

A produção mais limpa no ambiente educacional como ferramenta da abordagem CTSA

Valeria dos Santos Moraes-Ornellas¹
Ricardo Bastos Ornellas²

Resumo: A abordagem CTSA se preocupa em estabelecer conexões ente o conhecimento científico e as situações do cotidiano dos alunos. Uma opção adequada para trabalhar questões ambientais neste âmbito, no ensino de Ciências e Biologia, está associada à implementação de componentes de gestão ambiental no ambiente educacional. Selecionou-se como objeto deste estudo a metodologia da Produção Mais Limpa (PML), a fim de analisar a potencialidade de se empregar dela em escolas e universidades. Observou-se que poucos trabalhos vêm sendo desenvolvidos em torno da mesma em ambiente educacional. No entanto, as pesquisas que já foram realizadas mostram um grande potencial de formação dos estudantes para a cidadania, com empenho das instituições de ensino em torno de sua responsabilidade social e educativa. Sugere-se a necessidade de se desenvolverem mais trabalhos em torno da implementação da PML em ambiente educacional na perspectiva CTSA.

Palavras chave: educação e meio ambiente, gestão ambiental, CTSA, produção mais limpa

1 Professora da Universidade Federal do Pará - UFPA, vsmornellas@ufpa.com;

2 Graduando do Curso de Tecnólogo em Gestão Ambiental da Universidade Estácio de Sá - UNESA, rbornellas@gmail.com;

Introdução

Estratégias didáticas baseadas na abordagem CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente vêm sendo associadas ao ensino de temáticas ambientais, porém de maneira contextualizada. A promoção da capacidade de raciocínio e de resolução de problemas, de competências cognitivas e de cidadania, de atitudes e normas de conduta responsáveis, através do ensino de Ciências e Biologia, é um propósito da orientação CTSA (FERNANDES; PIRES; DELGADO-IGLESIAS, 2018, p. 875). Ela se preocupa com a produção do conhecimento científico que permita a construção de uma sociedade ecologicamente sustentável, devendo o professor “criar situações de aprendizagem que permitam ao aluno estabelecer conexões entre o conhecimento científico e as situações de seu cotidiano” (SILVA; SANTOS; KATO, 2016, p. 739). Questões ambientais podem ser trabalhadas de modo que se cumpram com eficiência com objetivos do enfoque.

Cabe ao professor, “elaborar atividades criativas, adaptadas ao contexto socioambiental que possam levar à reflexão sobre a realidade”, como o uso de situações reais, em locais próximos escola e com atividades que chamem a atenção para as novas produções da ciência (SILVA; SANTOS; KATO, 2016, p. 744). A metodologia escolhida para a presente análise, a PML - Produção Mais Limpa propõe aplicação continuada de uma estratégia que é preventiva de riscos ao ambiente e à sociedade e que pode ser adaptada ao ambiente educacional. Em geral, ela tem sido empregada com a função de aumentar a eficiência da produção (em ambientes empresariais), minimizar desperdícios e reduzir riscos ao ambiente e à sociedade, alavancando o potencial inovador da organização que a implemente (WERNER et al. 2009).

Em ambiente educacional universitário, Espinosa e Bachega (2011) enumeram como importantes funções da PML: mobilização da comunidade em torno de aplicações do conceito de sustentabilidade, conscientização quanto à necessidade de reciclar resíduos e aplicação de outros conceitos/métodos (como a ecoeficiência) nas universidades. Em torno do uso da metodologia em escolas, Santos et al. (2015, p. 3) destacam ser preciso desenvolver propostas que considerem as especificidades do ambiente escolar. Em uma análise da viabilidade econômica da aplicação dela em escolas, os autores reconhecem como elementos a serem considerados: consumo de copos descartáveis, de papel, alimentos, energia elétrica e água, além de uso e armazenamento de matérias-primas, geração e destinação de resíduos sólidos.

O fato é que muitos resultados positivos podem ser obtidos a partir da implementação da metodologia, como a “minimização dos resíduos gerados, através da redução, reuso, reciclagem e a minimização dos recursos empregados (HINZ et al., 2007, p. 7)”. Além do que, em ambiente educacional, ela pode servir ainda como recurso didático para o ensino de Ciências e Biologia em uma perspectiva CTSA. Isso porque tal perspectiva propõe a interação de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente através de estratégias pedagógicas (SILVA; SANTOS; KATO, 2016), de modo que os alunos aprendam de maneira mais prática possível a pensar e a entender o que pode resultar de tal interação.

O problema é que existem alguns trabalhos em torno de como aplicar a PML, porém são poucos os artigos sobre sua adoção no Brasil (PEREIRA; SANT’ANNA, 2012). Com relação à implantação da metodologia em ambientes educacionais, existem ainda menos trabalhos publicados. Guedes et al. (2011) demonstram que entre 33 artigos que têm como tema gestão ambiental em uma instituição de ensino e pesquisa, nove expõem resultados da sua implantação. Os problemas ambientais dentro das universidades são mais frequentemente apontados do que propriamente a adoção de gestão ambiental em *campi* universitários. A ausência de descrições em escolas é também mencionada por Santos et al. (2015).

Além do que, não existem tentativas de aproximar os resultados de implantações destes processos à abordagem CTSA no ensino. O presente trabalho procura compilar e organizar informações, fazendo uma análise preliminar de estudos desenvolvidos em torno da PML que de alguma forma envolvem escolas, faculdades e/ou universidades no Brasil. Discute-se a relevância dos resultados obtidos na popularização da metodologia, enfatizando a aplicabilidade dos dados analisados na formação de professores de Ciências e Biologia e no processo de ensino-aprendizagem nas escolas. O estudo tem caráter inovador, embora não seja exaustivo. Ele corresponde à parte introdutória de um processo construtivo de um eixo temático de pesquisa baseado em premissas de CTSA.

Materiais e Métodos

Foram efetuadas pesquisas no sistema de buscas do Google e do Google Acadêmico, aproveitando-se de um recurso que pode ser empregado para a popularização da PML. Obteve-se um estudo exploratório inicial, com uma abordagem qualitativa. Tal busca ilustra o que é mais facilmente localizado por uma mídia que tem ampla aceitação na atualidade. Os artigos e demais

trabalhos encontrados são importantes instrumentos de difusão da metodologia por estarem associados às primeiras páginas do sistema de busca do Google. Sendo assim, discute-se a relevância dos resultados obtidos na popularização da PML, além de se pensar em sua aplicação no ensino de Ciências e Biologia. As palavras-chave empregadas na pesquisa foram: PML nas escolas, PML nas universidades, "escolas públicas" PML e universidades PML.

A fim de aumentar o escopo da pesquisa, fez-se uma busca nos anais do Congresso Nacional de Gestão Ambiental, realizados entre os anos de 2010 e 2019. Foram analisadas as temáticas de todos os trabalhos apresentados em cada um dos seus episódios. Na análise, foram procurados trabalhos relacionados à PML em ambiente educacional, os quais, quando localizados, passariam por uma pesquisa individual mais detalhada. Estes trabalhos seriam então lidos na íntegra e seus conteúdos integrariam a discussão que este trabalho propõe. A ideia seria encontrar neles elementos que apontassem a relevância para o ensino-aprendizagem e, mais especificamente, de maneira aplicada à área do ensino em Ciências e Biologia, da implementação de projetos de PML em ambiente educacional.

Resultados e Discussão

Foram localizados, nos sistemas de busca do Google, oito trabalhos que abordam a PML em escolas e/ou universidades. A tabela 1 expõe elementos que os caracterizam. Houve maior número de pesquisas sobre a aplicação dos conceitos da metodologia em projetos específicos. Tais aplicações envolveram: a) reciclagem de papel, a partir de tecnologia em laboratório, e de óleo de cozinha em escolas, com participação de profissionais de análises químicas (ESPINOSA; BACHEGA, 2011); b) diagnóstico de aspectos higiênico-sanitários da alimentação escolar (BEUX et al., 2013); c) análise por equipe de Engenharia de Produção da viabilidade da introdução de eficiência energética no âmbito escolar (SILVA, 2015).

Os procedimentos empregados envolveram: realização de workshops (1), estudos de viabilidade (2), pesquisas bibliográficas (3) e pesquisa-ação (2). Eles foram aplicados em escolas (4) e em torno de universidades (4), mas as pesquisas-ação foram todas realizadas no ambiente escolar. Por sua vez, as pesquisas bibliográficas cobriram apenas o contexto das universidades. Em todos os casos, foi enfatizada a necessidade de haver mais esforços para que a PML seja efetivamente implantada em ambientes educacionais. Estas pesquisas em geral concluíram que tanto escolas quanto universidades

devem servir como referenciais para a conscientização dos alunos e da sociedade. Neste sentido, as instituições de ensino fundamental e médio têm importante papel no que diz respeito à prática e à disseminação de conceitos e aplicações da PML no Brasil.

Ficou nítido que a aplicação da metodologia em escolas ainda é muito inexplorada. Além do que, nenhum dos artigos analisados foram produzidos em um enfoque de CTSA. Eles não enfocaram a importância da metodologia como subsídio a um ensino que se propõe a promover a crítica social e a compreensão circunstanciada do uso da ciência e da tecnologia na resolução de problemas. Apenas um deles propôs-se a introduzir a metodologia no ambiente escolar como parte de um processo de Educação Ambiental, mas sem detalhamentos em torno do mesmo (SANTOS et al., 2015). Outros dois trabalhos procuraram aplicar aspectos científicos e tecnológicos da área ambiental em escolas (ESPINOSA; BACHEGA, 2011; BEUX et al., 2013). Se bem empregados pelos professores nos seus planejamentos de ensino, projetos deste tipo podem servir bem aos propósitos CTSA.

Pode-se dizer que os projetos encontrados, além de proporem a aplicação de conceitos em programas específicos: a) incentivam o desenvolvimento de inovações; b) desenvolvem procedimentos de implantação da PML em escolas; c) avaliam a aplicação em instituições de pesquisa; e d) geram bases para outras futuras aplicações. Eles exemplificam o que se pode fazer para que escolas e universidades possam implementar processos através dos quais contribuam com a gestão do meio. Devido ao fácil e rápido acesso a eles na plataforma de busca do Google e do Google Acadêmico, estes trabalhos podem funcionar como referenciais para práticas de PML.

Tabela 1. Características de trabalhos que abordam PML em escolas e/ou universidades, segundo pesquisa exploratória realizada usando de mecanismos de busca do Google.

Autoria do Projeto	Objetivos	Procedimentos	Beneficiários
FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (GASPAR, 2009)	- Incentivar práticas de PML; - Discutir a produção de bens com menor consumo de energia, água e matéria prima; - Desenvolver inovações tecnológicas, em busca de conformidade ambiental.	- Realização de workshops sobre PML; - Inclusão do tema nas disciplinas; - Promoção de encontros com coordenadores de cursos; - Organização de concurso para estudantes do ensino superior.	25 instituições de ensino

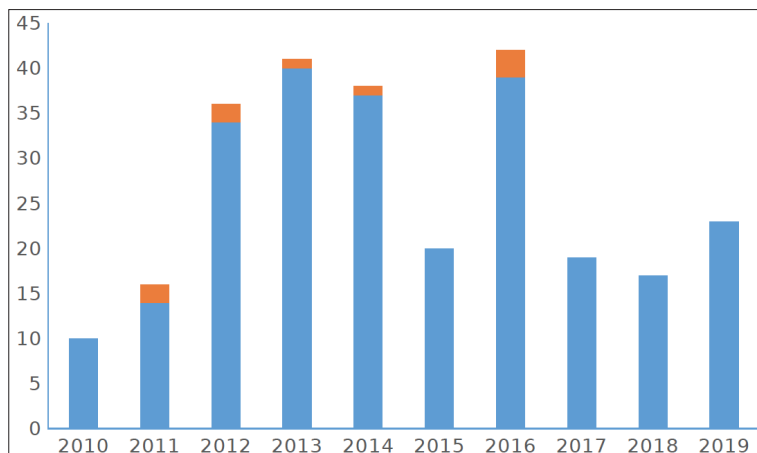
Autoria do Projeto	Objetivos	Procedimentos	Beneficiários
UFG – Universidade Federal de Goiás (SANTOS et al., 2015)	- Introduzir metodologias de gestão ambiental em escolas como parte de um processo de Educação Ambiental; - Desenvolver procedimentos e formas de implantação baseados em metodologias consolidadas pelo CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas.	- Análise da viabilidade da implantação da PML; - Formação de equipe com funcionários da instituição; - Diagnóstico da relação da escola com o ambiente; - Definição das ações a serem implantadas, segundo balanço ambiental e econômico;	Escola Estadual do município de Goiandira – GO
Instituto Oswaldo Cruz (GUEDES et al., 2011)	- Avaliar a aplicação da Produção Mais Limpa no âmbito das instituições de pesquisa no mundo.	- Pesquisa em sites de periódicos eletrônicos; - Análise de dissertações de mestrado em Engenharia Ambiental; - Seleção de estudos de casos da adoção da PML em universidades;	Instituições de pesquisa
Universidade Federal de Goiás (ESPINOSA; BACHEGA 2011)	- Aplicar conceitos de PML como base da sustentabilidade na UFG, por meio de projetos de reciclagem de papel e óleo de cozinha.	- Pesquisa-ação com reciclagem de papel e de óleo de cozinha; - Implantação de parcerias com órgãos municipais e empresas.	Universidade Federal de Goiás e entidades parceiras
UNOCHAPECÓ (BEUX et al., 2013)	- Analisar locais de produção e distribuição da alimentação escolar nos seus aspectos higiênico-sanitários e ambientais dos espaços do entorno da área de produção, observando o destino dado aos resíduos oriundos da preparação da merenda escolar.	- Entrevistas a manipuladoras de alimentos das escolas; - Observações das instalações e do entorno do ambiente de produção de alimentos; - Organização dos dados, segundo características de edificação, higiene de instalações, utensílios e equipamentos e preparo de refeições.	Duas escolas de Chapecó (SC), uma atendendo a 459 estudantes e a outra a 819.
Professores da Universidade Nove de Julho e UFSCar (OLIVEIRA-NETO et al., 2016)	- Entender a relação entre universidades, governo e empreendimentos em torno da pesquisa de PML no Brasil.	- Revisão de literatura em torno de estudos e revisões bibliométricos; - Análise documental de 512 artigos de anais de um congresso.	Base para futuras pesquisas
Mestrado em Engenharia da Produção da Universidade Federal da Paraíba (SILVA, 2015)	- Avaliar a eficiência energética nas escolas; e - Buscar subsídios para futuras tomadas de decisão na melhoria de desempenho energético.	- Entrevista com gestores e professores; - Visita nas escolas para levantar variáveis; - Análise do consumo de energia; - Medição do nível de luminosidade interna e outras variáveis do ambiente escolar	10 escolas municipais e 10 escolas estaduais da cidade de Macaíó

Autoria do Projeto	Objetivos	Procedimentos	Beneficiários
UFRJ, Instituto de Macromoléculas (FARIA; PACHECO, 2007)	- Verificar quanto o conceito de PML está disseminado nas universidades públicas brasileiras, onde futuros empresários, consultores ou pesquisadores concluem que podem e devem participar ativamente da redução da poluição em nosso país.	- Levantamento da produção acadêmica em teses e dissertações; - Acesso aos sites de 42 universidades públicas do Brasil (Biblioteca Digital de Teses e Dissertações); - Acesso ao Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) e TECLIM – Rede de Tecnologias Limpas e Minimização de Resíduos.	Resultados de 11 (onze) universidades públicas brasileiras

Adicionalmente, nos 10 Congressos de Gestão Ambiental, cujos anais foram localizados na internet, levantou-se um total de 253 pesquisas realizadas em ambiente educacional, das quais nove focalizaram em Sistemas de Gestão Ambiental (Figura 1). Não houve nenhum trabalho em torno mais especificamente de PML em universidades e/ou escolas. Vale salientar que a implantação de SGA se assemelha em alguns pontos à implementação de tal metodologia. Embora não haja tratamento dela em escolas a partir da abordagem CTSA, a PML pode ser usada como instrumento do ensino de Ciências e Biologia. O presente trabalho chama atenção para uma lacuna que ainda pode ser melhor trabalhada dentro de uma interface compreendida entre Educação, Meio Ambiente e Sociedade, contribuindo com a formação em cidadania dos alunos e a responsabilidade social das IEs.

Projetos de PML podem estar orientados a diferentes frações do sistema estrutural e funcional de tais instituições. Dentro das universidades, adicionalmente eles são excelentes ferramentas de formação de professores de Ciências e Biologia, pois abrem espaço para o contato dos futuros profissionais com a prática que se baseia em conceitos teóricos da área ambiental. Isso é importante, pois, conforme demonstrado por Fernandes, Pires e Delgado-Iglesias (2018), muitas vezes o enfoque CTSA está mais no discurso do que nas atividades de ensino-aprendizagem. Estes pesquisadores, analisando livros didáticos de Portugal, perceberam que os autores destas obras, “embora estejam cientes das relações CTSA, pois introduzem-nas na informação que disponibilizam, têm alguma dificuldade em propor atividades CTSA (FERNANDES; PIRES; DELGADO-IGLESIAS, 2018, p. 882)”.

Figura 1. Número total de trabalhos apresentados nos Congressos Nacionais de Gestão Ambiental, entre os anos 2010 e 2019, com indicação da proporção de pesquisas sobre SGA (em laranja).



Estas atividades seriam situações por meio das quais os alunos pudessem explorar e avaliar relações que interferem na vida pessoal deles “ou que levem ao seu envolvimento em projetos onde essas relações/interações se manifestam (FERNANDES; PIRES; DELGADO-IGLESIAS, 2018, p. 882)”. É preciso que professores sejam formados a partir do contato com projetos que envolvam as dimensões ciência, tecnologia, sociedade e ambiente para que tenham condições de trabalhar à interação delas com seus alunos. Programas de PML podem servir tanto de instrumento de melhoria da condição de permanência de uma IE no ambiente em que se insere quanto como estratégia didático-pedagógica a ser trabalhada na relação professor-aluno. Afinal, é importante ressignificar o ensino de Ciências e Biologia, favorecendo a construção de conhecimentos e habilidades que permitam aos cidadãos participarem “responsavelmente nas controvérsias científicas e tecnológicas do mundo contemporâneo (PÉREZ, 2012, p. 58)”.

Conclusão

Existem muitos conhecimentos, habilidades e atitudes que podem ser desenvolvidas com apoio da implementação de PML em escolas e/ou universidades. O uso de tal metodologia no ambiente educacional dá oportunidade para os alunos vivenciarem o funcionamento dela. Em universidades, além de servir como embasamento ao ensino e à formação de professores, ela pode ser também empregada como estratégia de extensão

de atitudes acadêmicas à comunidade. Em escolas, os educandos podem praticar a inserção do conhecimento científico na solução de problemas do seu contexto, além de aprenderem cidadania e responsabilidade social. Desta forma, tem-se muitos elementos da perspectiva CTSA em um eixo de ação.

Porém, há muito ainda a se estudar em torno do mesmo, sendo que o presente trabalho tece algumas proposições que podem vir a ser mais bem estudadas em outras futuras pesquisas.

Referências

ALVES, G. de F. et al. Pesquisa sobre coleta seletiva e reciclagem com alunos do ensino médio de escolas públicas na cidade de Ituiutaba – MG. **Extramuros – Revista de Extensão da UNIVASF**, V. 5, n. 1, 2017, p. 122-128.

BEUX, J. et al. Contribuições higiênico sanitárias em local de produção e distribuição de alimentos em escolas públicas sob a ótica da Produção Mais Limpa. **Revista da UNIFEBE**, V. 1, n. 11, 2013.

ESPINOSA, J. W. M.; BACHEGA, S. J. Aplicação de conceitos de Produção Mais Limpa em uma universidade: uma pesquisa-ação sobre reciclagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO, 31., 2011, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABEPRO, 2011.

FARIA, F. P.; PACHECO, E. B. A. V. Disseminação da ferramenta Produção Mais Limpa nas universidades públicas brasileiras. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 1., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIP, 2007.

GASPAR, A. Parceria Fiesp e escolas visa Produção Mais Limpa. 2009. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/ciencia/sustentabilidade/parceria-fiesp-e-escolas-visa-producao-mais-limpa,2608a4b635aab310VgnCL-D200000bbcceb0aRCRD.html>>. Acesso a: 3/11/2019.

FERNANDES, I. M. B.; PIRES, D. M.; DELGADO-IGLESIAS, J. Perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) nos manuais escolares portugueses de Ciências Naturais do 6º ano de escolaridade. **Ciência e Educação**, Bauru - SP, V. 24, n. 4, 2018, p. 875-890.

GUEDES, J. A. et al. Produção Mais Limpa em Instituto de Pesquisa e Ensino: Um estudo bibliométrico. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 3., 2011, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIP, 2011.

HINZ, R. T. P. et al. Monitorando o desempenho ambiental das organizações através da produção mais limpa ou pela avaliação do ciclo de vida. **Revista Produção**, Florianópolis, V. 7, n. 3, nov. 2007.

OLIVEIRA-NETO et al. The state of research on cleaner production in Brazil. **ERA – Revista de Administração de Empresas**, V. 56, n. 6, set./out. 2016, p. 547-577.

PEREIRA, G.; SANT'ANNA, F. Uma análise da produção mais limpa no Brasil. **Revista Brasileira De Ciências Ambientais (Online)**, V. 24, 2012, p. 17-26. Disponível em: <http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/321>. Acesso a 3/11/2019.

PÉREZ, L. F. M. Ensino de ciências com enfoque ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) a partir de questões sociocientíficas (QSC). In: **Questões sociocientíficas na prática docente: Ideologia, autonomia e formação de professores** [online]. São Paulo: Editora UNESP, 2012, pp. 55-61.

SANTOS, P. M. Q. dos. et al. Proposta genérica de aplicação da metodologia Produção Mais Limpa no ambiente escolar. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA, 35., 2015, Fortaleza – CE. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO, 2015.

SILVA, F. A. R.; SANTOS, F. C. dos.; KATO, D. S. Abordagem CTSA no ensino de Ciências: análises dos últimos anos dos encontros de Ensino de Ciências e Biologia no Brasil. **Revista do SBEnbio**, n. 9, p. 738-750, 2016.

SILVA, G. L. da. **Avaliação da eficiência energética em escolas públicas municipais e estaduais de Maceió – Alagoas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

WERNER, E. de M. et al. Produção Mais Limpa: conceitos e definições metodológicas. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 6., 2009, Resende – RJ. **Anais...** Resende: Faculdades Dom Bosco, 2009.