



## Compreensão de Alunos de Graduação Sobre Conceitos de Química Verde

V. S. Antonin <sup>a</sup>, A. C. Morashashi <sup>b</sup>, G. R. P. Malpass <sup>c</sup>

a. Universidade Federal do ABC, São Paulo, [vanessa.antonin@ufabc.edu.br](mailto:vanessa.antonin@ufabc.edu.br)

b. Universidade Federal do ABC, São Paulo, [anna.morashashi@ufabc.edu.br](mailto:anna.morashashi@ufabc.edu.br)

c. Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Minas Gerais,  
[geoffroy.malpassuftm@gmail.com](mailto:geoffroy.malpassuftm@gmail.com)

---

### Resumo

A disciplina *Introdução à Química Verde e Química Sustentável* foi ministrada pela primeira vez na Universidade Federal do ABC no 3º Quadrimestre de 2009. Com o intuito de mapear o entendimento dos alunos antes e depois do processo de aprendizagem foi aplicado um questionário composto por oito perguntas relacionadas aos conceitos investigados. Os questionários foram distribuídos no início das aulas para duas turmas, uma do período diurno e outra do noturno, que cursaram a disciplina. Observamos que a disciplina mostrou-se eficiente, pois os alunos adquiriram conhecimento da Química Verde e de termos relacionados a essa área. Verificamos também a necessidade de expansão dessas áreas no meio acadêmico, como uma forma de contribuir para a formação de profissionais mais responsáveis e tecnicamente capazes na definição de processos químicos que incorporem a variável ambiental.

**Palavras-chave:** *Química Verde, Química Sustentável, Análise do Ciclo de Vida; Ecologia Industrial.*

---

### 1 Introdução

A reflexão sobre as práticas sociais, em um contexto marcado pela degradação permanente do meio ambiente e do seu ecossistema, cria uma necessária articulação com a produção de sentidos sobre a educação ambiental. A dimensão ambiental configura-se crescentemente como uma questão que diz respeito a um conjunto de atores do universo educativo, potencializando o envolvimento dos diversos sistemas de conhecimento, a capacitação de profissionais e a comunidade universitária numa perspectiva interdisciplinar (Jacobi, 2003).

A educação ambiental aponta para propostas pedagógicas centradas na conscientização, mudança de comportamento, desenvolvimento de competências, capacidade de avaliação e participação dos educandos. Propicia o aumento de conhecimentos, mudança de valores e aperfeiçoamento de habilidades, condições básicas para estimular maior integração e harmonia dos indivíduos com o meio ambiente (Reigota, 1998; Pádua e Tabanez, 1998).

Surge então o desafio e a necessidade de se formular uma educação ambiental que seja crítica, inovadora. Cujo objetivo seja o de contribuir com abordagens temáticas na perspectiva da formação de profissionais capacitados para a promoção e exercício da cidadania, revertendo a visão de que ciência e tecnologia sejam

ferramentas de controle e dominação. O seu enfoque deve buscar uma perspectiva de ação holística que relaciona o homem, a natureza e o universo, tendo como referência que os recursos naturais se esgotam e que o principal responsável pela sua degradação é o ser humano.

A ambientalização curricular pode ser definida como um processo complexo de formação de profissionais que se comprometam continuamente com o estabelecimento das melhores relações possíveis entre sociedade e natureza, contemplando valores e princípios éticos universalmente reconhecidos, o desafio de sua inserção não se esgota nos espaços curriculares tradicionais (vulgo disciplinares), mas demanda a totalidade das práticas e políticas acadêmicas de ensino, pesquisa, extensão e gestão, ou seja, os pilares sobre os quais se estrutura a nossa idéia contemporânea de universidade (Zuin et al, 2009).

A Química Verde vem se consolidando como um campo de pesquisa e influenciando a maneira de refletir acerca das atividades químicas e dos impactos de poluição ambiental causados pelas mesmas. Verificou-se a necessidade de uma prática química que, mediante uma postura ética, aja de modo a antecipar os problemas de poluição no meio ambiente. Tendo como destaque seu papel social, através de uma contextualização política, filosófica, história e econômica. Problematicando, a partir da análise, os meios e os fins necessários para o desenvolvimento de um saber/fazer que envolva essa disciplina e que, na mesma medida, exponha sua função social no empenho de promover uma educação conscientizadora. Demonstrando que é preciso compreender a ciência como uma atividade humana resultante de um processo de construção social, desmistificando a visão de neutralidade e infalibilidade científica (Santos e Schnetzler, 1997).

Paulo Freire já enxergava a educação como dinamizadora de um processo de mudança, que ocorre quando há substituição de uma percepção distorcida da realidade por uma percepção crítica da mesma<sup>5</sup>. Toda a obra de Freire é voltada ao encontro de uma prática pedagógica que proporcione uma educação que contraria um processo de adaptação do homem à sociedade. Busca aquela em que o homem transforma a sua realidade para ser mais, no sentido de sua verdadeira humanização, para que ele possa adquirir libertação e autonomia. Marcuse aponta que a tecnologia pode promover tanto o autoritarismo quanto a liberdade, a escassez ou abundância, e ressalta o seu potencial (ou utopia) para a diminuição do tempo e energia gastos na produção de bens necessários à vida, aumentando assim a possibilidade dos sujeitos em individualizar a esfera de realização humana, isto é, favorecendo o processo de expansão da capacidade dos sujeitos para além das urgências (Marcuse, 1999).

O desafio atual para os alunos recém formados em química e áreas afins é satisfazer a necessidade crescente da sociedade para produtos não só de alta qualidade, mas que sejam ambientalmente compatíveis. Devemos tomar consciência do fato que nunca na historia da ciência os profissionais da área têm tido à sua disposição as ferramentas que são disponíveis hoje para alcançar sustentabilidade. A preocupação com o desenvolvimento sustentável representa a possibilidade de garantir mudanças sociopolíticas que não comprometam os sistemas ecológicos e sociais que sustentam as comunidades. Para químicos esta sustentabilidade pode ser alcançada através da aplicação dos princípios da Química Verde (Anastas e Warner, 2000).

No entanto, este é um processo incipiente nas universidades brasileiras, dependente de mudanças efetivas nas estruturas institucionais que permitam o questionamento, a revisão e o desenvolvimento de abordagens epistemológicas, metodológicas, éticas e políticas mais adequadas à dimensão dos desafios colocados pela problemática ambiental.

Neste artigo serão apresentados e discutidos os fundamentos da Química Verde, Ecologia Industrial e Análise do Ciclo de Vida e o mapeamento do entendimento desses termos pelos alunos de graduação em Química da Universidade Federal do ABC, ao longo da disciplina *Introdução à Química Verde e Química Sustentável*.

## **2 Os conceitos de Química Verde, Ecologia Industrial e Análise do Ciclo de Vida**

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. Este conceito, que pode também ser atribuído à tecnologia limpa, já é relativamente comum em aplicações industriais, especialmente em países com indústria química bastante desenvolvida e que apresentam controle rigoroso na emissão de poluentes e vem, gradativamente, sendo incorporado ao meio acadêmico, no ensino e pesquisa (Lenardão et al, 2003). A Química Verde pode ser considerada química para o meio ambiente. Exemplos genéricos da aplicação da Química Verde podem incluir a substituição de um reagente tóxico por um não tóxico, redução na quantidade de solvente empregado em um processo ou aumento na eficiência energética de uma reação.

Os produtos ou processos da química verde podem ser divididos em três grandes categorias:

- i) o uso de fontes renováveis ou recicladas de matéria-prima;
- ii) aumento da eficiência de energia, ou a utilização de menos energia para produzir a mesma ou maior quantidade de produto;
- iii) evitar o uso de substâncias persistentes, bioacumulativas e tóxicas.

A Química Verde baseia-se no incentivo ao desenvolvimento de alternativas a serem adotadas pelas indústrias, que resultem num melhor aproveitamento dos recursos naturais, proporcionando menor poluição ambiental e menos riscos aos trabalhadores e à sociedade<sup>12</sup>. Está sustentada por doze princípios: 1- Prevenção; 2- Eficiência Atômica; 3- Síntese Segura; 4- Desenvolvimento de Produtos Seguros; 5- Uso de solventes e auxiliares seguros; 6- Busca pela eficiência de energia; 7- Uso de fontes de matéria prima renováveis; 8- Evitar a formação de derivados; 9- Catálise; 10- Produtos Degradáveis; 11- Análise em tempo real para a prevenção da poluição; 12- Química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes.

A Ecologia Industrial visa reduzir a demanda por matérias-primas, água e energia e a devolução de resíduos à natureza. Porém, enfatiza a sua obtenção através de sistemas integrados de processos ou indústrias, de forma que resíduos ou subprodutos de um processo possam servir como matéria-prima de outro. Difere nesse ponto da Produção Mais Limpa, que prioriza os esforços dentro de cada processo, isoladamente, colocando a reciclagem externa entre as últimas opções a considerar (Marinho e Kiperstok, 2001).

A Análise do Ciclo de Vida constitui-se em um elemento essencial para a Ecologia Industrial, como ferramenta indispensável para o melhor acompanhamento dos ciclos e a identificação de alternativas de interação de processos. Também o Projeto para o Meio Ambiente (Design for Environment) tem aumentado a sua importância pela necessidade de prever a integração de unidades ou sistemas (Marinho e Kiperstok, 2001).

Dada a importância do conhecimento dos conceitos supracitados, fica enunciada, logo na apresentação, a importância dos discursos educacionais nestes campos. Afim de uma formação generalista, embasada em fundamentos técnico-científicos e humanísticos, com princípios e valores ambientais incorporados a estes campos, como, por exemplo, os da sustentabilidade socioambiental, da equidade e precaução. Com uma formação docente em uma perspectiva de educação Ciência, Tecnologia e Sociedade, associada aos processos didático-pedagógicos concebidos na contextualização problematizadora e dialógica.

Com temas socioambientais como temas geradores para a educação ambiental crítica e emancipatória. Inspirados na pedagogia freireana, os quais serão geradores de ação-reflexão-ação quando carregados de conteúdos sociais e políticos.

### **3 A Pesquisa**

Na primeira parte desse estudo, elaborou-se um questionário em que se pudesse avaliar o entendimento de termos: Química Verde, Ecologia Industrial e Análise do Ciclo de Vida entre os alunos. Além disso, o questionário também tinha como objetivo verificar se os participantes conseguiriam identificar “processos químicos verdes” e as medidas que tivessem fundamentos do tema.

O mapeamento foi realizado através de aplicação de um questionário composto por oito perguntas relacionadas aos conceitos investigados. Os questionários foram distribuídos no início das aulas para duas turmas, uma do período diurno e outra do noturno, que cursaram a disciplina “Introdução à Química Verde e Sustentabilidade”. A pesquisa contou com a participação de 51 alunos, sendo 19 alunos da turma do diurno e 32 alunos do período noturno.

O objetivo do questionário inicial foi o de obter as informações qualitativas para se

identificar aspectos da prática pedagógica; analisar os possíveis modos de abordagem de temas em sala de aula; e entender as dificuldades e/ou possibilidades para abordar questões ambientais nas aulas. Além disso, foi dado um tratamento quantitativo ao conhecimento prévio dos alunos, com relação aos conceitos investigados.

Na segunda parte foi realizada ao longo do curso e os resultados foram obtidos a partir de questões contidas nas provas.

#### 4 Resultados e Discussões

Em um primeiro momento procurou-se saber se os alunos conheciam ou não o termo "Química Verde" através da questão: "Você já teve experiência na área de química verde?"

**Tab. 1.** Percentual de alunos que responderam ter ou não ter alguma experiência prévia na área.

Turma	Sim	Não
Diurno	15,70%	84,30%
Noturno	18,75%	81,25%

Nota-se que em ambas as turmas o número de pessoas que já estudaram ou tiveram conhecimento do assunto é bastante reduzido quando comparado com a amostra total e com valores bem próximos para os dois períodos.

Dos alunos do período diurno que já tiveram algum contato com Química Verde, 50% tiveram a experiência nas disciplinas de graduação, 33,3% leram artigos científicos a respeito de Química Verde e 16,7% leram livros a respeito da disciplina. No caso dos alunos do período noturno, dos que tiveram contato prévio com o termo Química Verde, 66,6% tiveram por meio de cursos técnicos em química, ou em análise químicos industriais, ou ainda por meio de prática em laboratório da disciplina de química orgânica experimental, 16,7% fez algum curso de curta duração e 16,7% cursou disciplinas de graduação.

Após a verificação do contato prévio com o tema, pediu-se o conceito dos termos *Química Verde*, *Ecologia Industrial* e *Análise do Ciclo de Vida*.

**Tab. 2.** Percentual de alunos que entendem, não entendem ou têm conceito parcialmente correto dos termos Química Verde, Análise do Ciclo de Vida e Ecologia Industrial, antes de cursarem a disciplina proposta.

Qualificação das respostas	Química Verde	Análise do Ciclo de Vida	Ecologia Industrial
Incorreta	80,40%	70,60%	60,80%
Correta, entretanto incompleta	7,85%	5,90%	13,70%
Totalmente correta	7,85%	2,00%	0%
Não responderam	3,90%	21,50%	25,50%

De modo geral, pela análise feita a partir das respostas dadas no questionário, a maioria das pessoas de ambas as turmas entendem de maneira equivocada o

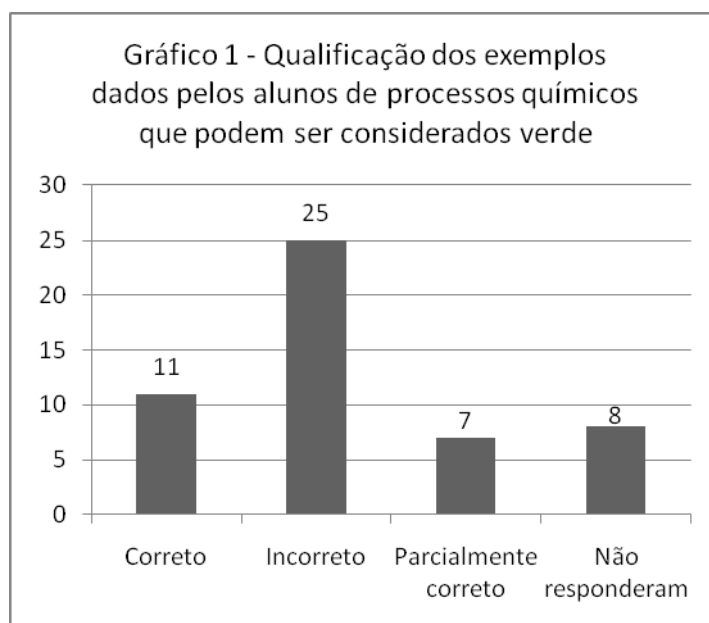
termo Química Verde. As respostas foram relacionadas à biologia, mais especificamente à ecologia. Química Verde foi muito confundida com Química Ambiental.

Apesar da conotação, Química Verde não é sinônimo de Química Ambiental. A Química Ambiental estuda os processos químicos que ocorrem na natureza, sejam eles naturais ou causados pelo homem, embora as pesquisas acadêmicas visem estudar principalmente os aspectos químicos dos problemas que os seres humanos criaram na natureza. A Química Ambiental não é a ciência da monitoração ambiental, mas sim da elucidação dos mecanismos que definem e controlam a concentração das espécies químicas candidatas a serem monitoradas (Mozeto e Jardim, 2002).

O percentual de alunos que não conceituaram corretamente o termo Análise do Ciclo de Vida também foi expressiva. A maioria das respostas para essa questão foi relacionada aos Ciclos Biológicos de Vida ou então aos Ciclos de Elementos Químicos, como o do oxigênio. Muitos alunos não responderam a questão com a justificativa de não conhecerem o termo.

O número de alunos que conceituou o termo Ecologia industrial de forma equivocada também foi elevado. A maioria dos alunos associa Ecologia Industrial com medidas de reduzir o impacto ambiental causado pelas indústrias. Poucos deram respostas que vão ao conceito de ecologia industrial, mas deixaram de falar sobre a parte social que a ecologia industrial também se preocupa. E por isso nenhuma pessoa de ambos os períodos mostrou compreender totalmente o termo.

No questionário solicitamos um exemplo de um processo químico que pudesse ser considerado verde, para analisarmos o grau de entendimento do termo pelos alunos.



De maneira geral pode se observar, que a maioria não deu exemplos que pudessem ser considerados como verdes. Nessa questão, observou-se que por muitas vezes os alunos deram exemplos de processos biológicos ou bioquímicos.

Questionou-se também se os alunos poderiam citar um incidente/problema ambiental e as medidas tomadas para melhorá-lo. Se essas medidas poderiam ser exemplos de Química Verde ou não e por quê.

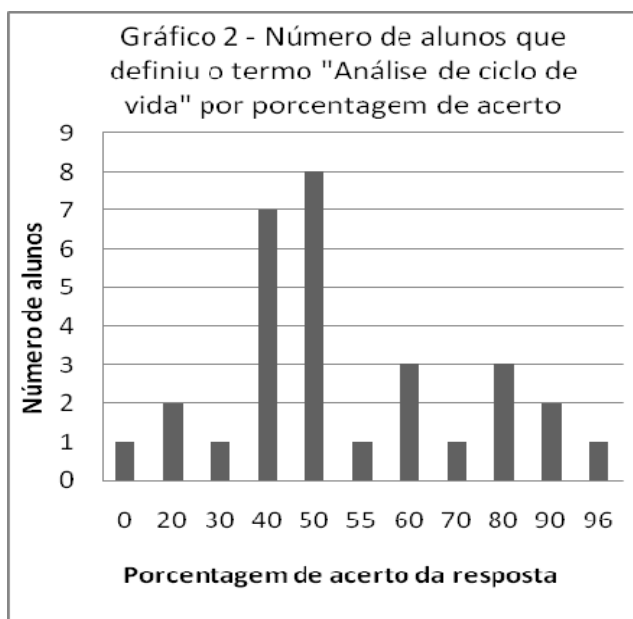
Do período Diurno, aproximadamente 57,9% dos alunos não conseguiram classificar de maneira correta as soluções dadas para o incidente que eles mesmos citaram; 31,6% dos alunos conseguiram identificar medidas como sendo exemplos de um processo verde; e 10,5% dos alunos não responderam a questão. Do Noturno, 50% dos alunos não classificaram de maneira correta a medida para os incidentes citados por eles; 21,9% dos alunos conseguiram fazer a classificação de maneira adequada à medida dada para o incidente ambiental; e 28,1 % dos participantes não responderam.

De maneira geral, o número de alunos que não classificaram corretamente a medida para o problema ambiental foi grande nas duas turmas. Muitos deram justificativas de que a medida tomada estava ligada à preocupação com o meio ambiente, mesmo que a medida citada por eles não fosse de natureza química.

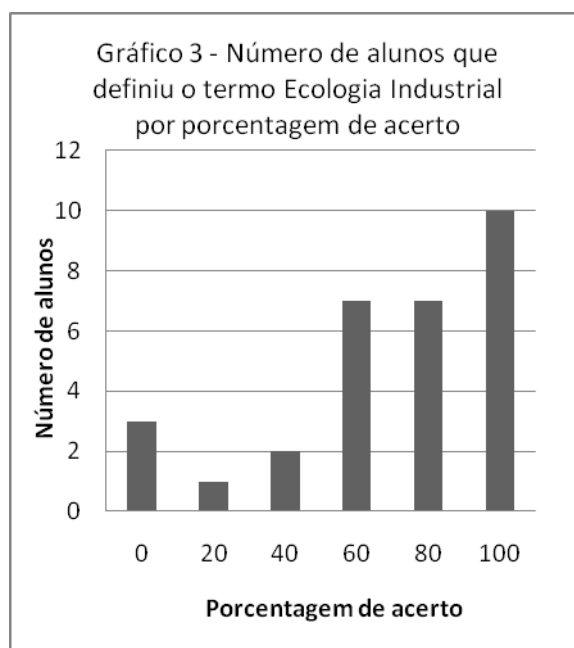
Os resultados da segunda parte foram obtidos a partir da análise das respostas dadas nas provas pelos mesmos alunos que participaram na primeira parte do mapeamento, sendo que as provas foram aplicadas no decorrer da disciplina "Introdução à Química Verde e Sustentabilidade". As questões se basearam basicamente na definição dos termos *Química Verde*, *Ecologia Industrial* e *Análise do Ciclo de Vida*, porém, dessa vez, atribuindo-se percentual de acerto para cada resposta.

Na definição de Química Verde, a maioria dos alunos, cerca de 93%, acertaram a questão por completo e 7% deles acertaram metade da questão. Em comparação com as respostas iniciais, prévias ao curso, pode-se evidenciar que os alunos adquiriram domínio do termo. Anteriormente os alunos confundiam Química Verde com Química Ambiental, o que não ocorreu nessa etapa. Agora as respostas dos alunos que acertaram metade da questão não fizeram associação alguma à química do meio ambiente, apenas não definiram o termo por completo.

Com relação ao termo *Análise do Ciclo de vida*, cerca de 63% dos alunos o conceituaram corretamente, e 34% dos alunos possuem algum conhecimento do assunto. Se comparado com os resultados obtidos no questionário anterior para essa mesma pergunta, obteve-se um melhor resultado. Mesmo os alunos que acertaram 40% da questão não fizeram associação do termo com ciclos biológicos como ocorreu anteriormente.



Na definição de *Ecologia Industrial*, mais da metade dos alunos, por volta de 80%, acertaram totalmente ou parcialmente o conceito e 20% acertaram parcialmente a questão. Na primeira parte, a maioria dos alunos não conceituou de forma correta o termo e nenhum deles acertou totalmente a definição. Diferentemente do que pode ser visto no gráfico 3, onde quase 60% conceituaram o termo corretamente.



## 5 Considerações Finais

A primeira parte desse estudo mostrou que a grande maioria dos alunos não tinha contato prévio com os termos *Química Verde*, *Ecologia Industrial* e *Análise do Ciclo de Vida*. Essa falta de familiarização fez com que Química Verde fosse confundida com Química Ambiental.

A segunda fase mostrou que os alunos ganharam domínio dos termos, pois todos os alunos conseguiram conceitualizá-los de forma correta.



Sendo assim, observamos que a disciplina mostrou-se eficiente, pois os alunos adquiriram conhecimento do termo Química Verde e de termos relacionados a essa área. Apesar de alguns alunos não terem acertado 100% das questões respondidas eles não mais relacionaram os termos com a área da ecologia.

Verificamos também a necessidade de expansão dessas áreas no meio acadêmico, como uma forma de contribuir para a formação de profissionais mais responsáveis e tecnicamente capazes na definição de processos químicos que incorporem a variável ambiental.

A introdução dos conceitos mapeados por esta pesquisa deveria incorporar as áreas clássicas da química, seja em cursos de formação inicial ou continuada. Trabalhar e revigorar seus princípios, internacionalmente reconhecidos. Considera-se que seus princípios têm características epistêmicas e pedagógicas e, portanto, deveriam estar presentes nos processos educativos gerais da educação científica, incluindo a formação dos químicos, licenciados e bacharéis.

Logo, os desafios contemporâneos que se colocam à ciência indicam a incorporação de outras variáveis, como a chamada "sustentabilidade ambiental", de modo a orientar todas as suas práticas sociais, econômicas e políticas.

## 6 Referências

1. Jacobi, P; Cadernos de Pesquisa. 2003,118,189-205.
2. Reigota, M; Desafios à educação ambiental escolar. In: Jacobi, P. et al. (orgs.). Educação, meio ambiente e cidadania: reflexões e experiências. São Paulo: SMA, 1998. p.43-50.
3. Pádua, S.; Tabanez, M. (orgs.). Educação ambiental: caminhos trilhados no Brasil. São Paulo: Ipê, 1998.
4. Santos, W.L.P; Schnetzler, R.P; Educação em Química: compromisso com a cidadania. Rio Grande do Sul: UNIJUÍ, 1997.
5. Freire, Paulo. Educação e Mudança. Editora Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1982.
6. Anastas, P.T., Warner, J.C., Green Chemistry: Theory and Practice, 2000, Oxford University Press.
7. Lenardão, E.J; Freitag, R.A; Dabdoub, M.J; Batista, A.C.F; Silveira, C.C; "Green Chemistry" – Os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. Quim. Nova, 26, 123-129, 2003
8. Marinho, M; Kiperstok, A; Ecologia industrial e prevenção da poluição: uma contribuição ao debate regional. Bahia Anál. & Dados, 2001,10,271-279.
9. Mozeto, A. A; Jardim W. F; A Química Ambiental no Brasil. Quim. Nova, 25: 7, 2002.
10. Zuin, V.G.; Farias, C.R.; Freitas, D. A ambientalização curricular na formação inicial de professores de Química: considerações sobre uma experiência brasileira. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. 2009.8, 552-570.
11. Marcuse, H. Tecnologia, Guerra e fascismo. São Paulo: UNESP, 1999.
12. Sanseverino, A.M.; Química Verde. Uma Nova Filosofia. Ciência Hoje. 2002. 31, 20-27.