

## Análise da verdura química de experimentos propostos para o ensino médio

**Marilei Casturina Mendes Sandri**

[marilei.mendes@ifpr.edu.br](mailto:marilei.mendes@ifpr.edu.br)

Instituto Federal do Paraná (IFPR),  
Palmas, Paraná, Brasil

**Ourides Santin Filho**

[osantin@uem.br](mailto:osantin@uem.br)

Universidade Estadual de Maringá (UEM),  
Maringá, Paraná, Brasil

### RESUMO

Este trabalho apresenta a análise da verdura química de experimentos, propostos por licenciandos em química, para o ensino médio. Para realização dessa análise empregou-se a métrica holística Matriz Verde que consiste na elaboração de uma matriz SWOT, na qual, em uma análise interna elencam-se os pontos positivos e negativos do experimento em relação aos princípios da Química Verde considerados e, numa análise externa, apontam-se as possibilidades de melhoria de verdura e as ameaças intrínsecas ao experimento. Foram analisados 04 (quatro) propostas experimentais elaboradas, em dupla, por 06 (seis) acadêmicos assíduos à disciplina. Os resultados demonstram que duas propostas – P1 e P3 – apresentaram maior verdura atendendo parcial ou plenamente os princípios de verdura analisados. O alto índice de verdura deveu-se principalmente à baixa toxicidade dos reagentes utilizados, suas fontes renováveis e a possibilidade de empregá-los em outros experimentos. As outras duas propostas apresentaram menor verdura química em relação as primeiras, mas em suas análises externas verificou-se possibilidades de melhorá-las sob esse aspecto. Todas as propostas buscaram empregar materiais alternativos como forma de atenuar os impactos ambientais e melhorar a verdura do experimento. Entretanto, verificou-se que a simples substituição de reagentes convencionais por reagentes alternativos não é garantia para atingir esse objetivo. O emprego da Matriz Verde pode servir como uma ferramenta viável, de baixa dificuldade e de largo alcance para avaliar os experimentos de maneira sistêmica, além de propor melhorias que os tornem mais sustentáveis, evitando alegações de “falsa verdura”.

**PALAVRAS-CHAVE:** Experimentação. Química Verde. Matriz Verde. Ensino de Química.

## INTRODUÇÃO

Em 1991, a agência ambiental norte-americana (*Environmental Protection Agency*, EPA) lançou o programa de financiamento para projetos de pesquisa que incluíssem a prevenção de poluição em suas rotas sintéticas, intitulado “Rotas Sintéticas Alternativas para Prevenção de Poluição”, o qual em 1993 foi expandido e ganhou a denominação Química Verde (QV) (ANASTAS; KIRCHHOFF, 2002).

Posteriormente, surgiram outros programas e entidades americanas e europeias incentivadores de práticas verdes, especialmente na área de síntese, catálise e processos mais seguros, como enumeram Lenardão *et al.*, (2003). Entre elas, em 1997 foi criado o “*Green Chemistry Institute*” (GCI), que desde 2001 atua em parceria com a Sociedade Americana de Química (*American Chemical Society*, ACS).

Também a União Internacional de Química Pura e Aplicada – IUPAC, aprovou em 2000, a criação do Subcomitê Interdivisional de Química Verde, premiando pesquisadores, promovendo eventos internacionais e editando obras (ZUIN, 2011). O conceito de Química Verde foi apresentado por Anastas e Werner em 1998, e pode ser definido como “o desenho, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde e ao ambiente” (ANASTAS; WERNER, 1998, p.11).

Essa definição se apoia sobre 12 princípios elencados a seguir:

*1. Prevenção. Evitar a produção do resíduo é melhor do que tratá-lo ou “limpá-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 possuam 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; 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, estas 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 estas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos; 9. Catálise. Reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são melhores que reagentes estequiométricos; 10. Desenho para a 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. (LENARDÃO, 2003, p. 124).*

É importante ressaltar, entretanto, que houve muitos movimentos que contribuíram e influenciaram para o surgimento da QV na década de 1990. Machado (2011) trata de alguns desses movimentos – Lei de Prevenção da Poluição de 1990; o programa canadense de Atuação Responsável instituído em 1985 e o Movimento de Ecologia Industrial surgido no final da década de 1980 – e explica que muitos deles surgiram no bojo da Indústria Química, a qual em função de crescente cobrança social e legal se viu desafiada a mudar suas estratégias de ação. Disso decorre que as questões ambientais e a busca por maior sustentabilidade nos processos químicos foram os impulsionadores do advento da Química Verde.

Tratando do contexto brasileiro, Zuin (2009) esclarece que os conceitos da QV só começaram a ser difundidos no meio acadêmico, governamental e industrial no início desse século. A autora relata que em 2007 ocorreu o primeiro Workshop Brasileiro sobre Química Verde em Fortaleza, no qual foi anunciada a instalação da Rede Brasileira de Química Verde (RBQV).

Percebe-se, através desse breve histórico, que a QV tardou chegar ao Brasil comparado com a data de seu surgimento nos EUA. Nota-se, porém, que as tentativas de difusão e incorporação de seus pressupostos são crescentes, a notar pelo surgimento de grupos de pesquisa destinados a investigações nesse campo e pelos ensejos governamentais de incluí-los nos planejamentos de desenvolvimento sustentável do país.

Contudo, ao avaliarmos o âmbito educacional, percebemos a incipiência de grupos de pesquisa e trabalhos acadêmicos dedicados a avaliar, propor e inserir a QV nos currículos e na prática da sala de aula, nos diferentes níveis educacionais, o que dificulta o encaminhamento dos profissionais da Química em direção aos desafios da sustentabilidade.

## **A QUÍMICA VERDE E A FORMAÇÃO PROFISSIONAL**

“Estudantes de todos os níveis precisam ser introduzidos à filosofia e a prática da Química Verde”. Esse é o apelo de Paul Anastas – um dos propositores dos 12 princípios da QV – e Mary Kirchhoff, ao tratarem dos desafios futuros da QV (ANASTAS; KIRCHHOFF, 2002, p. 686).

Tanto no cenário internacional quanto nacional, muitas outras vozes se somam para reivindicar a inserção dos princípios da QV nos cursos de formação profissional em Química, em nível de graduação e pós-graduação (VILCHES; PEREZ, 2010; PRADO, 2003; MACHADO, 2004; 2011; MARQUES *et al.*, 2007; 2013; ZUIN, 2011; 2015).

Machado (2011) defende firmemente que os princípios da QV sejam difundidos na formação acadêmica, com destaque para os químicos industriais, a fim de auxiliar sua aplicação no meio industrial, onde sua prática ainda é incipiente.

Pinto e colaboradores (2009) tecem a seguinte defesa para a inserção dessa vertente na formação do profissional Químico: “A QV precisa deixar de ser apenas um conceito para ser uma atitude responsável, em que a atividade química não

agrida o meio ambiente, eliminando-se ou minimizando-se, ao máximo a produção de rejeitos e de solventes agressivos ao meio ambiente” (PINTO et al., 2009, p. 568).

Prado (2003) defende que este novo pensamento científico seja difundido através da inserção da QV nos currículos, na prática científica e industrial, e que seus conceitos sejam introduzidos e aplicados na formação de profissionais qualificados para as necessidades desse novo milênio, que traz o Desenvolvimento Sustentável como grande desafio, pois conforme Farias e Fávoro (2011), é inconcebível que dentro do quadro de problemas socioambientais no qual nos encontramos e onde a Química tem um grande papel de enfrentamento, ainda permaneçamos formando químicos que ignoram essa vertente.

Também Vilches e Perez (2010) defendem que a QV passe a fazer parte dos cursos de formação profissional, visando difundir essa nova proposta na formação profissional e levar a cabo essa nova racionalidade tanto no âmbito da indústria, quanto na Educação Básica, colaborando em várias frentes para o desafio de um futuro sustentável.

A defesa da QV como importante ferramenta para o desenvolvimento sustentável é bastante frequente na literatura (ANASTAS; KIRCHHOFF; 2002; MACHADO, 2004; 2011; VILCHES; PEREZ, 2010). Entretanto, embora o apelo ao desenvolvimento sustentável seja amplamente difundido pelo discurso dominante e fortalecido pelas campanhas midiáticas, sua definição ainda é imprecisa e tem gerado polêmica quanto ao seu verdadeiro propósito, o que requer uma reflexão mais profunda para avaliar seus pressupostos e, principalmente, para questionar e reavaliar os paradigmas que orientam as atividades humanas.

Sob essa perspectiva, compreendemos que a QV pode dar conta dessas exigências por representar uma profícua possibilidade técnica-científica de enfrentamento dos problemas que se impõem a sustentabilidade e por representar um rompimento de paradigma na realização das atividades químicas, colaborando para o despertar de uma visão sistêmica dos problemas e da busca por soluções. Assim, a Química Verde representa uma nova forma de conceber e praticar a Química, de modo a considerar além de suas implicações tecnológicas e econômicas, também seus impactos socioambientais.

Isso remete à necessidade de inserir de forma transversal os princípios da QV, ou seja, permeá-los em diferentes disciplinas e práticas metodológicas, oportunizando-lhe um caráter teórico, prático e vivencial de forma problematizada, contextualizada e crítica. Ou seja, é de forma transversal e perene que a QV deve ser inserida nos cursos de Química, iniciando tão cedo quanto possível, ao que considera-se a introdução aos laboratórios químicos como momento e espaço proficuamente oportuno.

Entretanto, como alerta Machado (2014) a inserção dos princípios da QV às práticas laboratoriais não pode ser encarada com simplificações ou superficialidade, podendo incorrer no que o autor chamou de “falsa verdura”. Assim, faz-se necessário que a incorporação dos princípios da QV seja realizada de forma sistematizada e, preferencialmente, de maneira colaborativa entre professor e alunos, para que conjuntamente possam avaliar e discutir sobre a verdura inerente do experimento e as possibilidades de sua melhoria, sendo que a verdura química pode ser compreendida como o grau com o qual um experimento

ou processo atende aos princípios da QV. Nesse sentido o emprego de métricas de verdura mostram-se promissoras para viabilizar uma análise criteriosa da verdura química de experimentos e processos químicos (COSTA; RIBEIRO; MACHADO, 2012; MACHADO, 2014).

## MÉTRICAS DE VERDURA

As métricas em seu sentido lato correspondem a um sistema de avaliação do funcionamento de um sistema dinâmico e complexo que permite aferir o modo como ele opera, especificamente quanto ao cumprimento dos respectivos objetivos. Tais resultados servem para tomar decisões na gestão do sistema, nomeadamente sobre alterações a realizar para orientar a sua evolução e promover inflexões do seu funcionamento visando atingir mais eficazmente o objetivo pretendido (MACHADO, 2014).

Assim, o emprego das métricas de verdura representam um meio de avaliar o quanto um processo ou síntese se aproxima ou se afasta do cumprimento dos princípios que norteiam a prática da QV. Essa análise, entretanto, requer empregar um conjunto de grandezas que permitam avaliar aspectos diversos, tais como aproveitamento atômico, geração de resíduos, gasto energético, impactos ambientais, segurança, etc. Desse modo, são propostas na literatura o emprego de métricas de massa, ambientais e holísticas (MACHADO, 2014).

As métricas de massa ou material, aplicadas à análise da verdura química, diferem das métricas de massa convencionais (rendimento percentual, seletividade, etc.) e são dirigidas a avaliar a eficácia de utilização dos átomos – produtividade atômica e a geração de resíduos. Foram as primeiras métricas de verdura a serem propostas na década de 1990. Essas métricas foram denominadas economia atômica, concebida por Trost em 1991, e fator E, da autoria de Sheldon em 1992. Segundo Machado (2014) a gênese dessas métricas foi fomentada pela crescente atenção sobre as enormes quantidades de resíduos provenientes da atividade industrial da Química.

As métricas ambientais, surgidas no bojo da Indústria Química, têm por finalidade avaliar os impactos ambientais dos produtos químicos e dos processos de fabricação, buscando analisar a utilização de substâncias tóxicas e/ou perigosas, os efeitos negativos do fabrico sobre o ambiente, o consumo de recursos naturais, etc. Contudo, a obtenção de verdura química nesse quesito consiste na busca pela eliminação de impactos deletérios dos processos químicos, enfim, na busca pelo aumento da benignidade intrínseca do processo. Isso envolve a diminuição dos riscos envolvidos em todas as fases do processo até um nível mais perto possível da situação ideal: a de total ausência de riscos. O risco pode ser expresso em função do perigo e da exposição a uma substância química ( $\text{Risco} = \text{perigo} \times \text{exposição}$ ), sendo que o perigo, por sua vez, é um termo abrangente, que engloba vários conceitos como toxicidade, perigos físicos e perigos globais (ANASTAS e WERNER, 2005). Sua eliminação não é tarefa fácil, e na prática, em geral, o que se consegue é apenas uma atenuação dos riscos em jogo, o que corresponde ao aumento da verdura (MACHADO 2014).

As métricas holísticas, por sua vez, são mais recentes e buscam uma análise sistêmica de verdura, que contempla seus aspectos químicos, ambientais e energéticos. Segundo Machado (2014), com vistas a aferição do cumprimento de

todos os princípios em jogo na situação de análise, buscou-se a concepção de ferramentas tão simples quanto possível, sem grande exigência de dados numéricos e cálculos, que pudessem ser usadas no laboratório com o mínimo de dispêndio de trabalho e tempo. Dessa forma, o autor, em conjunto com outros colaboradores, propôs as chamadas métricas holísticas, que são as seguintes, em ordem crescente de complexidade: Quadro Verde, Circulo Verde, Estrela verde e Matriz Verde.

Os autores defendem que crescentemente estas métricas devem passar a fazer parte da formação de químicos, incluindo os professores, para que gradativamente os químicos passem da postura reativa da Química à postura proativa da Química Verde. Foi com esse intuito que este trabalho foi desenvolvido em um curso de formação de professores.

## METODOLOGIA

O trabalho aqui apresentado faz parte de uma pesquisa mais ampla de doutoramento, na qual por meio de uma pesquisa-ação buscou-se fazer a inserção e avaliar as contribuições da QV e do enfoque CTSA na formação de licenciandos em Química (SANDRI, 2016). A pesquisa-ação foi realizada por meio da aplicação de sequências didáticas (SD) elaboradas de acordo com Zabala (2003) visando desenvolver nos acadêmicos conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais sobre o enfoque CTSA e a QV. A primeira SD versou sobre o enfoque CTSA e foi aplicada na disciplina de Metodologia do Ensino da Química, componente curricular ofertado no 3º período do curso. A segunda SD tratou da QV e Sustentabilidade e foi aplicada em dois momentos, nas disciplinas de Instrumentação do Ensino de Química I e II, ofertadas no 4º e 6º período do curso, respectivamente (SANDRI, 2016).

Este trabalho traz parte dos resultados obtidos na segunda SD e compõem a análise dos conhecimentos procedimentais – referentes ao saber fazer (ZABALA, 2003) – relacionados à QV, ou seja, nesta etapa da pesquisa buscou-se identificar se e de que forma os licenciandos estavam fazendo uso dos conhecimentos de QV abordados na SD. Para tanto, buscou-se analisar a verduza química de experimentos propostos pelos licenciandos no decorrer da disciplina de Instrumentação de Ensino de Química II. Esta disciplina tinha como foco central a experimentação e, devido a isso, serviu como um importante *locus* para aplicação dos conhecimentos da QV. Os 14 (quatorze) licenciandos matriculados e assíduos à disciplina produziram 08 (oito) propostas experimentais, das quais apenas 4 (quatro) serão apresentadas neste trabalho, por questão da extensão da análise. As propostas serão identificadas como P1, P2, P3 e P4. É importante destacar que os experimentos propostos foram aplicados em situações de microensino, ou seja, para os colegas de sala, permitindo fazer avaliações também sobre a forma de contextualização adotada pelos licenciandos, conforme critério estabelecido na Tabela 2.

A verduza química dos experimentos foi avaliada por meio da construção de Matrizes Verdes (MV), as quais se enquadram entre as métricas holísticas propostas por Machado (2014), e permitem uma descrição sistêmica dos procedimentos, além de permitir avaliar as possibilidades de melhorá-los. Conforme nos explicam Costa, Ribeiro e Machado (2012) esta métrica baseia-se na

análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats*) para avaliação de cumprimento de objetivos previamente definidos. Nessa análise, após definidos os objetivos, identificam-se os pontos fortes (*Strengths*) e fracos (*Weaknesses*) e as oportunidades (*Opportunities*) e ameaças (*Threats*) que se colocam ao cumprimento desses objetivos. O conjunto dos pontos fortes e fracos corresponde à análise interna. É também efetuada uma análise externa, em que são analisadas as implicações de imposições externas ao objeto, que permite identificar as oportunidades, que podem tornar o objeto em análise mais forte, e as ameaças, que podem comprometer o sucesso dos objetivos estabelecidos.

A MV emprega como critérios os princípios da QV aplicáveis ao experimento, ou seja, para os procedimentos que envolvem sínteses são considerados 10 (dez) princípios, elencados na Tabela 1, a seguir, pois não considera-se que os princípios P4 e P11 – referentes ao desenho de produtos seguros e a análise em tempo real, respectivamente. Para os procedimentos sem síntese são considerados apenas 06 (seis) princípios: P1; P5; P6; P7; P10 e P12.

Tabela 1 – Critérios para avaliação do cumprimento dos princípios da QV

Princípios da QV	Critérios
<b>P1 – Prevenção</b>	Não se formam resíduos, ou quando se formam têm riscos baixos para a saúde e para o ambiente
<b>P2 - Economia atômica</b>	Reações sem reagentes em excesso ( $\leq 10\%$ ) e sem formação de coprodutos (não se considera a água)
<b>P3 – Sínteses menos perigosas</b>	Todas as substâncias envolvidas são inócuas ou têm riscos baixos para a saúde e para o ambiente
<b>P5 – Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras</b>	Não se utilizam solventes nem outras substâncias auxiliares, ou quando se utilizam têm riscos baixos para a saúde e para o ambiente
<b>P6 – Planificação para conseguir eficácia energética</b>	Pressão e temperatura ambientais
<b>P7 – Uso de matérias primas renováveis</b>	Todos os reagentes/matérias-primas envolvidos são renováveis
<b>P8 – Redução de derivatizações</b>	Não se utilizam derivatizações
<b>P9 – Catalisadores</b>	Catalisadores não necessários ou que têm riscos baixos para a saúde e para o ambiente
<b>P10 – Planificação para a degradação</b>	Todas as substâncias envolvidas são degradáveis com os produtos de degradação inócuos
<b>P12 – Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes</b>	As substâncias envolvidas têm um risco baixo de acidente químico

Fonte: Ribeiro e Machado (2012).

Considerando que neste trabalho a análise dos procedimentos está voltada aos experimentos para o ensino médio e que nenhuma dupla propôs a realização de sínteses, a avaliação da verdura restringiu-se aos princípios P1; P5; P6; P7; P10 e P12, os quais, entretanto, foram desdobrados em critérios mais detalhados, adaptados do trabalho de Costa, Ribeiro e Machado (2012), no qual também se realiza a análise de experimentos de Química no ensino secundário em Portugal, por meio de MV. Esses critérios estão descritos na Tabela 2, a seguir. É importante salientar, todavia, que o número de critérios considerados para cada experimento foi variável, pois dependendo da natureza do experimento alguns critérios tornam-se inaplicáveis.

Tabela 2- Critérios para Análise da Verdura Química de Experimentos

Critérios de Análise		Pontos Fortes	Pontos Fracos
<b>Princípio 1 – Prevenção</b>	1. Riscos físicos	Substâncias sem indicação de risco físico	Substâncias com indicação de riscos físicos (Explosivo – E; Inflamável – F ou F+)
	2. Riscos à saúde	Sem indicação de risco à saúde ou risco baixo (Prejudicial – Xn; Irritante- Xi)	Substâncias com indicação de toxicidade (Tóxico – T; Muito Tóxico; Corrosivo (C);
	3. Riscos ao ambiente	Sem indicação de riscos para o ambiente (N)	Substâncias tóxicas ao ambiente (N)
	4. Geração de resíduos	Não há geração de resíduos ou são inócuos	Há geração de resíduos
<b>P5- Solventes e outras substâncias e auxiliares</b>	5. Consumo de solventes e auxiliares além dos reagentes iniciais	Não se faz necessário o uso de solventes e auxiliares ou estes são inócuos	Os solventes e/ou os auxiliares representam perigo moderado ou elevado para a saúde ou ambiente
	6. Consumo de água como solvente ou reagente	Consumo baixo ( $V \leq 50$ mL)	Consumo > 50 mL
	7. Consumo de água como facilidade (resfriamento/banhos)	Consumo baixo ( $V \leq 200$ mL)	Com consumo elevado ( $V > 200$ mL)
	8. Consumo de outros solventes além da água	Com consumo baixo ( $V \leq 50$ mL)	Consumo > 50 mL
<b>P6 – Eficiência energética</b>	9. Consumo de energia	Realiza-se a Temperatura e Pressão Ambientais	Realiza-se em temperatura ou pressão diferentes da do ambiente
<b>P7 – Uso de substâncias renováveis</b>	10. Utilização de substâncias renováveis	Utiliza-se	Não utiliza
	11. Utiliza-se substâncias que podem ser reutilizadas em outras	Utiliza-se	Não utiliza

	experiências ou recicladas após o uso		
<b>P10 – Planificação para a degradação</b>	12. Uso de produtos degradáveis a produtos inócuos (não considerar a água)	Todos os reagentes usados são degradáveis	Pelo menos uma das substâncias não é degradável ou gera substância nociva em sua decomposição
<b>P12 – Química intrinsecamente segura</b>	13. Riscos de acidentes devido às substâncias envolvidas	No caso de substâncias (Xi, Xn ou sem indicação de riscos)	No caso de substâncias (T, T+, C, O, F, F+)
	14. Devido ao uso de equipamentos (centrífuga; estufa, mantas; evaporador rotativo, bomba de vácuo e banho termostatizado)	Com riscos baixos ou moderados	Com riscos elevados
	15. Devido ao uso de outros materiais vulgares	Com riscos baixos ou moderados (vidrarias comuns, termômetros, densímetros, multímetros, etc)	Com riscos elevados (gás; fogões; bicos de Bunsen; etc); termômetros de mercúrio
<b>Demais critérios analisados</b>			
<b>Custo</b>	16. Custo dos reagentes	Custo baixo ( $\leq$ R\$ 0,20/g ou mL)	Custo alto ( $>$ R\$ 0,20/g ou mL)
	17. Custo de tratamento ou remoção de resíduos	Não existem para resíduos sem indicação de riscos para o ambiente	Existem para resíduos com risco para o ambiente (N)
<b>Uso de materiais alternativos (exceto água)</b>	18. Emprego de materiais do cotidiano	Utiliza-se	Não utiliza
<b>Contextualização</b>	19. Relaciona o experimento com situações da vida cotidiana, tecnologia, sociedade, ambiente ou outros	Relaciona	Não relaciona

Fonte: Adaptado de Costa; Ribeiro; Machado (2012).

É conveniente destacar que os critérios de verduza química são numerados de 1 a 15 e buscam avaliar detalhadamente o cumprimento dos princípios estabelecidos para experimentos sem síntese, mas a estes foram acrescentados os critérios 16 a 19 que tratam de outros aspectos referentes ao experimento e que

permitem avaliar o emprego de materiais alternativos e de baixo custo, bem como a contextualização que a proposta se propõe a cumprir. Esses critérios permitem verificar se o uso de materiais alternativos contribui ou não para o aumento da verdura e se o experimento carrega ou não a intencionalidade de conferir significado ao ensino de química, superando a tradicional tentativa de verificação de teorias (GALIAZZI, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Machado (2014) afirma que a formação dos químicos nas universidades vem sendo realizada num quadro de especialização e segmentação crescente das diversas matérias que integram a Química. Segundo o autor, isso desenvolve na mente dos formandos a componente reducionista em desfavor da sistêmica, ou seja, contribui para a manutenção de paradigmas fragmentários em detrimento da necessária compreensão sistêmica dos processos químicos e da Química na sociedade. Diante disso, a inserção da QV e suas métricas – notadamente as holísticas – na formação de químicos industriais, bacharéis e licenciados consiste numa ferramenta importante para a reformatação das práticas químicas em seus diversos campos.

Dessa forma, apresenta-se a seguir, nos Quadros 1a; 1b; 1c e 1d, as análises de verdura de experimentos propostos para o Ensino Médio, com o intuito de destacar a detalhada investigação que a matriz verde possibilita, as reflexões que podem ser suscitadas e, principalmente, as mudanças que ela pode fomentar no ensino de Química a partir de uma visão mais abrangente de seus impactos.

Quadro 1a – Matriz verde para a proposta experimental 1 (P1)

PROPOSTA 1	
<b>Experimento</b>	Reagentes e materiais
Densidade	Leite Etanol Densímetro
<b>Pontos Fortes</b>	Pontos Fracos
2 – Substâncias com risco baixo à saúde 3 – Sem indicação de risco grave ao ambiente 4- Não há geração de resíduos ou são inócuos 5- Não se faz necessário uso de solventes auxiliares; 9- Realiza-se a temperatura ambiente; 10 - Utiliza-se substâncias renováveis; 11- É possível reutilizar os reagentes; 12 - Todos os reagentes são degradáveis; 15 - Possui risco baixo devido a uso de materiais de laboratório; 16 - Os reagentes possuem custo baixo; 17 - Não existe custo para remoção de resíduos; 18 - Utiliza-se materiais do cotidiano; 19 - O experimento permite realizar contextualização (tecnologia e sociedade)	1-Indicação de risco físico (inflamabilidade – etanol 92%);  12- Risco de acidente devido a substância envolvida (etanol 92%).
<b>Oportunidades</b>	Ameaças
- É possível realizar esse experimento utilizando apenas o leite.	Não identificadas.

---

- Os problemas de riscos físicos e de acidentes devido ao uso do etanol podem ser amenizados adotando-se as medidas de segurança necessárias.	
<b>Critérios de verdura atendidos *</b> 2;3;4;5;9; 10; 11; 12;15; (9/11)	Princípios contemplados: P1 e P12 (parcialmente) P5; P6; P7; P10; (plenamente)
<b>Demais critérios atendidos</b> 16;17; 18; 19	

Fonte: Autoria própria (2017).

Quadro 1b – Matriz verde para a proposta experimental 2 (P2)

PROPOSTA 2	
Experimento	Reagentes
Oxidação do Ferro	Ferro metálico (prego) Magnésio Água Sulfito de sódio
Pontos Fortes	Pontos Fracos
1 -Substâncias sem indicação de riscos físicos. 3 – Sem indicação de risco grave ao ambiente 5- Não se faz necessário uso de solventes auxiliares; 11– É possível reutilizar os reagentes; 12 – Os reagentes são degradáveis a produtos inócuos 15 – Possui risco baixo devido a uso de materiais de laboratório; 16 – Os reagentes possuem custo baixo; 18 – Utiliza-se materiais do cotidiano; 19 – O experimento permite realizar contextualização (tecnologia, sociedade, ambiente)	2 – Substância com risco moderado para a saúde (Sulfito de sódio – Xn) 4- Há geração de resíduos que representam riscos 6- Consumo de água como reagente em quantidade maior que 50 mL 9 – Um dos procedimentos do experimento é realizado com elevação da temperatura; 10 – Não utiliza substâncias renováveis. 13-Há risco moderado por conta das substâncias 17 – Pode existir custo para remoção de resíduos.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> <li>- É possível diminuir a quantidade de água utilizada.</li> <li>- É possível realizar o experimento suprimindo o procedimento de aquecimento ou o uso do sulfito de sódio, mas é necessário avaliar a sua importância para a compreensão do fenômeno em questão</li> <li>- O risco referente ao uso do sulfito de sódio não é intenso e pode ser minimizado pelo correto de EPI.</li> <li>- Há possibilidade de estocar a solução de sulfito de sódio residual e utilizá-la novamente em outros experimentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impossibilidade de substituir por substâncias renováveis.</li> <li>- Dificuldade em substituir o sulfito de sódio por outro agente anticorrosivo de menor toxicidade, pois a hidrazina, que representa uma outra opção, possui toxicidade ainda maior</li> </ul>
<b>Critérios de verdures atendidos *</b> 1;3;5;11;12;15; (6/12)	Princípios contemplados: P1; P5; P7 e P12 (parcialmente); P10 (plenamente)
<b>Outros critérios atendidos</b> 16;18;19	

Fonte: Autoria própria (2017).

Quadro 1c – Matriz verde para a proposta experimental 3 (P3)

PROPOSTA 3	
<b>Experimento</b>	<b>Reagentes</b>
O deslocamento de equilíbrio em indicadores ácido-base	Indicador natural de repolho roxo Água gaseificada Refrigerante Água natural Fita de pH Placa de aquecimento
<b>Pontos Fortes</b>	<b>Pontos Fracos</b>
1 -Substâncias sem indicação de riscos físicos. 2 – Substâncias com risco baixo à saúde 3 – Sem indicação de risco grave ao ambiente 4- Não há geração de resíduos ou estes são inócuos 5- Não se faz necessário uso de solventes auxiliares; 6-Não se faz necessário o uso de solventes e auxiliares; 10 – Utiliza-se substâncias renováveis; 11- É Possível reutilizar os reagentes; 12- As substâncias são degradáveis 13- Não há risco por conta das substâncias 14 – Não há risco devido ao uso de materiais de laboratório. 15 – Possui risco baixo devido a uso de materiais de laboratório; 16 – Os reagentes possuem custo baixo; 17 – Não existe custo para remoção de resíduos; 18 – Utiliza-se materiais do cotidiano; 19 – O experimento permite realizar contextualização (cotidiano)	9 – Experimento realizado com elevação de temperatura
<b>Oportunidades</b>	<b>Ameaças</b>
- Não identificadas	Não é possível realizar o experimento sem o uso de aquecimento, tendo em vista que o intuito é avaliar o efeito da temperatura
<b>Critérios de verdura atendidos *</b> 1;2;3;4;5;6;10;11;12;13;14;15; (12/13)	Princípios contemplados: P1; P5; P7; P10; P12 (plenamente)
<b>Demais critérios atendidos</b> 16;17;18;19	

Fonte: Autoria própria (2017).

Quadro 1d – Matriz verde para a proposta experimental 4 (P4)

PROPOSTA 4	
Experimento	Reagentes
Qualidade da gasolina	Gasolina Água Proveta
Pontos Fortes	Pontos Fracos
5 – Não se faz necessário uso de solventes e auxiliares; 6 – A água é um dos reagentes; 9 – Realiza-se a temperatura ambiente; 11 - As substâncias podem ser reutilizadas após um processo de separação simples (gasolina); 15 – Não apresenta riscos devido aos materiais de laboratório; 16 – Apresenta baixo custo; 18 – Utiliza materiais do cotidiano; 19 – É contextualizado (Sociedade, economia, ambiente).	1 – Substância com indicação de risco físico (gasolina – inflamável); 2 – Substância apresenta indicação de danos à saúde; 3 – Substância apresenta indicação de riscos ambientais; 4- Há geração de resíduos; 10 – Não é utilizada substância renovável; 12 – O reagente não é degradável (gasolina); 13 – Há riscos de acidentes devido às substâncias; 17 – Pode existir custo para remoção de resíduos.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os riscos de acidentes devido à substância podem ser mantidos sob controle ao evitar proximidade com chamas e faíscas, realizar o experimento em ambiente apropriado e instruir para o uso de EPI evitando inalação e contato com a pele, olhos.</li> <li>- O custo de remoção de resíduos pode ser amenizado se houver possibilidade de reutilização da substância e aproveitamento em outros experimentos;</li> <li>- É possível fazer em microescala.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não é possível alterar a substância (gasolina) tendo em vista que o intuito do experimento se refere especificamente à análise de sua qualidade;</li> </ul>
Critérios de verdura atendidos	Princípios contemplados: P5 e P6; (plenamente) P7 e P12 (parcialmente)
5;6;9;11; 15; (5/13)  16; 18;19	
*O número total de critérios de verdura varia porque alguns critérios são inaplicáveis a determinados experimentos.	

Fonte: Autoria própria (2017).

Os resultados permitiram verificar que duas propostas – P1 e P3 – apresentaram maior verdura, a notar pelo alto número de pontos fortes, critérios de verdura e princípios contemplados, enquanto outras duas propostas – P2 e P4 – apresentaram menor verdura.

Como demonstrado no Quadro 1a, a P1 conseguiu atender parcial ou plenamente todos os princípios analisados. Neste experimento os únicos critérios que desabonaram a verdura química foram os riscos físico e de acidente representados pela inflamabilidade do etanol. Entretanto, como apresentado na análise externa, esse experimento pode ser realizado utilizando apenas o leite como amostra de análise, sem prejudicar o experimento ou a proposta de

contextualização que visou principalmente empregar a avaliação da densidade como teste de qualidade para produtos comerciais.

A P3, por sua vez atendeu plenamente 5 (cinco) dos 6 (seis) princípios analisados, sendo que o único princípio não atendido refere-se ao uso de aquecimento, um aspecto que nesse experimento não é possível substituir, tendo em vista que a proposta visa justamente avaliar o efeito da temperatura sobre o deslocamento de equilíbrio químico. Todavia, a proposta de usar um aquecimento eletrotérmico (placa de aquecimento) como fonte de aquecimento, diminui significativamente os riscos físicos e de acidente relacionados ao uso de equipamentos e de substâncias inflamáveis, como seria o caso do uso de bicos de Bunsen ou lamparinas.

Nota-se nessas duas propostas que os critérios que mais contribuíram para o aumento de verdures químicas foram: i) a escolha de reagentes de pouca ou nenhuma periculosidade, ou seja com baixa toxicidade e riscos à saúde humana e ao ambiente; ii) o uso de matérias primas renováveis e; iii) a possibilidade de reutilização dos reagentes em outros experimentos, o que reduz significativamente a geração de resíduos e seus possíveis impactos.

Destaca-se que esses experimentos primam por uma segurança intrínseca, o que deve ser sempre um fator de primeira importância na elaboração e realização de experimentos, principalmente quando estes são voltados aos alunos do Ensino Médio, haja visto que, comumente, estes apresentam pouca experiência laboratorial e nem sempre utilizam os EPI necessários, bem como os espaços físicos destinados ao trabalho experimental não apresentam todo o aparato de segurança coletiva necessário (SILVA e MACHADO, 2008).

Machado (2016) ao tratar especificamente sobre a segurança laboratorial afirma que a QV cumpre um importante papel para a atuação precaucionária em detrimento da postura reacionária comumente adotada pela Química. Verifica-se, de fato, que ao analisar a verdures químicas dos experimentos, mesmos naqueles que parecem ser de grande simplicidade, ficam evidenciados riscos que em outra situação poderiam ser negligenciados. A análise externa ainda permite pensar em maneiras de readequar procedimentos e atenuar perigos em potencial. Isso favorece para que o professor ciente de todos os riscos e potencialidades do experimento seja capaz de rever, reelaborar e reconduzir suas práticas experimentais de modo a torná-las intrinsecamente mais seguras.

Quanto as propostas P2 e P4, verificou-se que estas apresentam menor verdures química que as demais, o que se deve principalmente a características inerentes às substâncias químicas empregadas. Em P2, por exemplo, o experimento busca avaliar os fatores que aceleram ou retardam os processos corrosivos. Para isso são realizados testes empregando um metal (prego) em diferentes condições; i) em contato com água não aquecida; ii) em contato com água aquecida; iii) em solução aquosa de sulfato de sódio e; iv) em água, mas envolto com uma placa de magnésio. Nesse experimento o uso de um reagente considerado tóxico à saúde humana – o sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) – de acordo com sua ficha de segurança de produtos químicos (FISPQ), e a possibilidade de gerar resíduos tóxicos no ambiente laboratorial escolar diminuem a verdures química da proposta.

Entretanto, há que se destacar que ao propor este experimento, o acadêmico responsável pela sua elaboração, considerou de antemão que a hidrazina – um outro agente anticorrosivo possível de ser utilizado – era ainda mais tóxico que o sulfito de sódio e propôs a sua substituição por este último, o que representa um indício de incorporação dos princípios da QV à prática docente dos licenciandos participantes deste estudo.

Além disso, a análise externa desse experimento aponta que o uso de EPI e o armazenamento da solução para posterior utilização são possibilidades para melhorar a veracidade química da experiência. Contudo, há que se considerar as limitações dessas ações num ambiente (o laboratório escolar) com poucas possibilidades de uso de todos os EPI pelos alunos e no qual não costuma haver espaço para armazenamento de soluções ou o gerenciamento de resíduos. Há ainda a possibilidade de suprimir o experimento feito com sulfito de sódio, mas cabe ao professor avaliar a importância desse procedimento para o entendimento pleno dos fenômenos em questão.

Outros fatores se somam para redução da veracidade, como o uso de energia para aquecimento da água e uso desta em quantidade maior que 50 ml, mas estes podem ser amenizados por ações relativamente simples e que estariam ao alcance do professor.

Em P4, por exemplo, as características de alta inflamabilidade, toxicidade humana e ambiental da gasolina, somadas a sua não degradabilidade e origem não renovável agravam questões relacionadas à segurança e a geração de resíduos. Todavia, mesmo em casos como esse, a análise de veracidade não cumpre apenas o papel de evidenciar os problemas inerentes aos experimentos, mas principalmente de permitir refletir e propor ações concretas e passíveis de aplicação que possam atenuar os problemas levantados. Nesse caso, por exemplo, verifica-se que a gasolina utilizada não precisa ser descartada, mas pode ser armazenada para posterior utilização em outros experimentos – de solubilidade ou miscibilidade, por exemplo – ou ainda na repetição do mesmo experimento, desde que seja reconstituído seu teor de álcool. Outra possibilidade apontada seria a realização do teste em escalas pequenas ou mesmo microescala, pois como trata-se de uma análise quantitativa qualquer volume de gasolina, medido com precisão, possibilitaria fazer a avaliação do teor de álcool nela presente.

Destaca-se ainda que, entre todas as propostas analisadas, verificou-se atendimento aos critérios 16, 18 e 19, que indicam o uso de materiais do cotidiano ou alternativos e de baixo custo para a realização dos experimentos, bem como o esforço em buscar contextualizar o experimento com situações que vão além do cotidiano e abrangem questões sociais, econômicas e tecnológicas.

Percebeu-se que os acadêmicos detiveram esforços em utilizar materiais alternativos em detrimento de reagentes convencionais, na tentativa de conferir maior veracidade a seus experimentos, conforme relatos em sala de aula e na aplicação da proposta. Contudo, há que se ponderar que o uso de materiais alternativos não representa invariavelmente, acréscimo de veracidade.

No que concerne ao uso de materiais alternativos Gonçalves e Marques (2006) em um trabalho em que analisaram 38 artigos do periódico Química Nova na Escola (QNEsc), na seção de experimentos, identificaram como característica recorrente a sugestão da utilização de materiais e reagentes de baixo custo e

facilmente encontráveis para realização dos experimentos. Esses autores consideram que o emprego desse tipo de material pode romper com as dificuldades impostas pela falta de estrutura das escolas, romper com o estereótipo de laboratório, desenvolver a criatividade e aproximar a ciência em questão do cotidiano dos alunos. Acrescido a isso, considera-se que, tal como propuseram os acadêmicos desta pesquisa, os materiais alternativos podem colaborar também para atender alguns princípios da QV, especialmente o de segurança, desde que sejam empregadas substâncias de baixa toxicidade em substituição às convencionais. Ressaltamos que a simples mudança para reagentes alternativos não soluciona essa questão, pois muitos materiais alternativos tal como soda cáustica, ácido muriático e solventes comumente encontrados em mercados também apresentam seus riscos à saúde e ao ambiente e podem gerar resíduos de difícil gerenciamento no ambiente escolar.

Costa, Ribeiro e Machado (2012) ao analisar experimentos destinados ao ensino secundário consideram que o uso de materiais do cotidiano e o estabelecimento de relações da Química com a vida real são maneiras de trazer o contexto CTSS (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Sustentabilidade) para o ensino de Química, aliado à QV. Todavia, essa relação não é simples e direta, tal como o trabalho dos autores sugere, e embora o uso de materiais alternativos seja uma forma de favorecer a aproximação da Química com o contexto dos alunos, estabelecer as relações CTSA no ensino de Química e relacioná-las com a QV exige intervenções mais densas, como por exemplo a discussão de temas que envolvem a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente por meio do desenvolvimento do experimento.

Nesse sentido, há que se salientar que os autores da P1, P2 e P4 buscaram, por meio dos experimentos propostos, desencadear reflexões sobre os temas abordados – adulteração de produtos comerciais e processos de corrosão – suscitando questões de cunho social, tecnológico ou ambiental. Nesses casos percebe-se que a proximidade com uma abordagem CTSA advém não pelo uso de materiais do cotidiano, mas sim, pela escolha didático-metodológica do professor em extrapolar os limites restritos do conteúdo e explorar suas implicações em contextos mais amplos.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante do exposto verificou-se que os licenciandos demonstraram ter se apropriado de conhecimentos procedimentais relacionados à QV, conseguindo levar a cabo a proposição de experimentos que se preocuparam em contemplar seus princípios. Além disso as propostas de contextualização superaram a exemplificação e a relação com o cotidiano, suscitando aspectos da realidade social, tecnológica e ambiental, encaminhando-se, portanto, a uma perspectiva de ensino sob o enfoque CTSA.

A análise de química dos experimentos foi de grande relevância para identificar as limitações e as potencialidades de cada um dos experimentos em atender os princípios da QV, com vistas a tornar a experimentação didática em Química cada vez mais segura, menos impactante e mais responsável.

As análises demonstraram que não basta fazer reduções ou substituições de reagentes ao acaso, ou mesmo buscar valer-se de materiais de uso comum para

---

tornar os experimentos mais seguros, mas faz-se necessária uma avaliação sistemática das propostas experimentais evitando-se o que Machado (2014) chama de “falsa verdura”. Nesse sentido, reitera-se a importância de inserir na formação inicial e continuada de professores, os conhecimentos sobre a QV, sua filosofia, suas métricas e suas relações com a Educação Ambiental e o enfoque CTSA.

No tocante a análise de verdura considera-se que a aplicação das métricas de verdura, notadamente a Matriz Verde, pode servir como uma ferramenta viável, de baixa dificuldade e de largo alcance para analisar os possíveis riscos que o experimento oferece e as possíveis intervenções ou mesmo substituição a serem realizadas.

Em trabalho recente deixamos claro que não se deve restringir a abordagem da QV às aulas experimentais, mas sim abordá-la no tratamento teórico dos conteúdos formativos em Química, bem como na formação didático-pedagógica dos professores (SANDRI, 2016), mas não ignora-se o fato de que o trabalho experimental favorece o contato precoce e produtivo com seus princípios.

Somado a isso, destacamos que a QV pode colaborar para o rompimento de visões reducionistas e fragmentárias acerca dos conteúdos químicos e da experimentação e ainda estimular atitudes mais responsáveis e éticas nas atividades químicas e no seu ensino.

---

## Analysis of the chemical greenness of experiments proposed for high school

### ABSTRACT

This paper presents the analysis of the chemical greenness from experiments, proposed by chemistry graduates, for high school. In order to carry this analysis out, it was used the Green Matrix holistic metric, that consists in the elaboration of a SWOT matrix in which an internal analysis lists the positive and negative points of the experiment in relation to the Green Chemistry principles considered and in an external analysis, the possibilities of improving greenness and the intrinsic threats to the experiment are pointed out. Were analyzed four experimental proposals elaborated in pairs by six academics of the discipline. The results show that two proposals - P1 and P3 - presented bigger greenness partially or fully satisfying the principles of greenness analyzed. The high index of greenness was mainly due to the low toxicity of the reagents used, their renewable sources and the possibility of using them in other experiments. The other two proposals had lower chemical greenness than the first ones, but in their external analyzes there were possibilities to improve them in this aspect. All proposals sought to employ alternative materials as a way to mitigate environmental impacts and improve the greenness of the experiment. However, it has been found that simple substitution of conventional reagents with alternative reagents is not a guarantee to achieve this goal. The use of the Green Matrix can serve as a viable, low-difficulty and far-reaching tool for evaluating experiments in a systemic way, also proposing improvements that make it more sustainable, avoiding "false greenness".

**KEYWORDS:** Experimentation. Green Chemistry. Green Matrix. Teaching of Chemistry.

## REFERÊNCIAS

ANASTAS, P.T.; WERNER, J.C. **Green Chemistry: theory and Practice**. New York: Oxford University Press, 1998.

ANASTAS, P.T. KIRCHHOFF, M.M. Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry. **Acc. Chem. Res**, v.35, n.9, p. 686-694, jun. 2002.

COSTA, D.A.; RIBEIRO, M.G.T.C.; MACHADO, A.A.S.C. Uma análise SWOT do contexto CTSS das atividades laboratoriais de ensino secundário. **Informativo de Química**, n. 124, jan.-mar., p. 65-74, 2012.

FARIAS, L.; FÁVARO, D.I.T. Vinte anos de Química Verde: conquistas e desafios. **Quim. Nova**, v. 34, n. 6, p.1089-1093, 2011.

GALIAZZI, M.C. et al. Objetivos das atividades experimentais no Ensino médio: a pesquisa coletiva como Modo de formação de professores de Ciências. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.249-263, 2001.

GONÇALVES, F.P.; MARQUES, C.A. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.11, n. 2, p. 219-238, 2006.

LENARDÃO, E.J. et al. "Green Chemistry" - Os 12 princípios da Química Verde e sua inserção nas Atividades de Ensino e Pesquisa. **Química Nova**, v.26, n.1, p.123-129, jun., 2003.

MACHADO, A.A.S.C. Química e Desenvolvimento sustentável - QV, QVIVES, QVIVISUS. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, n. 95, p. 59-67, 2004.

\_\_\_\_\_. Da gênese ao ensino da química verde. **Quim. Nova**, v. 34, n. 3, p. 535-543, 2011.

\_\_\_\_\_. **Introdução às Métricas da Química Verde**: uma visão sistêmica. Florianópolis: UFSC, 2014.

\_\_\_\_\_. A complexidade da segurança no laboratório de Química. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, v. 11, n. 2, p. 93-108, 2016

MARQUES C.A. *et al.* Visões de Meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de Química na escola média. **Quim. Nova**, v. 30, n.8, p. 2043-2052, 2007.

MARQUES, C.A. *et al.* Sustentabilidade Ambiental: um estudo com pesquisadores químicos no Brasil. **Quim. Nova**, v. 36, no. 6, 914-920, 2013.

PINTO, A.C. *et al.* Recursos Humanos para Novos Cenários. **Quim. Nova**. v. 32, n.3, p.567-570, 2009.

PRADO, A.G.S. Química verde, os desafios da química do novo milênio. **Quim. Nova**, v. 26, n. 5, p.738-744, 2003.

SANDRI, M.C.M. **Contribuição da inserção do Enfoque CTSA e da Química Verde na formação de licenciandos em Química**. Tese de doutorado. Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática. Maringá - UEM. 356 p.

SILVA, R.R.; MACHADO, P.F.L. Experimentação no ensino médio Química: a necessária busca da consciência Ético-ambiental no uso e descarte de Produtos químicos – um estudo de caso. **Ciência e Educação**, v. 14, n. 2, p. 233-249, 2008.

VILCHES, A.; PÉREZ, D.G. Educación para la sostenibilidad y educación ambiental. **Investigación em la Escuela**, v. 71, p.5-15, 2010.

ZABALA, A. **A Prática Educativa**: como ensinar. Porto Alegre. ArtMed, 2003.

ZUIN, V.G.; FARIAS, C.R.; FREITAS, D. A ambientalização curricular na formação de professores de Química: considerações sobre uma experiência brasileira. **Revista Eletronica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n.2. 2009.

ZUIN, V. **A inserção da dimensão ambiental na formação de professores de Química**. Campinas: Átomo, 2011.

ZUIN, V.G. *et al.*, Desenvolvimento Sustentável, Química Verde e Educação Ambiental: o que revelam as publicações da SBQ. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, v. 10, n.1, p. 79-90; Jan./Jun. 2015.

**Recebido:** 29 mai. 2017

**Aprovado:** 29 ago. 2017

**DOI:** 10.3895/actio.v2n1.6809

**Como citar:**

SANDRI, M. C. M.; SANTIN FILHO, O. Análise da verdura química de experimentos propostos para o ensino médio. **ACTIO**, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 97-118, jul./set. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Marilei Casturina Mendes Sandri  
Avenida Bento Munhoz da Rocha, s/n.Trevo Codapar  
Colegiado de Química, Bloco B, sala B/D 21 – IFPR – campus Palmas  
CEP 85555-000 – Palmas – PR - Brasil.

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença CreativeCommons-Atribuição 4.0 Internacional.

