

## **OFICINA TEMÁTICA DE EXPERIMENTOS EM QUÍMICA: REPENSANDO O ENSINO DE QUÍMICA DE FORMA SUSTENTÁVEL**

*Queli Aparecida Rodrigues de Almeida<sup>1</sup>*

*Bianca Bassetti e Silva<sup>2</sup>*

*Geovani Aristeu Lima Silva<sup>2</sup>*

*Suelen Martins Stutz Gomes<sup>2</sup>*

*Thainá da Conceição Gomes<sup>2</sup>*

### **Resumo**

Em meio a toda degradação que o planeta vem sofrendo ao longo dos anos, a preservação do meio ambiente é algo cada dia mais comentado. Muitos pesquisadores começaram a desenvolver inúmeros estudos na tentativa de fazer com que a química fosse menos prejudicial. Uma rota que começou a ser muito acessada foi a Química Verde, área da química que faz uso de metodologias e práticas que focam na redução do uso de reagentes tóxicos e, também, em eliminar a geração de produtos ou subprodutos e resíduos prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Nos cursos da área de química, diversas práticas são realizadas todos os dias. Muitas utilizam reagentes altamente tóxicos, outras originam resíduos imensamente prejudiciais. Não é apenas uma responsabilidade das indústrias e do governo a preservação ambiental, é um dever de todos. Deve-se, então, introduzir esses conceitos nos cursos técnicos e de graduação, principalmente nos cursos de licenciatura, que formam professores que vão lidar diretamente com a formação de cidadãos e, assim, podem disseminar uma prática menos prejudicial. O objetivo deste trabalho é, além de disseminar os conceitos da Química Verde no âmbito educacional, preservar o meio ambiente e a saúde de alunos e professores

**Palavras Chaves:** Química Verde, Aulas práticas, Meio ambiente

---

### **1. Introdução**

A química é uma disciplina inserida nos programas curriculares do ensino fundamental a partir do 9º ano e no ensino médio. A aprendizagem dessa disciplina proporciona aos alunos a compreensão das transformações químicas que ocorrem no mundo de forma ampla, possibilitando a tomada de decisões e a interação com o mundo enquanto indivíduo e cidadão (MACEDO et al., 2010).

Mesmo com toda a importância que é atribuída ao ensino de química, sabe-se que os alunos do Ensino Médio têm uma grande dificuldade em assimilar os conceitos básicos da

---

<sup>1</sup> Professora de Química Orgânica do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, campus Duque de Caxias. E-mail: [queli.passos@ifrj.edu.br](mailto:queli.passos@ifrj.edu.br)

<sup>2</sup> Graduados em Licenciatura em Química, pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, campus Duque de Caxias

disciplina. Dentre os vários fatores que originaram esta dificuldade, acredita-se que os mais latentes são: conteúdo ministrado sem vinculação com a realidade e a vivência do aluno; dificuldade dos alunos em raciocinarem em termos de modelos abstratos e aulas meramente expositivas e livrescas, sem o uso de demonstrações e/ou experimentos relacionados com o conteúdo teórico ministrado (CHASSOT, 2003).

Pesquisadores começaram a desenvolver inúmeros estudos na tentativa de fazer com que a química se tornasse menos nociva e prejudicial, tanto meio ambiente quanto os seres vivos, contribuindo significativamente na redução dos riscos associados à produção e utilização de produtos químicos através, de rotas e processos de síntese inovadores, que possuam claras vantagens sobre as metodologias tradicionais e que também sejam capazes de atingir os mesmos níveis de eficácia, gerando uma menor quantidade de resíduos químicos para posterior tratamento (WILSON, FILZEN, WELMAKER, 2009; HUTCHINGS, 2007).

A experimentação se apresenta como forte aliada dos professores na busca pelo desabrochar do interesse pela química. A importância das práticas experimentais no ensino é algo pautado desde os primórdios. Há muito tempo, a experiência já é tida como imprescindível para se atingir o conhecimento. Aristóteles, há mais de 2300 anos, defendia a experiência quando afirmava que “quem possua a noção sem a experiência, e conheça o universal ignorando o particular nele contido, enganar-se-á muitas vezes no tratamento” (ARISTÓTELES, 1979). Se faz cada vez mais necessário adotar uma metodologia que valorize a experimentação como uma forma de obtenção de dados da realidade, que gera no aluno reflexões mais críticas a respeito do mundo que o cerca. Além disso, a atividade experimental desenvolve suas capacidades cognitivas, transferindo o aluno para posição ativa do processo e, ainda, permite a visualização dos conteúdos ensinados em sala, criando link da teoria com a prática (BERNARDELLI, 2004).

Uma rota que começou a ser muito acessada foi a Química Verde, uma área da química que faz uso de metodologias e práticas que focam na redução do uso de reagentes tóxicos, em eliminar a geração de produtos ou subprodutos e resíduos prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Preservar o meio ambiente é um dever de todos. Então, deve-se introduzir os conceitos de uma química cada vez mais limpa e menos prejudicial. Essa filosofia começou a ser introduzida no final dos anos noventa, do século passado, e difundida de maneira pronunciada desde então, e baseia-se em doze princípios (CORREA, ZUIN, 2009, ANASTA, WARNER, 2000).

Mesmo com o crescente número de trabalhos científicos acerca da Química Verde, ainda são poucas as aulas que são desenvolvidas ou adaptadas com o objetivo de contemplá-la no ensino médio e na graduação e escassas são as pesquisas na área de ensino de química que possuam como objetivo de investigação a inclusão da Química Verde no processo educacional (CUNHA, SANTANA, 2012).

Acerca de todos os problemas ambientais e socioeconômicos da atualidade, introduzir os princípios da Química Verde, por meio da reflexão, através do conceito de sustentabilidade e do desenvolvimento de tecnologias e processos incapazes de causar poluição, e que, idealmente, evitam a necessidade de remediação de compartimentos ambientais impactados, pode cumprir um importante papel formativo, além de contemplar estudos no escopo da química e da própria Química Verde (SOUZA, MARQUES, MATTOS, 2012).

## **2. Objetivos**

Aplicar os conceitos da Química Verde, nas aulas práticas de química, promovendo uma evento temático no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológico Rio de Janeiro (IFRJ), campus Duque de Caxias, aberto aos alunos do campus e aos alunos das escolas públicas no entorno do mesmo, assim como a visita com esse evento em outra instituição de ensino público, localizada na cidade do Rio de Janeiro, demonstrando e executando práticas menos prejudiciais ao meio ambiente, aos alunos e professores.

## **3. Metodologia**

A metodologia utilizada neste trabalho pode ser dividida em quatro etapas, e foi desenvolvida durante três anos.

- Levantamento bibliográfico necessário para utilização de aulas práticas de química abrangendo a utilização de conceitos, materiais e metodologias próprias, além de envolver os conceitos de segurança e Química Verde.
- Elaboração dos experimentos, visando que os mesmos estivessem contextualizados com escopo do curso e da disciplina, bem como foram feitas as mudanças necessárias para que essas práticas estivessem de acordo com os tópicos da Química Verde.
  - Os experimentos propostos foram adaptados para uso didático.
  - Os experimentos propostos tiveram sua utilização avaliada.

#### **4. Resultados e Discussões**

Dois eventos anuais intitulados “Dia Verde – Repensando práticas de laboratório no Ensino de Química de forma sustentável” foram executados no IFRJ, campus Duque de Caxias (2017 e 2018) e também na I Semana de Química do colégio Pedro II, campus Humaitá (2017). A equipe que idealizou o evento foi composta por dois professores e cinco alunos do grupo de pesquisa em Química Verde. Foram escolhidas apenas cinco práticas para serem realizadas durante os eventos por conta do espaço oferecido. Foram confeccionados 2 banners para o dia dos eventos, um contendo os 12 tópicos da química verde, para que os alunos recebessem uma introdução a respeito do tema antes de presenciarem as práticas e o outro continha os procedimentos experimentais das práticas realizadas. A divulgação se deu através de postagens nos grupos da faculdade e das escolas que existem no facebook, e começou um mês antes do dia dos eventos.

Mais de 100 visitantes por evento puderam ver e executar diferentes práticas químicas descritas a seguir, onde se pode coletar dados sobre a percepção dos alunos frente às novas metodologias utilizadas através de um questionário, após receberem as explicações dos dois banners e de presenciarem as práticas sendo realizadas.

##### **4.1. BIOPLÁSTICO - DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS SEGUROS**

Com propriedades funcionais, versatilidade e um custo baixo de fabricação, os plásticos são os favoritos pelo seu processamento e sua utilização em várias aplicações (FECHINE et. al., 2011).

O plástico é um material que possui como componente principal um polímero, sobretudo orgânico e sintético, sólido em seu estágio final, mas que em determinada fase durante sua produção foi transformado em fluído e moldado por ação de calor ou pressão (PIATTI et. al., 2005).

Mesmo com todo o avanço da tecnologia nos processos de fabricação, os plásticos possuem dois grandes problemas: o uso de fonte não-renovável, o petróleo por exemplo, para obter sua matéria prima e a grande quantidade de resíduos que são gerados e descartados. Uma maneira de ajudar a diminuir a imensa quantidade de resíduos plásticos que persistem no meio ambiente, pode ser o uso de polímeros biodegradáveis. Estes são materiais degradáveis que degradam-se em dióxido de carbono, água e biomassa, como resultado da ação de organismos vivos como fungos, bactérias e algas de ocorrência natural ou enzimas (LEE, CHOI, 1998; ROSA et. al., 2004; RAGHAVAN, 1995).

Com o intuito de contemplar o quarto tópico da química verde, que diz que reduzir a formação de resíduos químicos é melhor do que tratá-los depois de formados e, ainda visando diminuir o impacto ao meio ambiente e também na saúde de alunos e professores, introduziu-se a prática e a explicação sobre o bioplástico.

O bioplástico foi obtido a partir de 30g de uma tapioca comercial comprada no mercado local e 50mL de ácido cítrico extraído de 6 limões. Aqueceu-se a mistura por 15 minutos a 180°C se tornando uma pasta espessa. Com a pasta ainda quente, colocou-se em uma forma e esperou secar por 6h. Vale ressaltar que esse bioplástico começa seu processo de degradação em 2 semanas na natureza, conforme teste que foi feito pelos autores enterrando o mesmo em uma profundidade de 50cm no jardim do IFRJ(Figura 1).

**Figura 1** – Bioplástico e início de sua degradação em duas semanas



Fonte: Elaborada pelo autor

#### **4.2. CROMATOGRAFIA DE FLORES TIPO HIBISCO EM COLUNA DE AÇÚCAR – QUÍMICA INTRINSECAMENTE SEGURA**

A cromatografia em coluna é formada, basicamente, por uma fase estacionária, empacotada em um tubo, e uma fase móvel ou eluente. A separação de uma mistura no sistema cromatográfico depende das interações que ocorrem entre os componentes dessa mistura e as fases estacionária e móvel. Quando estas interações diferem uma da outra, os constituintes de uma amostra podem ser separados, em princípio, por cromatografia em coluna ou outro método cromatográfico (COLLINS et al.,1997).

A prática de cromatografia em coluna, muito utilizada para separar substâncias orgânicas nas aulas práticas, tem alto custo por conta do enorme gasto de eluentes geralmente tóxicos e também prejudicial à saúde, principalmente por conta do óxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), que é usado como fase estacionária. Este é um pó muito fino, de grande risco à saúde humana, dificultando enormemente a realização dessa prática.

No décimo segundo tópico da Química Verde, temos o conceito da química *intrinsecamente* segura para a prevenção de acidentes. A escolha das substâncias, bem como sua utilização, devem procurar a minimização do risco de acidentes e do prejuízo à saúde humana.

Nesta prática utilizou-se o açúcar no lugar da sílica como fase estacionária e separou-se as cianinas encontradas nos hibiscos vermelhos com o uso de hexano e acetato de etila (7:3) e posteriormente etanol.

Primeiramente, extraiu-se as flavonas, subclasse dos flavonoides, apolares, que não interagem com açúcar, alguns ácidos carboxílicos e hidrocarbonetos através do hexano. Depois, através do acetato de etila, extraiu-se antocianinas que também são flavonoides, geralmente ligados a grupos de açúcar (o que explica a forte interação com a fase estacionária) e que são responsáveis pelas diversas colorações nas flores das diferentes espécies de Hibisco. A partir da verificação da cor da amostra e das pesquisas feitas acerca das flores de Hibisco, a antocianina cromatografada é a cianidina, substância polar responsável pela coloração vermelha em flores.

**Figura 2** - Separação de substâncias orgânicas no hibisco vermelho.



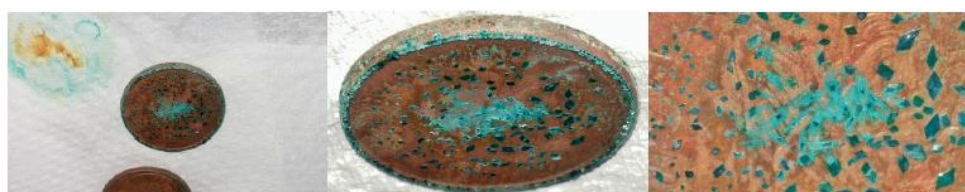
Fonte: Elaborada pelo autor

### 4.3. SÍNTESE DO ACETATO DE COBRE EM MICRO ESCALA

A experimentação em microescala, de modo qualitativo em química verde, abrange diversos conceitos, pois nela há a diminuição da quantidade de reagentes gastos e uma síntese que por conseguinte, reduz a geração de resíduos; é uma rota de síntese segura por produzir menores quantidades de produtos mesmo que porventura sejam perigosos; e há a diminuição do uso de solventes (SINGH, SZAFRAN, PIKE, 1999). Baseado no trabalho de Arroyo-Carmona e colaboradores (2012), a síntese de acetato de cobre (II) em microescala utilizou

apenas dois reagentes e com grau de toxicidade baixo. Uma moeda de cinco centavos de real, que possui 1,65mm de espessura e é constituída de aço revestido por cobre (BRASIL, 2018) foi colocada em uma bancada e com a ajuda de uma pipeta de pasteur, vinagre branco caseiro (solução de água + ácido acético) foi gotejado sobre sua superfície até que fosse totalmente coberta (algo em torno de dezesseis gotas). Depois de algumas horas, é possível observar a formação de cristais verdes (Figura 3) de acetato de cobre II -  $\text{Cu}_2(\text{OAc})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

**Figura 3** -Estrutura molecular cristalográfica de monocristal do  $\text{Cu}_2(\text{OAc})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



**Fonte:** Elaborada pelo autor

#### **4.4. REAÇÕES EM ULTRASSOM E MICRO-ONDAS – BUSCA PELA EFICIÊNICA DE ENERGIA**

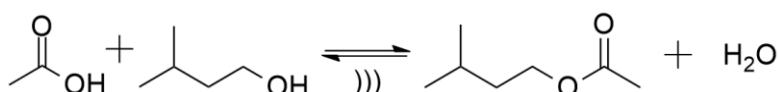
Considerando o sexto tópico da Química Verde sobre eficiência energética, para muitos processos químicos, um grande efeito adverso para o meio ambiente diz respeito aos elevados gastos energéticos quando se utiliza de fontes de aquecimento, fazendo-se necessário o desenvolvimento de métodos mais eficientes que usem métodos alternativos, como ultrassom ou micro-ondas. A sonoquímica, aplicação de ondas de ultrassom para a potencialização das reações químicas, só começou a ser usada para a produção industrial ao fim os anos 70 e sua aplicação na área da química têm se desenvolvido mais fortemente só nos últimos anos (BARBOZA; SERRA, 1992). Já o uso de micro-ondas como fonte de aquecimento, tornou-se uma cada vez mais popular no meio científico e, sem dúvidas, em poucos anos, o aquecimento por micro-ondas tornar-se-á uma técnica amplamente utilizada na maioria dos laboratórios (DALLINGER, 2007, BARRETO, 2013).

##### *Síntese de ésteres:*

Os ésteres são compostos orgânicos facilmente encontrados na natureza, e usados nas sínteses orgânicas como importantes intermediários. Estes compostos possuem um papel significativo na indústria farmacêutica de polímeros, de cosméticos, de perfumes, e também podem ser encontrados na composição de produtos alimentícios a fim de evidenciar e

reproduzir aromas e sabores. Ésteres também podem ser encontrados em flores e frutas, propiciando-lhes um odor agradável devido ao baixo peso molecular e alta volatilidade. No decorrer do amadurecimento, as bananas geram substâncias voláteis, bem como o acetato de isoamila, utilizado nesta prática (Figura 4), sendo este o responsável pelo aroma da banana (COSTA et al., 2004).

**Figura 4** - Reação de esterificação em ultrassom



Fonte: Elaborada pelo autor

Em geral, essa prática é realizada com refluxo constante, tendo como duração uma hora e meia. A reação de esterificação foi realizada com 0,20 mol de ácido acético, 0,22 mol de álcool isoamílico e 0,15 ml de ácido sulfúrico no ultrassom durante 30 minutos, dando como produto o éster acetato de isoamila com 66% de rendimento. Esta nova metodologia pode ser usada também para produzir outros ésteres, visto que o uso do ultrassom acarretou num rendimento maior do que a prática feita usualmente.

#### *Síntese do ácido acetilsalicílico:*

Em 1828, farmacêuticos franceses conseguiram isolar o princípio ativo da casca do salgueiro (a salicilina) e, em 1897, com base na estrutura da salicilina, Felix Hofmann e Arthur Eichengrun sintetizaram pela primeira vez o AAS (primeiro fármaco sintético comercializado em tabletes), que foi patenteado em 1899 pela empresa Bayer. Hoje, o ácido acetilsalicílico (AAS) é um dos remédios mais produzidos no mundo, considerando-se sua versatilidade e ampla aplicação terapêutica, sendo utilizado como analgésico, anti-inflamatório, antipirético ou no combate à febre entre outras finalidades (STEFANELLI, 2014).

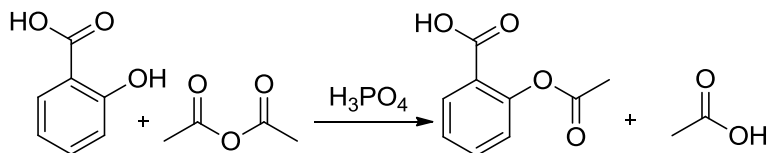
A síntese de AAS tem se mostrado um experimento popular em laboratórios no ensino de química. Ressalta-se que o ácido acetilsalicílico é pouco solúvel em água, e seu isolamento é facilmente realizado, tornando, assim, essa prática bastante acessível e justificando a presença desta síntese em diversos livros de experimentos de química (OLMSTED III, 1998).

Através do emprego de irradiação de um micro-ondas caseiro da marca Philco, realizou-se esta reação em aquecimento por apenas 5 minutos. Para isto, adicionou-se num



bécher 1,38g de ácido salicílico, 3,06g de anidrido acético e duas gotas de ácido fosfórico. Após este processo, recristalizou-se o sólido utilizando água e obteve-se o produto com 84,44% de rendimento (Figura 5).

**Figura 5** - Síntese do ácido acetilsalicílico



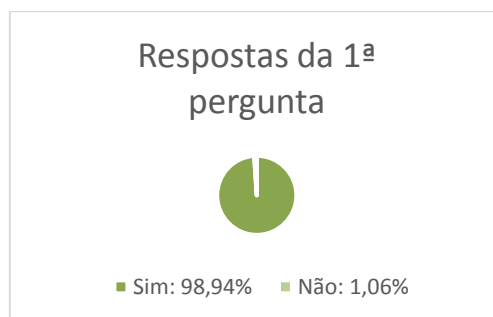
Fonte: Elaborado pela Autora

#### 4.5. QUESTIONÁRIO UTILIZADO E PERCEPÇÃO DOS ALUNOS FRENTE AOS EXPERIMENTOS

As perguntas utilizadas no questionário e os resultados obtidos são descritos abaixo.

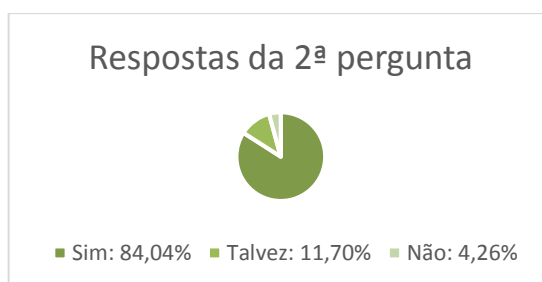
Questão 1 (Figura 6) - As práticas foram relevantes para a disciplina de Química?

**Figura 6** – Gráfico representando as porcentagens das respostas dadas à primeira pergunta do questionário.



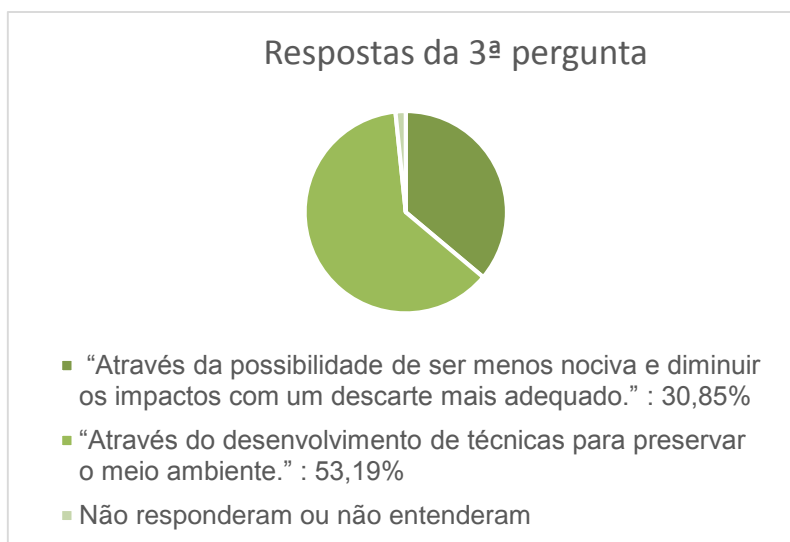
Questão 2 (Figura 7) A proposta de experimentação dos conteúdos aprendidos em sala seria executada facilmente por você e os demais colegas?

**Figura 7** – Gráfico representando as porcentagens das respostas dadas à segunda pergunta do questionário.



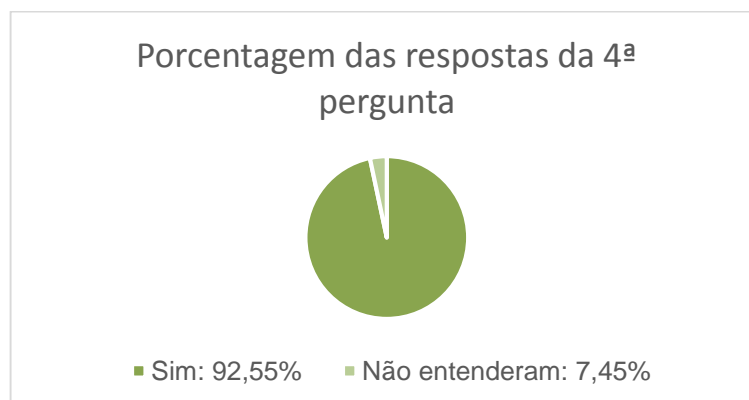
Questão 3 (Figura 8) Qual a importância da Química para conhecimento e preservação do meio ambiente?

**Figura 8** – Gráfico representando as porcentagens das respostas dadas à terceira pergunta do questionário



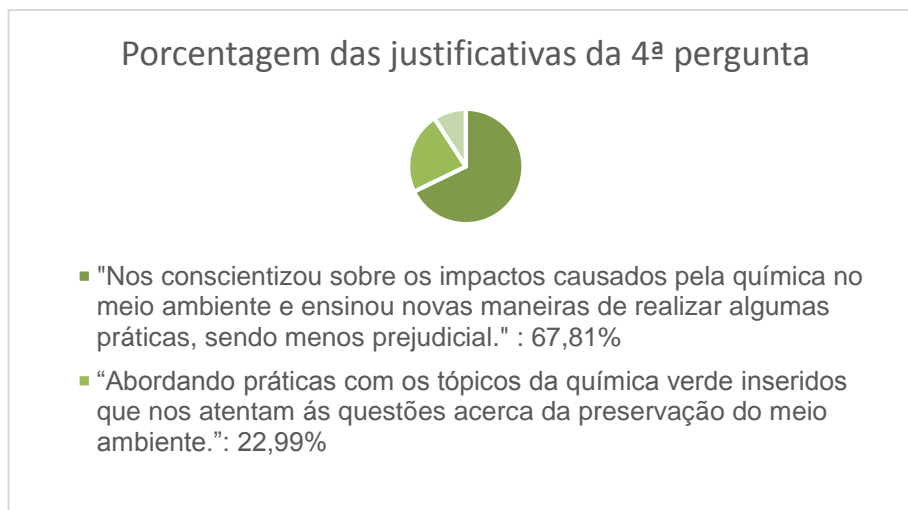
Questão 4 (Figura 9) Com as práticas de Química Verde pode-se ampliar seus conhecimentos acerca das questões ambientais? Se sim, como?

**Figura 9** – Gráfico representando as porcentagens das respostas dadas à terceira pergunta do questionário.



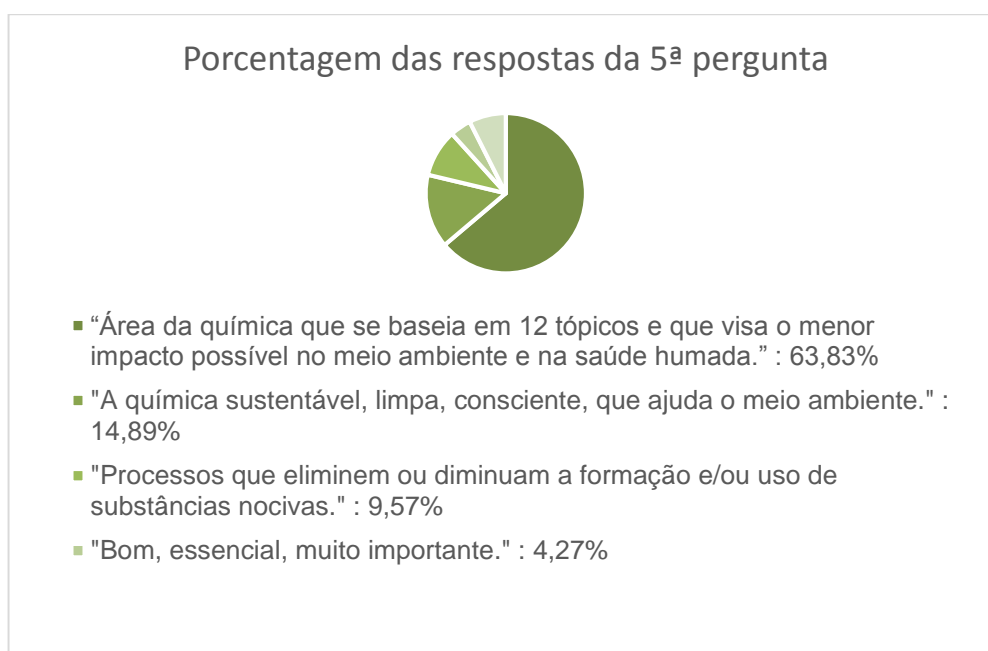
As justificativas a essa questão encontram-se no gráfico a seguir (Figura 10).

**Figura 10** – Gráfico representando as porcentagens das justificativas dadas à quarta pergunta do questionário.



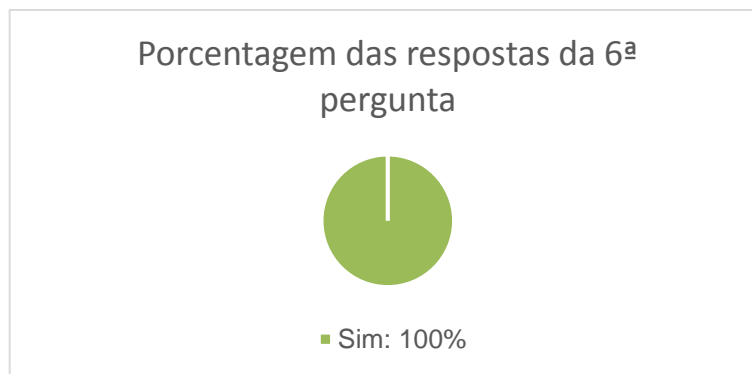
Questão 5 ( Figura 11) Como você define agora a Química Verde?

**Figura 11** – Gráfico representando as porcentagens das respostas dadas à quinta pergunta do questionário.



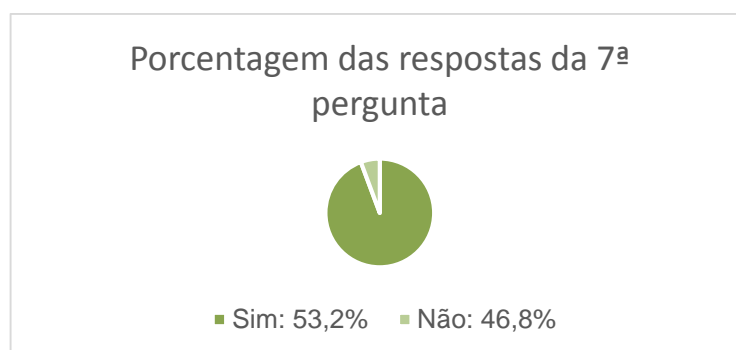
Questão 6 (Figura 12) Você observou os princípios da Química Verde explicados sendo executados nos experimentos?

**Figura 12** – Gráfico representando as porcentagens das respostas dadas à sexta pergunta do questionário.



Questão 7 (Figura 13) Você consegue ver a Química Verde em algum experimento que já tenha feito ao longo de sua vida estudantil?

**Figura 13** – Gráfico representando as porcentagens das respostas dadas à sétima pergunta do questionário



Através da análise de todas as respostas, pode-se perceber que quase em sua totalidade os alunos conseguiram perceber a importância da introdução dos conceitos da Química Verde tanto nas aulas práticas quanto no âmbito educacional por completo.

## 5. Considerações Finais

A crescente demanda pelo desenvolvimento de métodos ambientalmente seguros e sustentáveis é uma tendência importante tanto no setor produtivo quanto na esfera acadêmica. Desta forma, o planejamento de aulas práticas nos cursos de Química deve abranger experimentos que estejam fundamentados nos princípios da Química Verde. Estes incluem, entre outros, a utilização de materiais de partida atóxicos e oriundos de fontes renováveis, além da escolha apropriada das condições reacionais e da readequação das etapas de tratamento e purificação com o objetivo de diminuir a geração de resíduos prejudiciais ao meio ambiente.

Na metodologia realizada foi possível a realização de práticas visando o menor consumo de reagentes, realização de procedimentos que originem uma menor quantidade de produtos potencialmente tóxicos aos alunos e ao meio ambiente, tópico muito importante, pois muito se fala dos resíduos originados pelas indústrias e não se leva em consideração os resíduos gerados pelas instituições de ensino espalhadas pelo Brasil, os quais, muitas vezes, são descartados de forma inadequada no ambiente.

A inserção desses conceitos indaga a formação, tanto em alunos quanto em professores, de um pensamento mais crítico e atencioso a respeito dos impactos que a química pode causar no meio ambiente. Há uma carência visível em conhecimento dessas metodologias que, além de preservar o meio ambiente e a saúde humana, afasta a química do estigma de estar sempre relacionada a processos poluentes.

## **THEMATIC WORKSHOP OF EXPERIMENTS IN CHEMISTRY: RETHINKING CHEMISTRY IN A SUSTAINABLE WAY**

### **Abstract:**

Among all degradation that the planet has suffered over the years, the preservation of the environment is something every day more commented. Many researchers have begun developing several studies in an attempt to make the chemical less harmful. A route that began to be very accessed was green chemistry, a chemical area that makes use of methodologies and practices that focuses on reducing the use of toxic reagents, to eliminate the generation of products or by-products and residues harmful to human health and the environment. In technical courses in chemistry and in chemistry graduate, pharmacy and chemical engineering, various practices are held every day. Many use highly toxic reagents, other originate immensely harmful waste. It is not only a responsibility of industry and government environmental preservation is a duty for everyone, so why not introduce these concepts in technical courses and graduation mainly in bachelor's degree courses that train teachers who will deal directly with the formation of citizens and thus can spread a less harmful practice. The objective of this work is to disseminating the concepts of green chemistry in the educational field, preserving the environment and the health of students and teachers.

**Keywords:** Green chemistry, Experimental Chemistry, Environment

### **REFERÊNCIAS**

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. Green Chemistry: Theory and Practice. Oxford University Press: Great Britain, cap. 9, 2000.

ARISTÓTELES. Metafísica. São Paulo: Editora Abril, 1979.

ARROYO-CARMONA, R. E. *et al.* Síntesis microquímica y microelectroquímica de acetato de cobre (II) a partir de vinagre: Un ejemplo de química verde. *Educación Química*, v. 23, p. 127-135, 2012.

BARBOZA, J.C.S.; SERRA, A.A.; *Ultra-som(1): influência do ultra-som na química.* *Química Nova*, v.15, nº4, São Paulo – SP, 1992.

BERNARDELLI, M.S. *Encantar para ensinar um procedimento alternativo para o ensino de química.* Foz do Iguaçu, 2004.

BRASIL, B. C. *Moedas do real (2ª família).* Disponível em:  
<<https://www.bcb.gov.br/htms/mecir/mcomum/mecomum.asp>> Acesso em: 23 abr. 2018

CHASSOT, A. *Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação.* Ijuí: Unijuí, 3.ed., 2003

COLLINS, C.H.; BRAGA, G.L. e BONATO, P.S. *Introdução a métodos cro-matográficos.* Campinas: Editora da Unicamp, 1997.

CORREA, A. G.; ZUIN, V. G. *Química Verde: Fundamentos e Aplicações.* 1a. ed. EDUFSCar: São Carlos, 2009.

COSTA, T. S.; ORNELAS, D. L.; GUIMARÃES, P. I.; MERÇON, F. *Confirmando a esterificação de Fischer por meio de aromas.* *Química nova na Escola*, 6, 2004

CUNHA, S.; SANTANA, L. L. B. *Condensação de Knoevenagel de aldeídos aromáticos com o ácido de Meldrum em água: uma aula experimental de Química Orgânica Verde.* *Química Nova*, 2012.

DALLINGER, D; KAPPE, C. O. *Microwave-Assisted Synthesis in Water as Solvent.* *Chemical Reviews*, v. 107, n. 6, p. 2563-2591, 2007.

FECHINE, G. J. M. *et. al.* *Estudo da biodegradabilidade de polímeros por meio do respirômetro de bartha.* *Rev. Mackenzie de Engenharia e Computação*, v. 11, n. 1 –Ed. Especial, p. 46-55,2011.

HUTCHINGS, G. J. *A golden future for green chemistry.* *Catalysis Today*, 122, 196–200, 2007.

LEE, S. Y.; CHOI, J.; *Polym. Degrad. Stab.*1998, 59, 387

MACÊDO, G. M. E; OLIVEIRA, M. P; SILVA, A.L; LIMA, R. M. *A utilização do laboratório no ensino de química: facilitador do ensino – aprendizagem na escola estadual professor Edgar Titto em Teresina, Piauí.* 2010.

OLMSTED III, John A. *Synthesis of aspirin: A general chemistry experiment.* *Journal of chemical education*, v. 75, n. 10, p. 1261, 1998

PIATTI, T. M. *et. al.* *Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais. Série: Conversando sobre Ciências em Alagoas.* Maceió, 2005.

SINGH, M. M; SZAFRAN, Z; PIKE, R.M; “*Microscale Chemistry and Green Chemistry: Complementary Pedagogies*”. *Journal of Chemistry Education*, n. 76, p. 1684-6. 1999.

SOUZA, S. P. L.; MARQUES, M. R. C., MATTOS, M. C. S. Desenvolvimento sustentável e pensamento complexo - estudo de caso: o uso de argilas como catalisadores. *Química Nova*, 2012.

STEFANELLI, A. R. Contribuição ao estudo da acilação de ácido salicílico incentivada por micro-ondas. 2014. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2014.

WILSON, M. A.; FILZEN, G.; WELMAKER, G. S. A microwave-assisted, green procedure for the synthesis of N-aryl sulfonyl and N-aryl pyrroles. *Tetrahedron Letters*, 50, 4807-4809, 2009.