por entender do que se tratava e como poderia ser ensinado isso na escola. De todo modo, a atividade resultou em importantes produções dos professores com relação ao ensino de Química Verde em sala de aula. Porém, é importante destacar que isso não teria ocorrido se não tivéssemos organizado a atividade com alguns elementos estratégicos como, por exemplo:

- A orientação propositada do pesquisador que ministrava a oficina. Antes de fazer qualquer análise o pesquisador apresentou, exemplificou e discutiu com os professores o que é exatamente Química Verde e como ela pode revolucionar a indústria química e, conseqüentemente, com impactos ambientais, sociais e econômicos muito significativos;

- Houve o direcionamento para a análise de diversos livros didáticos, de diferentes anos e com objetivo de identificar, a partir do 12 princípios da Química Verde, quais conteúdos poderiam ser ensinados a partir da QV. E os professores se surpreenderam ao perceber a capacidade que eles mesmos tinham de reconhecer e mudar a sequência de conteúdos trazendo inovação nas suas aulas;

- No ato dos estudos houve a possibilidade de acesso à Internet para pesquisas imediatas. Isso fez com que os professores conseguissem reconhecer a atualidade do tema, os vídeos disponíveis, bem como a importância desta temática para a indústria química do futuro. Além disso, este acesso possibilitou que as discussões entre eles fossem ricas, carregadas de novas informações que eram, por todos, discutidas, analisadas, criticadas e “filtradas”. Sem dúvida este exercício foi muito importante para o desenvolvimento da autonomia desses professores.

- Finalmente, os professores, sob orientação do pesquisador, criaram atividades para sala de aula, com base em uma metodologia investigativa. Ou seja, os professores estudaram, dialogaram e propuseram atividades que tinham como conteúdo conceitos importantes do ensino de química, baseados nos princípios da Química Verde e que tinham potencial de ensino para os alunos em sala de aula.

No caso da formação docente, as mais recentes Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica (BRASIL, 2002) ressaltam a necessidade da reformulação dos cursos de licenciatura para, em última instância, colaborar para a promoção “do desenvolvimento sustentável e a superação das desigualdades sociais” no país.

O currículo constitui-se como um local onde os diferentes atores, detentores de determinado capital social e cultural, legitimam certas concepções e disputam o poder de definir quem possui a autoridade na área, sendo capazes de influenciar propostas curriculares oficiais, práticas pedagógicas, a partir dos diversos processos de recontextualização de seus discursos (BERSTEIN, 1996). Nesta mesma direção, compreender o currículo como espaço-tempo de fronteira cultural e a cultura como lugar de enunciação têm implicações na forma como concebemos o poder e, obviamente, nas maneiras que criamos para trabalhar com ele (MACEDO, 2006).

O papel do professor de química no ensino médio é crucial, pois cabe a ele instigar o aluno, fornecendo dados sobre questões relacionadas à sustentabilidade e preservação do meio-ambiente com o objetivo de formar um pensamento crítico a respeito. Não é possível se falar em educação de qualidade sem interdisciplinaridade, e sem a inclusão de temas sociais

(CHASSOT, 2003).

De acordo com a análise da Lei Federal 9.795/99, verifica-se que existe a recomendação para que a Educação Ambiental seja inserida, de forma transdisciplinar, nos diferentes segmentos de ensino (BRASIL, 1999). No entanto, apesar de já quase duas décadas terem transcorrido, ainda não percebemos esta inserção. Podemos elencar uma série de fatores, que contribuem para a EA ainda não atingir os diferentes níveis de ensino, como por exemplo, a presença ainda de ensino fragmentado, falta de investimentos sólidos nas licenciaturas e em programas de formação continuada dos professores, principalmente dos primeiros segmentos da educação, dentre outros. Entre estes fatores é de se destacar, que ainda não temos, na maioria das escolas do Brasil, um ensino interdisciplinar e transdisciplinar, conforme indicado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997). Temas relacionados à química verde são, em geral, desconhecidos por alunos do ensino médio e, por isso, faz-se necessária a estimulação e a incorporação de debates e reflexões sobre um mundo mais sustentável (GOULART *et al.*, 2017).

Apesar da importância do tema e da relevância em se incorporar os princípios da Química Verde na formação inicial e continuada de professores de Química, isso não ocorre de maneira formal na formação docente. Já que não existem disciplinas específicas na grade curricular dos cursos de licenciatura que abordem o tema, este é tratado basicamente por meio de eventos, em cursos de curta duração, restringindo-se à apresentação de alguns conteúdos ou tópicos de maior apelo no momento (LENARDÃO *et al.*, 2003).

### **Considerações Finais**

Embora o meio ambiente seja o principal foco de atenção da Educação Ambiental, da Química Ambiental e da Química Verde, os objetivos e ações em cada campo são diferenciados. A Química Ambiental é parte da Educação Ambiental, tendo como objetivo contribuir principalmente para que as pessoas compreendam cientificamente os problemas ambientais e as consequências de suas escolhas sobre o meio ambiente.

A Química Verde com seus 12 Princípios traz ideias relevantes e indispensáveis para serem discutidas, como a não geração de resíduos e produção de produtos com menor ou nenhum impacto ambiental, ela também reforça a ideia de natureza como fonte esgotável de recursos. O desenvolvimento tecnológico ainda tem seu cerne baseado na exploração desenfreada da natureza, visando sempre a maior eficiência e o menor custo, muitas vezes sem mensurar ou dar importância ao impacto ambiental causado. Um dos objetivos que permeia as três áreas do conhecimento discutidas é a sensibilização e a conscientização da população, trazendo a compreensão dos problemas da ação antrópica no meio ambiente e visando mudanças de atitudes. A temática coloca em xeque a relação homem-natureza e conduz para a reflexão sobre a repercussão das ações de cada indivíduo no todo.

Nesse sentido, o disparador deste texto, o tema da XV Olimpíada Regional de Química, representou a oportunidade de refletirmos sobre essa temática buscando respostas menos diretas e mais atentas ao impacto social, econômico e político do ensino da temática ambiental nas escolas, gerando uma ampla e riquíssima discussão sobre currículo e diferentes estratégias para abordar a importante temática da Química Verde na sala de aula com os alunos.

### **Agradecimentos e apoios**

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FAPESP pelo suporte financeiro.

## Referências

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press: Oxford, 1998.

BERNSTEIN, B. A Estruturação do Discurso Pedagógico: classe, códigos e controle. Petrópolis: Vozes, 1996.

BRASIL. Secretaria da Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: temas transversais - meio ambiente/saúde. Brasília: Secretaria de Educação Fundamental, MEC/SEF, 1997. V. 9. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro081.pdf>

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências Matemáticas e da Natureza e suas Tecnologias. Brasília, MEC/SEMTEC, 1999. 4v.

BRASIL. Resolução CNE/CP 2 de 19 de fevereiro de 2002. Institui a duração e a carga horária dos cursos de licenciaturas, de graduação plena, de formação de professores da Educação Básica em nível superior. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 de março de 2002. Seção 1, p.9. 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES08-2002.pdf>.

CARVALHO, M.C. Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico. Cortez: São Paulo, 2004.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. Revista Brasileira de Educação, n. 22, p. 89-100, 2003.

GOULART, A. K.; FIGUEIREDO, A. K. M.; NASCIMENTO, R. C.; SEIDL, P. R. Ensino em Química Verde. Caderno de Química Verde, ano 2, n.4, p. 10-16, 2017.

GUIMARÃES, M. Educação Ambiental para quê? In: Guimarães, Mauro. A dimensão ambiental na Educação. Campinas (SP): Editora Papirus, 1995. pp. 29-39.

LENARDÃO, E.J.; FREITAG, R.A.; DABDOUB, M.J. e BATISTA, A.C.F. “Green Chemistry“- os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. Quim. Nova, Vol. 26, No. 1, 123-129, 2003

LIMA, G. F. C. Educação, emancipação e sustentabilidade: em defesa de uma pedagogia libertadora para a educação ambiental. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Identidades da educação ambiental brasileira. Brasília, 2004. p. 85-112.

MANAHAN, Stanley E. Química ambiental. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 912 p.

MACEDO, E. Currículo: Política, Cultura e Poder. Currículo sem Fronteiras, v.6, n.2, p.98-113, 2006.